

# CityCalc

## Energieplanungs- und Bewertungs- instrument für den Städtebau

H. Staller, M. Gratzl,  
K. Battisti, R. Smutny,  
S. Sattler, E. Rainer,  
M. Malderle, et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**31/2018**

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

### **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

# CityCalc

## Energieplanungs- und Bewertungsinstrument für den Städtebau

DI Heimo Staller  
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

DI Dr. Markus Gratzl  
Ingenieurbüro Gratzl e.U.

DI Kurt Battisti  
A-NULL Development GmbH

DI Roman Smutny, DI Stefan Sattler  
Univ. Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg  
Universität für Bodenkultur Wien – Institut für konstruktiven  
Ingenieurbau, Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen

DI Ernst Rainer, DI Michael Malderle  
Technische Universität Graz - Institut für Städtebau

Gleisdorf, Mai 2017

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMVIT publiziert und elektronisch über die Plattform [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	9
Abstract.....	11
1 Einleitung.....	13
1.1 Aufgabenstellung .....	13
1.2 Stand der Technik.....	16
1.3 Verwendete Methoden.....	20
1.3.1 Arbeitspaket 2 - State of the Art.....	21
1.3.2 Arbeitspaket 3 - Definition von Anforderungen und Rahmenbedingungen ...	22
1.3.3 Arbeitspaket 4 - Entwicklung Planungs- und Bewertungstool .....	22
1.3.4 Arbeitspaket 5 - Testen, Validieren.....	22
1.3.5 Arbeitspaket 6 – Dissemination .....	23
2 Ergebnisse .....	23
2.1 Grundlagen für die Entwicklung und den Einsatz von CityCalc .....	23
2.1.1 Entwurfsrelevante Parameter im städtebaulichen Kontext.....	23
2.1.2 Bewertungsgrößen .....	24
2.1.3 Ergebnisdarstellung.....	26
2.2 Softwaredesign .....	27
2.3 Einsatz als Bewertungsinstrument .....	28
2.3.1 Rahmenbedingungen .....	28
2.3.2 Wettbewerbsbegleitung .....	32
2.3.3 Prozesseinbindung Wettbewerb .....	49
2.4 Einsatz als Planungsinstrument .....	52
3 Schlussfolgerungen .....	55
3.1 Erkenntnisse.....	55
3.2 Empfehlungen für den Einsatz von CityCalc .....	56
4 Ausblick und Empfehlungen .....	58
5 Verzeichnisse .....	59
5.1 Abbildungsverzeichnis .....	59
5.2 Tabellenverzeichnis .....	60
5.3 Literaturverzeichnis.....	61
6 Anhang.....	63
6.1 State of the Art Report .....	63

6.2	CityCalc - Handbuch für BenutzerInnen.....	63
6.3	CityCalc – CAD Verbindung ArchiPHYSIK und Trimble SketchUp.....	63
6.4	Filme unter <a href="http://citycalc.com/">http://citycalc.com/</a> .....	63
6.4.1	Sketch UP.....	63
6.4.2	CityCalc@SketchUp.....	63
6.4.3	CityCalc@ArchiPHYSIK.....	63



# Kurzfassung

## Ausgangssituation/Motivation

Derzeitige Energieplanungs- und Bewertungsinstrumente für frühe Planungsphasen (städtebaulicher Entwurf, Architekturwettbewerb) berücksichtigen nicht die gegenseitigen Wechselwirkungen von Gebäuden wie beispielsweise gegenseitige Verschattung und Verschattung auf Grund der Umgebung, da ihr Fokus bislang auf Einzelgebäude gerichtet war. Obwohl es heute schon eine große Anzahl an Planungswerkzeugen für solar optimiertes Bauen gibt, sind diese für Architekten in einer frühen Planungsphase nicht geeignet.

Zukünftig wird es zudem von wachsender Bedeutung sein, zu erwartende Erträge aus der aktiven Solarenergienutzung wie Solarthermie und Fotovoltaik frühzeitig zu quantifizieren und Systemkonzepte dahingehend zu optimieren, dass ambitionierte gesetzliche und förder-technische Anforderungen und zukunftsweisende Konzepte (z.B. der Passivhaus-, Null- oder Plusenergiestandard) realisiert werden können.

## Inhalte und Zielsetzungen

Ziel des Forschungsprojektes CityCalc war es, ein leicht anwendbares Energieplanungs- und Bewertungsinstrument für Gebäudeverbände in frühen Planungsphasen, sowie für die Bestandsanalyse zu entwickeln. CityCalc fokussiert sich ausschließlich auf die Energieeffizienz - also die Reduktion des Energiebedarfs - bei gleichzeitig bestmöglicher Nutzung standort-spezifischer Energieträger (Erträge aus Solarthermie und Fotovoltaik, ev. Windenergie, ev. Kraft-Wärme-Kopplung).

Um eine einfache, nutzerfreundliche Anwendbarkeit für Architekten zu gewährleisten, wurde eine dreidimensionale Geometrie- und Datenerfassung mit Schnittstelle zu einer österreichischen Energieberechnungssoftware entwickelt.

## Methodische Vorgehensweise

Die Bewertungsmethode baut vollständig auf den etablierten Algorithmen des österreichischen Energieausweises gemäß OIB-Richtlinie 6 (OIB, 2015) auf. Als Umsetzungsmodell für die Berechnungsalgorithmen des Energieausweises wurde die einschlägige Berechnungssoftware ArchiPHYSIK (ArchiPHYSIK, 2017) herangezogen, deren Entwickler A-NULL Development GmbH als Partner im Projekt eingebunden wurde.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das entwickelte Planungs- und Bewertungstool stellt einen Prototyp dar, dessen Anwendung für ausgewählte Wettbewerbe und Anlassfälle im Rahmen des Forschungsprojekts geprüft und validiert wurde. Die Erkenntnisse aus den im Forschungsprojekt begleiteten Wettbewerben und die Rückmeldungen von wichtigen Stakeholdern im österreichischen Wettbewerbswesen zeigen, dass mit CityCalc eine wichtige Lücke im Bereich der Planungs- und Bewertungstools geschlossen werden konnte. Durch das übersichtliche, einfach zu bedienende

Programmdesign können mit CityCalc Architekturprojekte in frühen Planungsphasen (Wettbewerb, Vorentwurf und Entwurf) ohne großen Aufwand energetisch optimiert und bewertet werden. Im Rahmen von Architekturwettbewerben empfiehlt das Projektteam, dass Eingaben in CityCalc nur durch die Vorprüfung erfolgen sollten (ev. unter Beiziehung von ExpertInnen), da bei Eingabe durch WettbewerbsteilnehmerInnen die Fehlerquellen zu hoch sind und trotzdem jedes Projekt seitens der Vorprüfung geprüft werden müsste. Des Weiteren sollte, um den Aufwand der Vorprüfung zu reduzieren nur eine kleine Anzahl von Wettbewerbsprojekten mit CityCalc geprüft werden (z.B. nur Projekte einer zweiten Wettbewerbsstufe).

## **Ausblick**

Um eine uneingeschränkte Nutzung durch Dritte und eine Softwarewartung außerhalb des Projektzeitraums zu gewährleisten wurde nach Projektabschluss eine kommerzielle Nutzungsform angestrebt.

CityCalc wurde daher in das Portfolio des Projektpartners A-NULL Development GmbH übernommen und steht mit Projektende als kommerzielle Software zur Verfügung. Voraussetzung zur Nutzung ist eine Lizenz der Software ArchiPHYSIK.

Link: <http://citycalc.com/>

Gespräche mit wichtigen AkteurInnen und ExpertInnen des österreichischen Architekturwettbewerbswesens haben gezeigt, dass es durchaus wünschenswert wäre kostentechnische Aspekte (Errichtungs- und Betriebskosten) und weitere Nachhaltigkeitsindikatoren (z.B. ökologische Bewertung der Baukonstruktion) in CityCalc zu integrieren. Das Projektteam hat diese Anregungen aufgenommen und plant in einem zukünftigen Forschungsprojekt diese Aspekte ins CityCalc-Tool zu integrieren.

# **Abstract**

## **Starting point/Motivation**

As current energy planning and assessment tools for early design stages (urban planning, architectural competitions) are focusing on individual buildings, the interactions of buildings such as mutual shading and shadowing due to the surrounding objects are not taken into account. Although a great variety of tools for solar design are available, most of them are not suitable for architects and early design stages.

In future it will be of increasing importance to quantify the passive and active solar gains in order to fulfil ambitious legal and funding requirements and to implement future-oriented building concepts (e.g. passive house, zero energy, zero carbon or plus energy standard).

## **Contents and Objectives**

Within the research project CityCalc, an easily applicable energy planning and assessment tool for urban planning projects in early design stages and for the analysis of the existing building stock has been developed. CityCalc focuses exclusively on energy efficiency - the reduction of energy demand - with the best possible use of site-specific energy sources (gains from solar thermal and photovoltaic plants, wind energy, combined heat and power). In order to ensure a simple, user-friendly application for architects, a three-dimensional geometry and data acquisition and an interface to energy calculation software have been developed.

## **Methods**

The assessment is based on the established algorithm of the Austrian energy certificate, following OIB directive Nr. 6 (OIB, 2015). The practical implementation is done with the calculation algorithm of the widely-used calculation software ArchiPHYSIK (ArchiPHYSIK, 2017), whose developer A-NULL Bauphysik GmbH is partner of the research project.

## **Results**

The developed planning and assessment tool is a prototype that has been tested and validated in selected architectural competitions and projects within the research project.

Findings of competitions accompanied within the research project and feedback from important stakeholders of the Austrian architectural competition scene, showed that with CityCalc an important gap in the area of planning and assessment tools has been closed. Based on the clear design, CityCalc enables the assessment of architectural projects without major efforts in early design stages (like architectural competitions, preliminary design). Within architectural competitions the research team recommends CityCalc to be used only in design approval (by the competitions adviser), as inputs done by participants of the competition have high risks concerning failures. To reduce the effort for competition advisers only a small

amount of competition projects should be assessed with CityCalc (e.g. only projects of the second competition stage).

## **Prospects / Suggestions for future research**

To enable unlimited use by third parties and to guarantee a software solution working after the end of the research project, a commercial business model for CityCalc was planned.

In case of that project partner A-NULL Development GmbH took over CityCalc in his product portfolio. With the end of the research project CityCalc is available as commercial solution. Requirement for the use of CityCalc is the license of the building physics software Archi-PHYSIK.

Link: <http://citycalc.com/>

Discussions with important stakeholders and experts of the Austrian architectural completion scene pointed out, that it is of interest to implement economic aspects (like construction and maintenance costs) and additional sustainability indicators (like the ecological assessment of the construction) into CityCalc. The project team plans to integrate some of these aspects into CityCalc in a future research project.

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

Der Integration von energierelevanten Aspekten in die tägliche Städtebauplanungspraxis kommt verstärkte Bedeutung zu (Energieraumplanung). Für eine umfassende Energieraumplanung ist es erforderlich, beginnend bei ersten Städtebau- und Bebauungsplanstudien bis zu Entwürfen von Gebäudeverbände und Siedlungsquartieren sowie bis hin zur Nachverdichtung in innerstädtischen Lagen laufend die Energieeffizienz der geplanten Objekte beurteilen zu können.

Den Einfluss energetischer Aspekte auf die Stadt- und Siedlungsplanung beschreibt Treberspurg (1999) folgendermaßen:

*„Neben den üblichen städtebaulichen Kriterien sind bei der Stadt- und Siedlungsplanung eine Fülle von einzelnen Faktoren zu berücksichtigen und abzuwägen. Die richtige Orientierung zur Sonne und die Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen sind ebenso entscheidend wie die einzelnen Baukörperformen mit unterschiedlichen Oberflächen- Volumsverhältnissen (A/V-Faktor) und deren gegenseitige Beeinflussung. Durch entsprechende Anordnung der Baukörper können ungünstige Beschattungen vermieden und klimatisch günstige Freibereiche künstlich geschaffen werden.“*

Die bedeutendsten Phasen für die Implementierung von energierelevanten Aspekten in die Gebäudeplanung sind Projektentwicklung und Vorentwurf (Architekturwettbewerb). Sämtliche hier zu treffende Entscheidungen weisen das größte Steuerungspotential in Richtung energieeffizienter, nachhaltiger Gebäude auf. Energierrelevante Themen finden zwar verstärkt Eingang in die derzeitige österreichische Wettbewerbspraxis, es fehlen aber durchgängige Strategien und Instrumente zur Implementierung energierelevanter Themen in diese frühen Planungsphasen. Bewertungsinstrumente wie der Energieausweis können keine Gebäudeverbände und ihre wechselseitige energetische Beeinflussung abbilden und der Energieausweis ist auch auf Grund des großen, detaillierten Eingabeaufwandes nicht für diese frühen Phasen der Planung geeignet.

Die zentrale Problemstellung und daraus abgeleitet die Motivation für CityCalc stellt daher die einfache quantitative Bewertung der Energieeffizienz von Gebäudeverbänden und auch Einzelgebäuden in ihrem tatsächlichen Umfeld bereits in einer frühen Planungsphase dar. Hierzu sind bislang keine tauglichen Instrumente vorhanden.

Ein möglicher Ansatz für die Lösung dieses Problems für Einzelgebäude ohne Betrachtung des tatsächlichen Umfelds wurde im Forschungsprojekt „Integration Energierrelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben (IEAA)“ dargestellt (Staller et al., 2010). Die darin gewählte Herangehensweise nutzt die Bewertungsalgorithmen des Energieausweises, vereinfacht jedoch die erforderliche Eingabe durch Festlegung einer Vielzahl zusätzlicher Defaultparameter deutlich, um mit verhältnis-mäßig geringem Aufwand Energiekennzahlen zu erhalten

(auf Nutz-, End-, Primärenergie-ebene). Das so entstandene IEAA-Bewertungstool wird mit den Wettbewerbsunterlagen an die Teilnehmer ausgegeben, von diesen selbständig mit den entsprechenden Daten befüllt (der Einsatz als Planungstool zur Optimierung der geplanten Objekte im Zuge des Entwurfsprozesses ist gegeben) und gemeinsam mit Plakaten, Prüfunterlagen etc. an den Auslober retourniert. Nach der Vorprüfung kann (im Normalfall auch ohne Energieexperten, auch wenn solche wünschenswert sind) im Erläuterungsbericht eine vergleichende Bewertung auf Grundlage der ermittelten Energiekennzahlen für die Wettbewerbsjury dargestellt werden.

Das IEAA-Bewertungstool wurde im Jahr 2010 fertig gestellt und wird seither nicht mehr laufend gewartet. Dadurch konnte das direkt nach der Projektfertigstellung ausgesprochen stark nachgefragte Tool nur sehr kurz tatsächlich von Interessierten praktisch genutzt werden, da eine professionelle und kontinuierliche Betreuung (Updates, Fehlerbehebung, Support, Anpassung an Änderungen von Betriebssystemen) einen essentiellen Faktor für ein Softwareprodukt – egal welcher Art – darstellen.

Im Zuge der ursprünglichen Erstellung des IEAA-Bewertungstools wurden einige Einschränkungen in Kauf genommen, die zum damaligen Zeitpunkt mit dem gewählten Ansatz nicht realisiert werden konnten:

- keine Bewertung städtebaulicher Wettbewerbe, Gebäudeverbände können nur als Summe von Einzelgebäuden bewertet werden
- Einbindung in Umgebung nur qualitativ und erheblich vereinfacht über pauschale Verschattungswirkung auf gesamte Fassadenflächen
- keine detaillierte Geometrieangabe der Gebäudehülle und der Solarkollektorflächen

Basierend auf den damals bewusst getroffenen Einschränkungen und den Erfahrungen aus einer Vielzahl an begleiteten Architekturwettbewerben konnten daraus drei konkrete Problemstellungen abgeleitet werden, für die eine quantitative Bewertung weiterhin nicht möglich ist:

#### 1. Bebauungsplan-Studien:

Im Zuge der Erstellung von Bebauungsplänen für städtebauliche Entwicklungsgebiete werden erstmals konkrete Vorgaben in Form von Bebauungsdichte, Grenzabständen, maximale Gebäudehöhen und ähnlichem festgelegt, die sich direkt auf die energetische Qualität der späteren Bebauung auswirken. Eine Überprüfung der Auswirkungen auf die Energieeffizienz der gesamten Bebauung ist nicht möglich.

#### 2. städtebauliche Wettbewerbe:

Siedlungsentwicklung wird in vielen Fällen durch entsprechende städtebauliche Architekturwettbewerbe bestimmt. Die Schwierigkeit im Zuge einer quantitativen Bewertung wird durch die wechselseitige Verschattung sowie die Verschattung durch angrenzende Bebauung bzw. das Gelände bestimmt. Eine Berücksichtigung ohne dreidimensionale, grafische Eingabe ist nur verbunden mit hohem Eingabeaufwand möglich.

### 3. innerstädtische Nachverdichtung (Bauen in der Baulücke):

Bei der Errichtung von Objekten im Zuge innerstädtischer Nachverdichtung ist bei der Lösung der Bauaufgabe für größtmögliche Energieeffizienz besonders darauf zu achten, dass die angrenzende Bebauung für Belichtung sowie aktive und passive Solarenergienutzung bestmöglich ausgenutzt wird. Auch dazu ist es erforderlich, einerseits den Bauplatz verschattende Elemente und andererseits das geplante Objekt selbst dreidimensional grafisch zu erfassen, um die Energieeffizienz des Objekts (auch vereinfacht) bewerten zu können.

Dabei ist in Bezug auf den Detaillierungsgrad der Eingabe ein eindeutiger Bezug auf die geforderte Qualität des Ergebnisses herzustellen. Zudem ist sicherzustellen, dass die vorhandene Struktur von Architekturwettbewerben (städtebauliche Wettbewerbe ebenso wie Realisierungswettbewerbe) unverändert übernommen wird und die Bewertung der Energieeffizienz jeweils unter geringstmöglichem Aufwand für die Teilnehmer erfolgt.

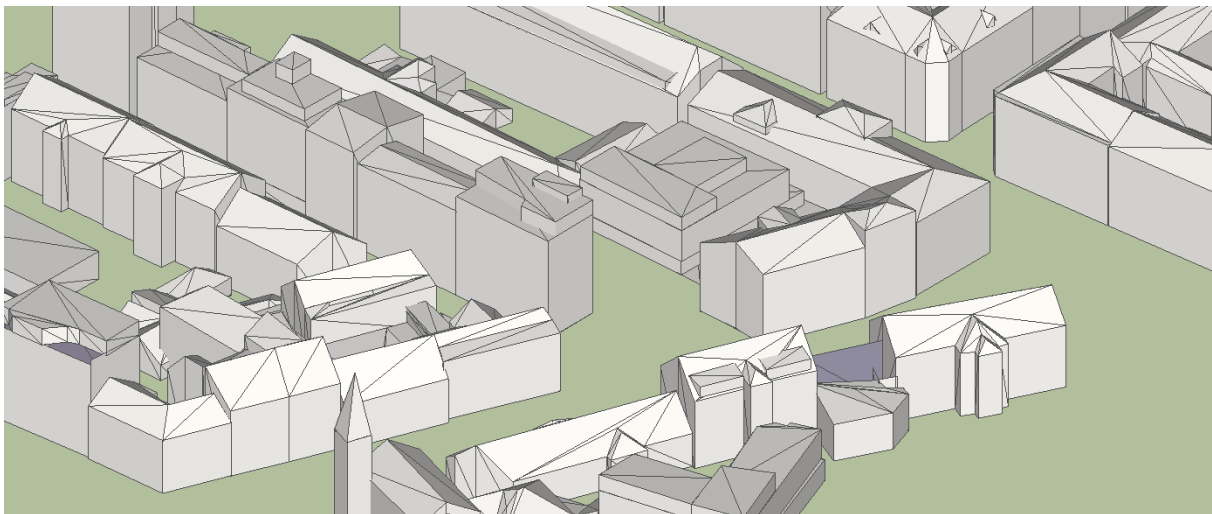


Abbildung 1 Dreidimensionales Einsatzmodell mit vorgegebenem Bauplatz als Grundlage für die Darstellung der Baukörper und deren anschließende quantitative energetische Bewertung. (Bild: K. Battisti, A-NULL)

Aus dem einleitend dargestellten allgemeinen Mangel an tauglichen Bewertungsinstrumenten für die Energieeffizienz von Gebäudeverbänden kann die Notwendigkeit abgeleitet werden, ein derartiges Tool auch unabhängig von konkreten Architekturwettbewerben einsetzbar werden zu lassen. Damit entsteht ein Optimierungswerkzeug, das Gebäudeverbände hinsichtlich ihrer Kompaktheit und insbesondere der Möglichkeit von Solarenergienutzung beurteilbar macht.

- Nutzbarkeit passiver solarer Wärmegewinne: bestimmt durch vorhandene Fensterflächen und vor allem deren Orientierung und Verschattung in Kombination mit der Wärmespeicherfähigkeit des individuellen Gebäudes
- Möglichkeit aktiver Solarenergienutzung: Voraussetzung ist das ausreichende Vorhandensein geeigneter Flächen, die hinsichtlich Orientierung, Neigung und Verschattung ein hohes Maß an Solarenergieeintrag zulassen; vorgegebene solare De-

ckungsgrade beispielsweise in Wettbewerbsverfahren können nur so überprüft werden.

Von zentraler Bedeutung für CityCalc ist neben der Abbildung von Neubauten die Möglichkeit der Berücksichtigung von Sanierungsprojekten. Dies betrifft in erster Linie Objektsanierungen im Rahmen innerstädtischer Nachverdichtung, erstreckt sich jedoch bis hin zu vollständigen Stadtteilsanierungsvorhaben, deren energetische Qualität wiederum über eine Überprüfung im übergeordneten Maßstab erfolgen muss.

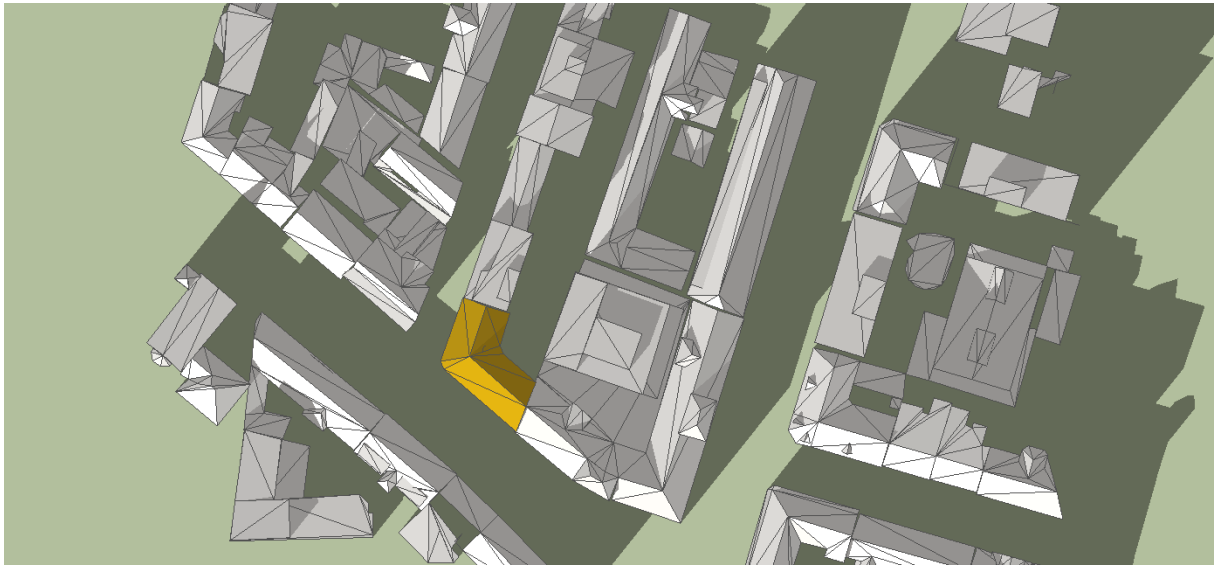


Abbildung 2: Wechselseitige Verschattung von Baukörpern in innerstädtischen Lagen. (Bild: K. Battisti, A-NULL)

## 1.2 Stand der Technik

*„In den Phasen der Projektentwicklung und des Vorentwurfs wird eine Vielzahl von Entscheidungen getroffen, die die Energieeffizienz eines zu errichtenden Gebäudes unabhängig von der Qualität der thermischen Gebäudehülle maßgeblich beeinflussen. Durch mangelnde Kompaktheit, schlechte Orientierung und unzureichende Fensterflächenanteile begründete geringe Energieeffizienz lässt sich im Zuge der weiteren Planung nur unter hohem Kostenaufwand korrigieren.“* (Gratzl et al., 2010) Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 3 dargestellt: Der Entscheidungsspielraum sinkt im Laufe der Projektphasen stark ab bzw. die Kosten für Änderungs- und Optimierungsmaßnahmen nehmen stark zu.



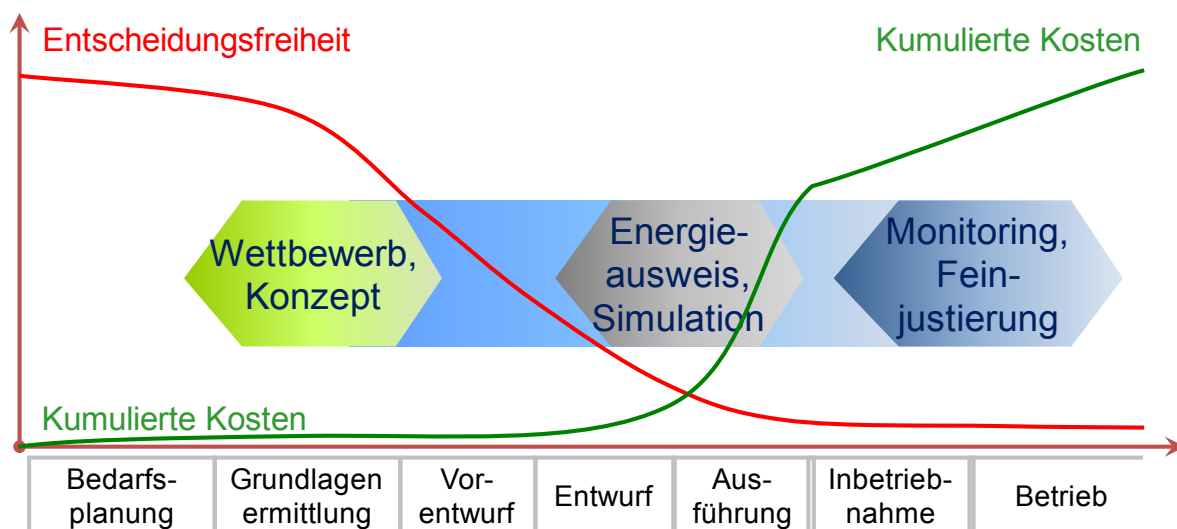


Abbildung 3: Entscheidungsfreiheit und Folgekosten in Verlauf von Projektphasen

Insbesondere bei Gebäuden mit ausgesprochen hoher Energieeffizienz – wie beispielsweise Niedrigst-, Null- oder Plusenergiegebäude – liegt zudem ein wachsender Einfluss der passiven (solare Wärmegewinne) und aktiven Solarenergienutzung (Solarthermie, Fotovoltaik) vor. Ohne Optimierung der solaren Einträge sind derartige Effizienzstandards nicht zu erreichen. Aus diesem Grund ist es erforderlich, für die Bewertung der Energieeffizienz die Systemgrenze derart zu erweitern, dass neben dem eigentlichen Gebäude auch dessen Umfeld miteinbezogen wird. Dies betrifft vor allem nahe liegende Objekte und das natürliche Gelände, die eine verschattende Wirkung auf das zu untersuchende Gebäude haben (Horizontverschattung).

Der beschriebene Umstand tritt verstärkt zu Tage, wenn nicht mehr einzelne Objekte sondern Gebäudeverbände auf deren Energieeffizienz hin untersucht werden sollen. Eine derartige Betrachtung ist beispielsweise bei Bebauungsplan-Studien oder städtebaulichen Wettbewerben erforderlich. Aufgrund des in der Regel beschränkten Platzangebotes ist eine wechselseitige Beeinflussung der Gebäude unumgänglich. Eine wesentliche Aufgabe des Planers im Hinblick auf möglichst hohe Energieeffizienz ist es daher, die geforderte Bauaufgabe am vorhandenen Bauplatz möglichst zu optimieren, wobei die vielfältigen Aspekte wie beispielsweise Verringerung der gegenseitigen Verschattung, Berücksichtigung der Gebäudenutzungsstruktur, Gebäude-, Raum- und Nutzungszonierung, Fensterflächenanteil etc. zu berücksichtigen sind. Zukünftig wird es zudem von wachsender Bedeutung sein, Flächen für aktive Solarenergienutzung durch solarthermische bzw. photovoltaische Anlagen in ausreichendem Maße zur Verfügung zu stellen, um hohe Energieerträge und damit verbunden eine hohe Eigenbedarfsdeckung direkt am Grundstück zu erreichen.

Die Berechnung von Energiekennzahlen ist mit dem in frühen Planungsphasen vorhandenen Planungsstand nicht möglich, da die erforderliche Detailtiefe an Informationen noch nicht vorhanden ist. Bauteilaufbauten, Details zu haustechnischen Systemen, etc. werden erst wesentlich später im Planungsprozess festgelegt, sind jedoch für die Berechnung von Ener-

giekennzahlen unerlässliche Voraussetzung. Die Beurteilung der Energieeffizienz von Gebäudeverbänden – beispielsweise im Rahmen von städtebaulichen Architekturwettbewerben – erfolgt daher bislang ausschließlich qualitativ anhand einzelner Parameter durch Experten als externe BeraterInnen, da eine quantitative Bewertung als Voraussetzung für eine einfache Vergleichbarkeit verschiedener Lösungen nicht mit angemessenem Aufwand vorgenommen werden kann. Damit verbunden kann auch der Nachweis über die Einhaltung unterschiedlichster Parameter (solarer Deckungsgrad, Anteil Energiegewinnung am Grundstück, etc.) nicht ohne das Fachwissen ausgewiesener ExpertInnen (und von denen nur mittels Abschätzungen) geführt werden. Die gegenwärtig verfügbaren Berechnungs- und Optimierungstools sind erst in der Entwurfsphase einsetzbar, wobei hier bereits viele Parameter festgelegt sind. Zur Unterstützung der architektonischen Entwurfsarbeit hinsichtlich Energieeffizienz besteht bei den Planungswerkzeugen derzeit noch eine große Lücke für frühe Planungsphasen.

Zu diesem Schluss kommen auch die Autoren des Projekts „SmartCitiesNet“ im Rahmen der „Evaluierung von Forschungsthemen und Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen für Smart Cities“ in Bezug auf die Bewertung energetisch optimierter Bebauung und Stadtteilplanung:

*„Zur Beantwortung dieser Fragen kommen Werkzeuge zum Einsatz, die Gebäude, Raumstrukturen und Energiesysteme in ihrem urbanen Umfeld gemeinsam betrachten. Eine Gesamtoptimierung ist nur in einer integrierten Analyse über das Einzelgebäude hinaus möglich. In vorhandenen Modellen werden oft nur Teilaspekte berücksichtigt (z.B. Solarenergieanalysen). Die Basis für eine Gesamtoptimierung von Bauungsformen fehlt bis dato.“*

(Saringer-Bory et al., 2011)

Bisherige Entwicklungen zum Thema sind sowohl national als auch international rar gesät und stets mit gewissen Einschränkungen behaftet:

- Einige Projekte beschäftigen sich mit der Bewertung der Energieeffizienz von Einzelobjekten, vielfach jedoch wiederum nur mittels qualitativer Beurteilung, wobei diese meist von Experten durchzuführen ist (SNARC, LeNA, SNAP, ClimaDesign Competition). Teilweise befinden sich die Projekte derzeit in Erweiterung, um auch städtebauliche Wettbewerbe abdecken zu können – stets jedoch unter Beibehaltung des qualitativen Ansatzes (SIA, 2004; Hansestadt Hamburg, 2011; BMVBS, 2013; Hausladen et al., 2010).
- Quantitative Bewertungen in frühen Planungsphasen werden im Projekt „Integration Energierrelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben (IEAA)“ (Staller et al., 2010) und vom Programm „SolarComputer Wettbewerbsprognosen“ durchgeführt. Das Wettbewerbsmodul von SolarComputer wurde bereits in den Jahren 2002 bis 2004 entwickelt. Es wird laufend weiterentwickelt und findet zunehmend auch bei staatlichen Institutionen Anwendung (nach Hausladen et al., 2010).

Einige wenige Projekte führen auch quantitative Bewertungen von städtebaulichen Strukturen durch, zielen dabei in der Regel auf vollständig andere Ergebnisse ab:

- „ZERSiedelt“: Dieses im Rahmen des Programms "NEUE ENERGIEN 2020" vom Klima- und Energiefonds geförderte Projekt beschäftigt sich mit der „grauen Energie“ von Bauvorhaben, also jenem Energieaufwand, der durch die Errichtung des Gebäudes samt Erschließung und Außenanlagen entsteht. Das Online-Berechnungstool zielt vorrangig auf Bewusstseinsbildung ab und unterzieht – dem Projekttitle entsprechend – das Thema Zersiedelung einer kritischen Betrachtung (Bußwald et al., 2011).
- „Energieausweis für Siedlungen“: In diesem vom Land Niederösterreich beauftragten Projekt wird ein „Energieausweis“ für ganze Siedlungen erstellt. Beurteilt werden die Aspekte Erschließung, Freiraumqualität, Anbindung und Verkehr, Lage und Bebauung. Hinsichtlich Bebauung werden jedoch abermals nur qualitative Bewertungen vorgenommen, (vereinfachte) Energiekennzahlen im Sinne des Energieausweises werden nicht ermittelt (Kautz et al., 2014).
- „GemEB“ ist eine Bilanzierungssoftware für die Gemeinde-Energieberatung. Sie dient zur Abschätzung des Ist- bzw. des zukünftigen räumlich differenzierten Wärmebedarfs eines Quartiers anhand unterschiedlicher Sanierungsszenarien als Entscheidungs- und Planungsgrundlage für die Nutzung zentraler oder dezentraler Energieversorgungssysteme. Der Heizwärmebedarf wird nicht pauschal über die Energiebezugsfläche, sondern in Abhängigkeit der Gebäudegrößen, der Baualtersklassen, Anbaugrad in Denkmalschutzgebäuden und der Annahmen zu Sanierungszyklen nach dem vereinfachten Heizperiodenverfahren der DIN V 4108-6 ermittelt (Hausladen et al., 2012).
- Die Netzsimulationssoftware „rf-Wärme“ ist eine Software zur Dimensionierung eines Wärmernetzes sowie zur ersten Abschätzung der zu erwartenden Bau- und Betriebskosten anhand unterschiedlicher Szenarien auch für Planungsgebiete, welche die standardisierten Randbedingungen, wie Energieabnahmedichte, Temperaturniveau, Energieerzeugung eines „konservativen“ Wärmernetzes nicht erfüllen (Fröhler et al., 2012).
- „GOSOL“: Das Simulationsprogramm GOSOL stammt ursprünglich aus den frühen 1980er-Jahren und wurde „speziell für die vergleichende solar+energetische Analyse, Bewertung und Optimierung von städtebaulichen Planungen entwickelt“. Seitdem wurde das Programm kontinuierlich weiterentwickelt und ist bis heute im Einsatz. Dieses Programm ist das einzige (dem Projektteam bekannte), das die zuvor beschriebene Aufgabenstellung vollständig erfüllt, hat aber eine wesentliche Einschränkung: Es ist sowohl hinsichtlich seiner Komplexität als auch seiner Kosten nicht dazu geeignet, von „üblichen“ Projektbeteiligten ohne weiteres eingesetzt zu werden. Der Eingabeaufwand ist (ebenso wie die Lizenzkosten) hoch, weshalb dieses Werkzeug in der Praxis nicht in Architekturwettbewerben eingesetzt werden kann (Goretzki, 2013).

Außerhalb des D-A-CH-Raumes konnten überhaupt keine vergleichbaren Programme oder Projekte ausfindig gemacht werden.

Demnach kann zusammengefasst werden, dass das Erfordernis nach einfachen Planungs- und Bewertungsinstrumenten für die Energieeffizienz von Gebäuden und Gebäudeverbän-

den in frühen Planungsphasen bekannt ist. Es gibt mehrere Forschungsprojekte, die sich mit dem Thema beschäftigen, in der Regel werden jedoch qualitative Ansätze für die Bewertung herangezogen. Vorliegende Planungs- und Bewertungstools für Siedlungen vereinfachen zumeist so stark, dass die Ergebnisse vorwiegend auf pauschale Aussagen („lieber Nachverdichtung als Bebauung auf der grünen Wiese“, „lieber Geschosswohnbau als Einfamilienhaussiedlung“, „lieber städtisch oder stadtnah als in wenig erschlossenen Bereichen“) zur Sensibilisierung abzielen als auf die konkrete Bewertung in Planung befindlicher Objekte und Siedlungen. Die Programme GOSOL und GemEB erfüllen teils die dargestellten Anforderungen, sind jedoch aufgrund deren Komplexität nur von Experten im Rahmen eigener Bewertungsaufträge oder in einem weiteren Detaillierungsgrad sinnvoll einsetzbar und somit nicht primär für frühe Planungsphasen und Wettbewerbe geeignet.

### **1.3 Verwendete Methoden**

Das Projekt entwickelte auf Basis einer umfassenden Analyse (AP 2) und der Definition der technischen, organisatorischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen im AP 3 (mit Fokus auf die Länder Österreich, Schweiz, Deutschland) im AP 4 ein praxistaugliches, leicht anwendbares Werkzeug für die Energieplanung und die energetische Bewertung von Städtebauprojekten. Im AP 5 wurde das im AP 4 entwickelte Werkzeug im Rahmen einer Testphase validiert und weiterentwickelt. Im AP 6 fanden Verbreitungsmaßnahmen in Form von Vorträgen auf internationalen und nationalen Konferenzen, Artikeln in Fachmedien, auf der Projekthomepage (<http://citycalc.com>) und auf den Homepages der Projektpartner statt.

Die Methode basiert auf Recherchearbeiten (Literaturrecherche, Interviews, Workshops) unter Einbeziehung von wichtigen Akteuren und Stakeholdern (AP 2 und AP 3). Im AP 4 entwickelte der Unternehmenspartner A-NULL Development GmbH mit Unterstützung der wissenschaftlichen Partner den Prototyp des CityCalc Tools, der nach Projektende von A-Null als professionelle Softwarelösung in ihr Produktportfolio übernommen wurde. Diese Vorgangsweise gewährleistet die Überführung der Projektergebnisse in ein marktgängiges, professionelles Produkt, das für alle Akteure dieses Bereichs eingesetzt werden kann. Erfahrungen mit dem IEAA-Tool haben gezeigt, dass nur eine professionelle Softwareentwicklung und die Betreuung und Wartung durch eine Softwarefirma nach Projektende Forschungsergebnisse nachhaltig am Markt platzieren können.

Nachfolgend ist zusammenfassend die Struktur des Forschungsprojektes angeführt:

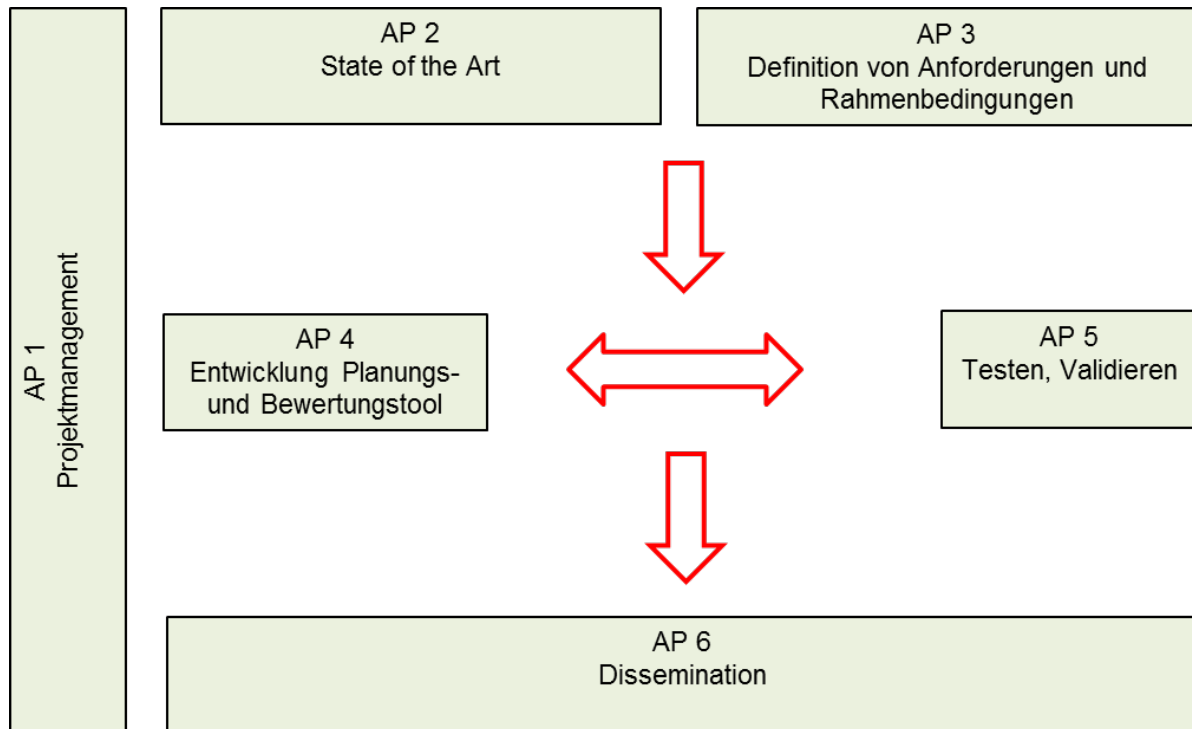


Abbildung 4: Methodische Wechselwirkungen und Auswirkungen auf die Definition von Arbeitspaketen

Eine detaillierte Beschreibung der Methodik auf Basis der Arbeitspakete erfolgt nachstehend:

### 1.3.1 Arbeitspaket 2 - State of the Art

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, einen vollständigen Überblick über vorhandene Planungs- und Bewertungsinstrumente und deren Integration in den städtebaulichen Planungsprozess mit Fokus auf Österreich, Deutschland und Schweiz zu erlangen. Es erfolgte eine Einbeziehung zukünftiger Nutzer, durch Netzworkebildung, Einholung von Feedback. Damit wurde die Grundvoraussetzung für eine rasche Verbreitung von CityCalc im Rahmen von AP6 geschaffen.

Nach der Abstimmung der Projektpartner und Detaillierung der wesentlichen Vorgangsweisen, Inhalte und Ziele des Projektes im Rahmen des Kick-Off-Meetings in AP1 erfolgte der Beginn der inhaltlichen Arbeit:

Task 2.1: Rechercharbeit: Erhebung der derzeitigen Instrumente und Untersuchung bezüglich deren Implementierung in den Planungsprozess. Abklärung der Rechercheergebnisse (Workshop)

Task 2.2: Rahmenbedingungen: Abklärung der Rahmenbedingungen der angestrebten Ergebnisse im Rahmen eines Stakeholder-Workshops. Zentrale Fragestellungen waren:

- Welche Vorgaben haben die Vertreter der Zielgruppen hinsichtlich eines praktikablen Einsatzes der geplanten Projektergebnisse?
- Welche Rahmenbedingungen liegen vor und wie soll darauf reagiert werden?

Task 2.3: Planung der Validierungsphase: Auswahl möglicher Testprojekte für AP5

### **1.3.2 Arbeitspaket 3 - Definition von Anforderungen und Rahmenbedingungen**

Basierend auf den im AP2 erarbeiteten Ergebnissen wurden Anforderungen und Rahmenbedingungen auf technischer, organisatorischer und rechtlicher Ebene für das Planungs- und Bewertungstool definiert. In AP3 erfolgte daher die Festlegung der zentralen Vorgaben für die anschließende Umsetzung im Programm im Rahmen von AP4:

- mögliche Einsatzfelder für CityCalc (Städteplanung, Architekturwettbewerbe) sowie Umfang und inhaltliche Tiefe des Toolkonzeptes
- Eingabe, Ausgabe: Fragen der energetischen Bewertungsebenen (auf Nutz-, End- und Primärenergie) sowie bezüglich der Datenerfassung (dreidimensionale Geometrieangaben, 3D-Datenmodell, etc.) und der Definition von Defaultwerten

Durch die Einbindung von wichtigen Stakeholdern (E 3.1 „Workshop mit Stakeholdern und ExpertInnen“) konnte ein praxistaugliches Instrument mit möglichst leicht anwendbarem Zugang für potentielle Anwender gewährleistet werden.

### **1.3.3 Arbeitspaket 4 - Entwicklung Planungs- und Bewertungstool**

Ziel in AP4 war die Definition der notwendigen Infrastruktur und das Etablieren eines entsprechenden Qualitätsmanagements. Anschließend erfolgte die Integration der Softwarelösung durch Entwicklung eines Prototyps als Kernelement des gesamten Projekts.

### **1.3.4 Arbeitspaket 5 - Testen, Validieren**

Der im AP4 erarbeitete Prototyp von CityCalc wurde im Rahmen einer Testphase anhand ausgewählter Projekte gemeinsam mit zukünftigen Anwendern getestet und evaluiert. Die Auswahl von geeigneten Projekten erfolgte unmittelbar nach Projektstart in Zusammenarbeit mit den im Projekt involvierten Stakeholdern bereits begleitend zu AP2.

- Projektbegleitung: Von besonderem Interesse war die Begleitung von Projekten der öffentlichen Hand. So wurden beispielsweise ausgewählte städtebauliche Wettbewerbe am Areal der Reininghausgründe in Graz mit CityCalc begleitet. Die ausgewählten Projekte sollten nach Möglichkeit verschiedenen Gebäudekategorien (z.B. Wohnbauten, Bürogebäude, Schulen) angehören, um die breite Anwendbarkeit des erarbeiteten Instrumentes zu testen.
- Qualitätssicherung: Um eine Qualitätssicherung zu garantieren und den Bedarf einer Adaption der erarbeiteten Unterlagen zu identifizieren, wurden AP3 und AP4 einer Evaluierung unterzogen.
- Integration: Feedback seitens der Anwender werden eingeholt (Workshop mit Stakeholdern und ExpertInnen). Die gewonnenen Erfahrungen und das Feedback wurden in die Endversion von CityCalc und des zugehörigen Handbuchs eingearbeitet.

Endauswahl der zu begleitenden Projekte, Verfahrensbegleitung, Qualitätssicherung durch Evaluierung der Ergebnisse von AP4 in Bezug auf die Vorgaben aus AP3, Hilfestellung bei der Implementierung, Fragebogen, persönliches Feedback

### 1.3.5 Arbeitspaket 6 – Dissemination

Die Projektergebnisse wurden auf Veranstaltungen und Konferenzen und in einschlägigen Fachzeitschriften vorgestellt. Auf der CityCalc-Homepage (<http://citycalc.com/>) und auf der Homepage von NACHHALTIGWirtschaften (<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/citycalc-energieplanungs-und-bewertungsinstrument-fuer-den-staedtebau.php>) sowie im Anhang finden sich folgende Unterlagen/Informationen:

- Handbuch für NutzerInnen
- ArchiPHYSIK CAD Verbindung mit SketchUp
- Developer Dokument
- Filme
  - SketchUp
  - CityCalc@SketchUp
  - CityCalc@Archiphysik

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Grundlagen für die Entwicklung und den Einsatz von CityCalc

Auf Grund der Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt „Integration Energierrelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben (IEAA)“ wurde mit CityCalc die Strategie verfolgt ein möglichst einfaches, praxistaugliches Planungs- und Bewertungsinstrument für frühe Planungsstadien zu entwickeln. Da in naher Zukunft dreidimensionale Gebäudemodelle (z.B. BIM) allgemeiner (und z.T. auch verpflichtender) Standard im Bereich der Gebäudeplanung sein werden, wurde für die Eingabe der Geometriedaten keine manuelle, numerische Eingabe wie beim IEAA-Tool konzipiert, sondern ein dreidimensionales Geometriemodell auf Basis der Software Trimble SketchUp gewählt. Des Weiteren haben die Erfahrungen mit dem IEAA-Tool gezeigt, dass eine spätere Verwendung eines Softwaretools nach der Forschungsprojektlaufzeit nur durch eine professionelle Betreuung durch einen Softwarehersteller gewährleistet werden kann, der die Wartung und die Betreuung übernimmt.

#### 2.1.1 Entwurfsrelevante Parameter im städtebaulichen Kontext

Der städtebauliche Vorentwurf bzw. Entwurf (entspricht der Wettbewerbsphase) ist durch einen sehr groben Detaillierungsgrad hinsichtlich der einzelnen Gebäude gekennzeichnet. In dieser Planungsphase stehen die Baukörperverteilung, die Verkehrserschließung und die Gestaltung der Freiräume im Mittelpunkt. Angaben zur Fensterflächenverteilung, den u-Werten und der Materialisierung der Bauteile werden in dieser Phase nicht abgefragt und würden den Rahmen sprengen. Man kann die Detailtiefe am besten mit dem Massenmodell im Maßstab 1:500, das bei nahezu allen städtebaulichen Wettbewerben von den TeilnehmerInnen gefordert wird vergleichen.

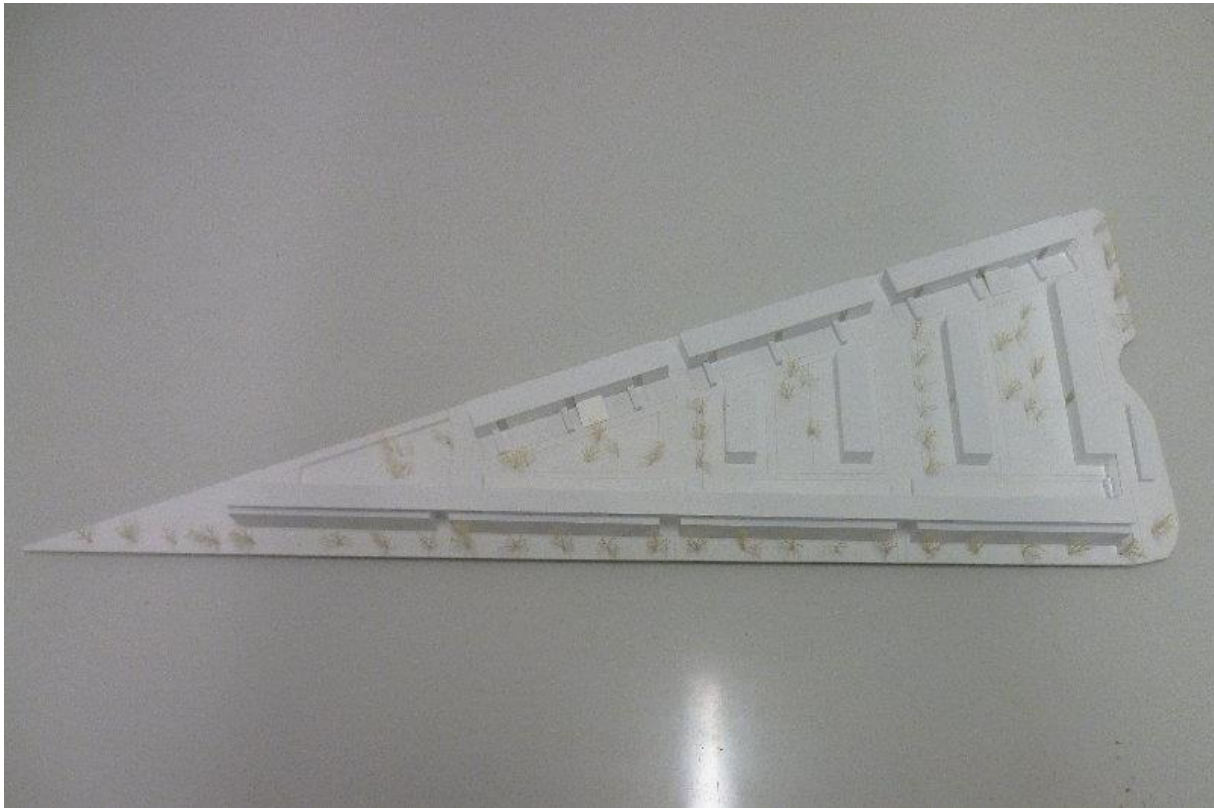


Abbildung 5: Typisches Massenmodell bei städtebaulichen Architekturwettbewerben. Quelle: Wettbewerbsmodell für den städtebaulichen Wettbewerb: Wohnanlage Alte Poststraße, Mai 2014. obereder/staller architektur zt gmbh.

Die energetische Bewertung kann daher nur auf Basis der Volumina und Oberflächen der thermisch relevanten Gebäudeteile erfolgen. Weiters kann die wechselweise Verschattung der einzelnen Baukörper bzw. die Eigenverschattung (z.B. durch Balkone) berücksichtigt werden.

### 2.1.2 Bewertungsgrößen

Für eine plausible Beurteilung der energetischen Qualität eines Gebäudes sind grundsätzlich Ergebniswerte auf Nutz-, End- und Primärenergieebene notwendig. Allerdings können aufgrund der speziellen Bewertungsrandbedingungen einige Einschränkungen vorgenommen werden:

- Nutzenergieebene:  
Es wird lediglich in zwei Nutzungsprofile unterschieden; diese werden angepasst, um jeweils eine durchschnittliche Wohn- bzw. Nichtwohnnutzung abzubilden. Aus diesem Grund ist die Angabe der anforderungsrelevanten Werte gemäß OIB-Richtlinie 6 – also von  $HWB_{RK}$  und  $KB_{RK}$  – als Ergebniswerte im Rahmen von CityCalc zu bevorzugen.
- Endenergieebene:  
Nachdem der Vergleich verschiedener Projekte nur unter gleichen Rahmenbedingungen bzgl. der haustechnischen Systeme erfolgt, unterscheiden sich die Ergebniswerte auf End- und Primärenergieebene nur um den gemittelten Konversionsfaktor.



Es ist daher keine explizite Darstellung der Ergebniswerte auf Endenergieebene erforderlich.

▪ Primärenergieebene:

Es können Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgegeben werden:

○ Primärenergiebedarf PEB:

Durch die einheitliche Nutzung wird ein großer Anteil des gesamten Primärenergiebedarfs über „Fixwerte“ bestimmt, die nur wenig oder gar nicht durch die Optimierung des Entwurfs verändert werden können: der Beleuchtungsenergiebedarf (in der Regel der Benchmarkwert für den LENI, beaufschlagt mit dem Konversionsfaktor für elektrischen Strom), der Lufförderungsenergiebedarf (bei gleichem Nutzungsgrad von Lüftungsanlagen und ähnlicher Gebäudekonfiguration), der Haushalts- oder Betriebsstrombedarf, der Heizenergiebedarf für Warmwasser (bei gleichem, nutzungsabhängigem Warmwasserwärmebedarf), etc. Aus diesem Grund werden für die vergleichende Bewertung in CityCalc die Summe der Primärenergiebedarfswerte für Heizen (mit WWWB = 0° Wh/m<sup>2</sup>.d) und Kühlen (ohne LFEB für Kühlen) angesetzt. Auf diese Art und Weise wird die Veränderung der Ergebniswerte erheblich größer und es sind relevante Abweichungen erkennbar.

○ Kohlendioxidemissionen CO<sub>2</sub>:

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden häufig in strategischen und auch politischen Diskussionen verwendet, wozu auch CityCalc einen Beitrag leisten kann. Aus diesem Grund werden die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit Hinweis auf die Einschränkungen (geänderte Nutzungsprofile, etc.) als Ergebniszahl dargestellt.

Als Bewertungsgrößen für die Ergebnisdarstellung wurden der Heizwärmebedarf (HWB<sub>SK</sub>), der Kühlbedarf (KB<sub>SK</sub>) und das Solarpotential festgelegt. Zusätzlich steht es den Planenden bzw. der Vorprüfung oder den ExpertInnen frei, maximal vier weitere Bewertungsgrößen individuell zu definieren.

### 2.1.3 Ergebnisdarstellung

Der Ergebnisdarstellung kommt eine entscheidende Rolle in CityCalc zu. Dabei sind folgende Aspekte von entscheidender Bedeutung:

- Die Ergebnisdarstellung soll einen Vergleich der verschiedenen Projekte miteinander erlauben. Eine Einordnung in absolute Ergebniskategorien ist nicht vorrangig.
- Die elementaren Bewertungsgrößen sind Heizwärmebedarf, Kühlbedarf, Solarpotential. Weitere Bewertungsgrößen sollen ergänzt werden können.
- Einfache Ergebnisdarstellungen sind für die Interpretation im Rahmen von Preisgerichtssitzungen unerlässlich.
- Die Darstellungen sollen dazu beitragen, gute Bewertungsergebnisse von Projekten ebenso wie negative Ausreißer schnell und eindeutig ersichtlich zu machen.

In Anlehnung an die Ergebnisdarstellung im thematisch ähnlichen Forschungsprojekt ClimaDesignCompetition (Hausladen et al., 2010) wurde als Darstellungsform ein Raddiagramm mit drei Sektoren gewählt: In den Kategorien Heizwärmebedarf, Kühlbedarf und Solarpotential wird durch die Angabe von jeweils drei Segmenten dargestellt, wie gut das individuelle Projektergebnis in der jeweiligen Kategorie ist. Dabei können die Grenzwerte der Segmente individuell in Abhängigkeit von allen Bewertungsergebnissen des jeweiligen Projekts festgelegt werden. Die drei angeführten Kategorien stellen die Basisbewertung dar, die in jedem Fall in der oberen Hälfte der Ergebnisgrafik dargestellt ist.

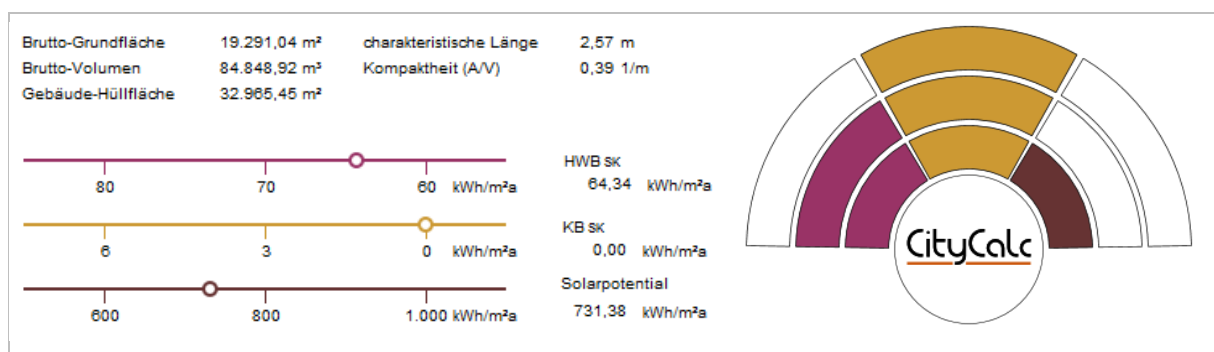


Abbildung 6: Ergebnisdarstellung in der Basisvariante mit den Kategorien Heizwärmebedarf, Kühlbedarf und Solarpotential

Um CityCalc auch für den Einsatz im Zuge umfassenderer Bewertungen einsetzen zu können, können zusätzlich zu den Basiskategorien individuell maximal vier weitere Kategorien als Detailbewertung ergänzt werden. Diese werden in der unteren Hälfte der Ergebnisgrafik dargestellt. Hier können keine Grenzwerte definiert werden, die Bewertungsergebnisse sind an anderer Stelle zu berechnen (ggf. auch zusätzliche Ergebnisse aus dem Energieausweis) und müssen individuell in die Eingabemaske eingetragen werden. Im vorliegenden Beispiel sind in Abbildung 7 die Kategorien Tageslichtnutzung, Nutzerkomfort, Überwärmungsneigung und Freiraumverschattung als Detailbewertungen ergänzt worden. Die Ergebniswerte (Anzahl von Bewertungssegmenten) ist dabei individuell einzugeben und werden nicht automatisiert mithilfe von CityCalc ermittelt.

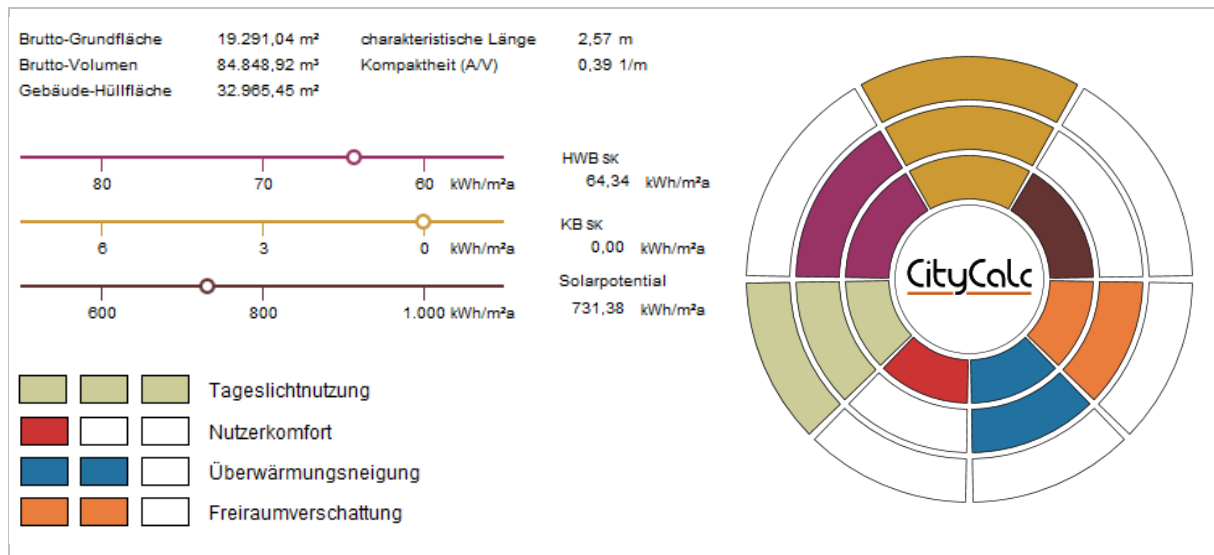


Abbildung 7: Ergebnisdarstellung in der Detailvariante mit den zusätzlichen exemplarischen Kategorien Tageslichtnutzung, Nutzerkomfort, Überwärmungsneigung und Freiraumverschattung

## 2.2 Softwaredesign

Die Berechnung erfolgt mittels eines lokal ausführbaren Softwarepakets. Dieses besteht aus einer CAD Software (Trimble SketchUp) ergänzt um das CityCalc-PlugIn, sowie der Berechnungssoftware (A-NULL ArchiPHYSIK), das die übergebenen CAD-Daten zusammenfasst und die Berechnungen mit dem in Österreich anzuwendendem Energieausweis-Berechnungsverfahren durchführt.

Die CAD Software ermöglicht die geometrische Modellierung mehrerer Gebäude. Neben der geometrischen Modellierung werden hier auch Definitionen bezüglich der Nutzung von Gebäuden vorgenommen. Das bereitgestellte PlugIn arbeitet sowohl mit der freien Fassung der CAD Software, als auch der kommerziellen Fassung. So wird sichergestellt, dass diese Berechnung auch von Ausbildungsstätten (Universitäten, Fachhochschulen, etc.) angewendet werden kann.

Ein in der CAD Software angestoßener Exportvorgang ermittelt einzelne Zonen mit ihren Bauteilflächen, Orientierungen und Verschattungen. Fenster werden, wenn vorhanden, exakt ermittelt, wenn nicht vorhanden, mit einem Pauschalanteil berücksichtigt. Diese gesammelten Informationen werden in eine Datei (APS) exportiert.

In der Berechnungssoftware sind spezielle Vorlagenprojekte (genannt Basisprojekte) enthalten. Diese Vorlagenprojekte werden als Grundlage für die aus der CAD exportierten Projekte (APS) verwendet. Werden verschiedene Projekte oder Projektvariationen aus der CAD importiert, werden vergleichbare Berechnungen erstellt. Die Ergebnisse werden auf wenige Eckdaten reduziert. Mit diesen Eckdaten ist der Vergleich sehr einfach durchzuführen. Für tiefere Untersuchungen stehen umfangreiche Detaillergebnisse zur Verfügung.

Im Regelfall sind keine weiteren Konfigurationen an den so erzeugten Projekten notwendig. Wiewohl diese Projekte einzeln zu vollständigen Energieausweis-Berechnungen ausgebaut werden können.

Die Verwendung des CityCalc Verfahrens ist auch in ArchiPHYSIK Demoversion enthalten und kostenlos verwendbar. Ausbildungsstätten (Lehrenden und Studenten) stellt A-NULL die Software ArchiPHYSIK und das CityCalc-PlugIn kostenlos zur Verfügung.

## 2.3 Einsatz als Bewertungsinstrument

### 2.3.1 Rahmenbedingungen

Die Rahmenbedingungen für die Entwicklung des Bewertungsinstruments wurden auf Basis von Literaturrecherchen, Experteninterviews und Stakeholder-Workshops erarbeitet. Vorliegender Abschnitt ist eine Zusammenfassung des State-of-the-Art-Reports (siehe Annex) und zweier Publikationen des Projektteams in der Zeitschrift Wettbewerbe (Gratzl, Smutny, 2014), (Gratzl et al., 2016).

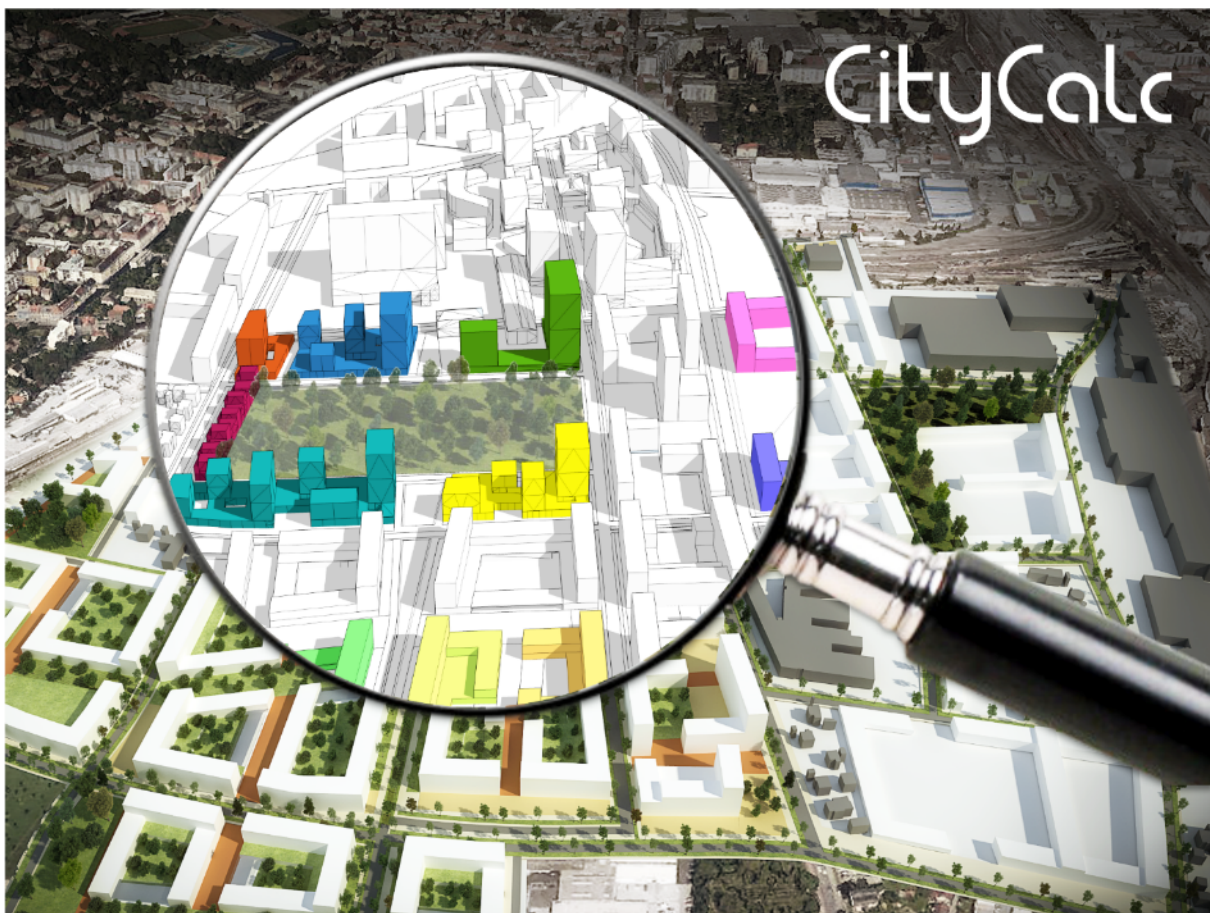


Abbildung 8: 3D-Modell CityCalc zur energetischen Bewertung. Bebauungskonzept Energy City Graz-Reininghaus. Projekt „Rahmenplan Energie - ECR“, TU Graz, Inst. f. Städtebau, Basisbild: ht-vis architekturvisualisierung, Wettbewerbsergebnisse Quartier 1 und 4a: Atelier Thomas Pucher ZT GmbH. Quartier 5: Pentaplan ZT-GmbH. 3D-Modell CityCalc: Kurt Battisti, A-Null Development GmbH.

## Grundsätzliches

Die Entwicklung des CityCalc Bewertungstools basiert auf jahrzehntelanger praktischer Erfahrung des Projektteams mit Architekturwettbewerben. Ziel ist die Auswahl des besten Architekturprojektes das zugleich das höchste Potenzial für Energieeffizienz aufweist. Dazu sollen Besonnung und Energieeffizienz, als rein physikalische Größen, nachvollziehbare Beurteilungskriterien werden, wie umbauter Raum, Gebäudehüllfläche und geschätzte Baukosten (Treberspurg, 1996). Die Prinzipien des solaren Bauens (Treberspurg, 1999) unterscheiden eine Hierarchie von sechs solaren Entwurfs- und Planungsmaßnahmen, wobei die obersten zwei Entscheidungsebenen „Grundstück und Topografie“ und „Bebauungsplan“ die höchste Priorität haben, da sie auf Jahrhunderte die Bebauungsstruktur festlegen und ohne bauliche Mehrkosten die Energieeffizienz verbessern können. Anderenfalls – wenn diese Potenziale nicht genutzt werden – ist baulicher und gebäudetechnischer Mehraufwand erforderlich um eine gleichwertige Energieeffizienz zu erreichen.

Die derzeit übliche Art der Bewertung von Energieeffizienzkriterien in frühen Planungsphasen stellt häufig weder für AuftraggeberInnen (AusloberInnen), noch für ArchitektInnen oder Entscheidungsgremien (Preisgerichte) eine zufriedenstellende Lösung dar. Die Berücksichtigung dieses Themas in Planungswettbewerben verursacht meist einen höheren Aufwand für alle Beteiligten:

- AusloberInnen formulieren zusätzliche Aufgabenstellungen, Beurteilungskriterien und abzugebende Wettbewerbsunterlagen. Je nach Aufgabenstellung und Interessen der Auftraggeber können auch weitere Nachhaltigkeitsaspekte wie beispielsweise Schallschutz, Tageslichtqualität, Freiraumqualität und urbane Wärmeinseln in das Verfahren einfließen.
- ArchitektInnen erbringen zusätzliche Planungsleistungen meist ohne entsprechende Abgeltung des Mehraufwands.
- VorprüferInnen übernehmen Kontrolle, Auswertung, Prüfberichtserstellung und Jurydiskussionen für zusätzliche Kriterien und Unterlagen, wobei der vorgegebene Zeitraum und das Budget meist sehr knapp bemessen sind.
- Entscheidungsgremien berücksichtigen zusätzliche komplexe Kriterien in ihrer Bewertung, für die häufig keine belastbaren Beurteilungsgrundlagen und kein ausreichender Zeitrahmen vorhanden sind.

Der ursprüngliche Lösungsansatz für dieses Dilemma war die Entwicklung eines Bewertungsinstruments um die Energiekriterien – möglichst ohne Mehraufwand für die Verfahrensbegleitung – messbar und beurteilbar aufzubereiten. Der Wettbewerb sollte ohne zusätzliche Einbindung von ExpertInnen ablaufen und die Eingabedaten für die Bewertung der Energieeffizienz sollten von den ArchitektInnen geliefert werden.

Nachteile dieses Lösungsansatzes sind jedoch die zusätzlichen Leistungen der ArchitektInnen sowie die Plausibilitätsprüfung und Kontrolle durch VorprüferInnen. Weiters fehlt meist eine verständliche Vermittlung der Bewertungsergebnisse an die Wettbewerbsjury und dadurch bleiben Energiekriterien bei der Entscheidungsfindung oftmals unberücksichtigt.

Hierbei wird häufig die Meinung vertreten, dass die Zielsetzungen mit zusätzlicher Wärmedämmung oder Maßnahmen im Haustechnik Keller erreicht werden können, ohne die dafür nötigen Mehrkosten zu bedenken.

Daher wurde in weiterer Folge der Einsatz von externen ExpertInnen als Verfahrensbegleitung angestrebt. Diese übernehmen eine Vermittlerrolle zwischen den Anforderungen von AusloberInnen und den Planungsbeiträgen von ArchitektInnen. Für das Preisgericht werden fundierte Aussagen zur energetischen Qualität geliefert und für die ArchitektInnen entsteht kein zusätzlicher Aufwand für die Bearbeitung des Wettbewerbs.

### **Bedarfsplanung und Grundlagenermittlung**

Positive Erfahrungen lieferten Wettbewerbsverfahren mit einer gewissenhaften Bedarfsplanung als Vorbereitung der Auslobungsunterlagen. Dadurch konnte vor allem der Mehraufwand für ArchitektInnen und Jury hintangehalten werden und zusätzlich konnten wesentliche Nachhaltigkeitskriterien und Zielsetzungen für spätere Planungsphasen festgelegt werden.

Die Bedarfsplanung sollte als Aufgabenstellung für den Wettbewerb bereits das Energieversorgungskonzept enthalten und dieses im besten Fall basierend auf einer Variantenuntersuchung mittels Lebenszykluskostenberechnung untermauern. Weitere energierelevante Aspekte der Bedarfsplanung könnten beispielsweise die Art der Wärme- und Kälteabgabe (z.B. angestrebt werden „Flächenheizung und -kühlung“) oder der angestrebte Fensterflächenanteil pro Himmelsrichtung sein.

### **Zwei- oder dreidimensionale Datengrundlagen?**

Von den einzelnen Wettbewerbsteilnehmern werden derzeit bei den meisten Wettbewerben nur zweidimensionale Daten in Form von Grundrissen, Schnitten und Ansichten gefordert, dreidimensionale Gebäudemodelle stellen in der österreichischen Wettbewerbspraxis bis dato noch die Ausnahme dar. Die Überprüfung der eingereichten Beiträge erfolgt seitens der Vorprüfung auf Basis dieser zweidimensionalen Unterlagen. Um eine energetische Bewertung durchführen zu können müssten von allen Wettbewerbsteilnehmern die thermischen Hüllflächen, die Volumina und die Bruttogeschoßflächen vorlegt werden. Der energetische Einfluss auf Grund der Verschattung kann auf Basis dieser zweidimensionalen Unterlagen nicht (oder zumindest nur mit enorm großem Aufwand) bewertet werden.

Die energetische Beurteilung könnte daher mit dreidimensionalen Gebäudemodellen wesentlich vereinfacht werden. Im Forschungsprojekt wurde daher mit Stakeholdern diskutiert inwieweit dreidimensionale Gebäudemodelle integriert werden könnten. Grundsätzlich gäbe es dazu zwei Möglichkeiten:

- 1) Die Wettbewerbsteilnehmer werden dazu verpflichtet dreidimensionale Gebäudemodelle abzugeben, die dann im Rahmen der Vorprüfung mit CityCalc bewertet werden.
- 2) Die Vorprüfung erstellt aus den zweidimensionalen Daten der Wettbewerbsteilnehmer dreidimensionale Modelle.

Grundsätzliche hätte die erste Variante neben den Vorteilen für eine energetische Bewertung weitere Vorteile für die Bewertung der Projekte. So könnten aus den 3D Modellen vereinfacht Bewertungen bezüglich Schall- und Windsituation, sowie eine einfache Erfassung von Fassaden- und Nutzflächen für die Kostenbewertung generiert werden. Voraussetzung für die Bewertung sind aber fehlerfreie 3D Modelle der Wettbewerbsteilnehmer – was nicht immer zutreffen wird. Seitens der Vorprüfung wurde diese Variante durchaus favorisiert, eine Umsetzung erscheint jedoch aufgrund des zusätzlichen Aufwandes für die WettbewerbsteilnehmerInnen derzeit als nicht durchführbar.

Die zweite Variante würde den Aufwand für die Vorprüfung erhöhen und erfordert zusätzliche Expertise im Umgang mit der CityCalc-Software. Um den Aufwand für die Vorprüfung einzugrenzen wird daher vorgeschlagen nur eine beschränkte Anzahl von Projekten zu bewerten (nur Preistränge, oder nur Projekte der 2. Wettbewerbsstufe bei zweistufigen Verfahren).

### **Gesammelte Erfahrungen und Schlussfolgerungen**

Städtebauliche Wettbewerbe sind nicht gleich städtebauliche Wettbewerbe. Mehrere Einflussfaktoren spielen eine entscheidende Rolle: Maßstab, Umfang, Zielsetzung (Nutzungsmix urbaner Schichtungen zu einheitlichen Typologien, etc.), Morphologie (Dichte, Gebäudegestalt, etc.), regionale Bedingungen. Daraus resultieren maßgeschneiderte, gezielte und relevante Informationen für Planer und Jury noch vor einer Auslobung. Ohne eine fachspezifische Jury funktioniert dies nicht.

Der Einsatz von vielen Nachhaltigkeitskriterien nach der SNAP-Methode (BMVBS, 2013) bewirkt einen sehr umfangreichen Prüfbericht. Es ist fraglich ob das von allen gelesen wird bzw. ob die Fülle an Kriterien für das Preisgericht fassbar und umsetzbar ist.

Bewährt hat sich, die Flächen für regenerative Energienutzung über vorhandene Dachflächen zu bewerten.

Schwierig war es, das Standortpotenzial für die Energieversorgung zu berücksichtigen. Beispielsweise war ein Teilgebiet an das Fernwärmenetz angeschlossen. Es war aber nicht vorgegeben ob das Gesamtgebiet angeschlossen werden soll (was sinnvoll wäre). Wenn das als Ziel gesetzt wird, dann kann die städtebauliche Planung darauf reagieren. Teilnehmerbeiträge kamen dann z.B. in Richtung Wärmepumpen etc. Es erscheint daher sinnvoll, Voruntersuchung für die Energieversorgung der Auslobung zugrunde zu legen, damit nicht alle Teilnehmer sämtliche Grundlagen erheben müssen. Weitere Erfahrungen und Conclusio dazu:

- Genau mit dieser Problemstellung einer intensiven Vorbereitung bzw. Vorabrecherche haben wir derzeit überall zu kämpfen.
- Städte werden in Zukunft mehr Energieraumplanung betreiben müssen und dies ist nur in Zusammenarbeit mit Experten möglich. Dies fordert auch ein Aufbrechen der derzeitigen Wettbewerbs-Vorschriften. Ziel ist eine Vorbereitung der teilnehmenden Büros - d.h. in Form von Workshops und folgend in Form von Prozessbegleitung. In der Schweiz gibt es derartige „Planungsworkshops“ bereits seit einem Jahr. In der

Steiermark lässt die ZT-Kammer derartige Experten- bzw. Planungsworkshops oder – Werkstätten nicht zu (bzw. besteht darin kein Interesse).

- Problem Fernwärmeanbindung: Eine hohe Energieeffizienz und auch eine geringe Nutzungsdichte bewirkt eine geringe Abnahmemenge an Fernwärme und damit für die Fernwärmeversorgung kein wirtschaftliches Interesse an einer Anbindung.
- Die Kosten der Infrastruktur sind höher als die Kosten der Hochbauten. Daher wäre es zielführend, wenn die Infrastruktur schon vor der Bebauungsstruktur geplant wird.

## **2.3.2 Wettbewerbsbegleitung**

### **2.3.2.1 Alt-Reininghaus Goes Smart“: EnergyCity Reininghaus, Quartier 1+4a**

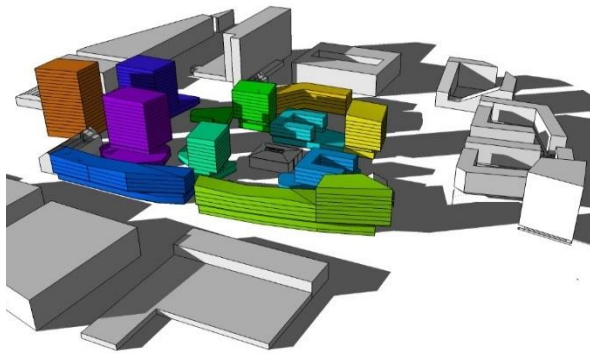
#### *Aufgabenstellung*

Das Ingenieurbüro Gratzl wurde als Teil des CityCalc-Projektkonsortiums damit beauftragt, eine Bewertung der Energieeffizienzkriterien der Projekte der 2. Stufe des städtebaulichen Wettbewerbs „Alt-Reininghaus Goes Smart“ für die Quartiere 1 und 4a“ vorzunehmen. Dabei wurde das im Rahmen des Projekts entwickelte Bewertungsinstrument CityCalc zum Einsatz gebracht. Die Architekturbüros der vier in der ersten Wettbewerbsstufe erfolgreichen Beiträge stellten ihre Entwürfe für eine vergleichende Untersuchung der relevanten energietechnischen Parameter zur Verfügung. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden im Endbericht „Rahmenplan\_Energie\_Energy City\_Graz-Reininghaus“ (Rainer et al., 2016).

Aus den von der Vorprüfung übermittelten Unterlagen (Lagepläne im Format .dwg, Wettbewerbsplakate im Format .pdf, teilweise dreidimensionale Gebäudemodelle im Format .dwgs) der Entwürfe wurden die Baumassen als Volumskörper im Programm SketchUp nachgebildet. Mithilfe des SketchUp-PlugIns CityCalc wurden Exportdateien der einzelnen Projekte erstellt, für die anschließend in der Energieausweissoftware ArchiPHYSIK die relevanten Energiekennzahlen ermittelt wurden. Die Ergebniswerte der einzelnen Projekte wurden in vergleichenden Ergebnisdarstellungen zusammengefasst und textlich erläutert. Untersucht wurden, vergleichend für jeweils alle vier Bebauungsvorschläge, die Kompaktheit der Baukörper, die Verschattung und passive Solarenergienutzung und die Möglichkeit zur aktiven Solarenergienutzung.

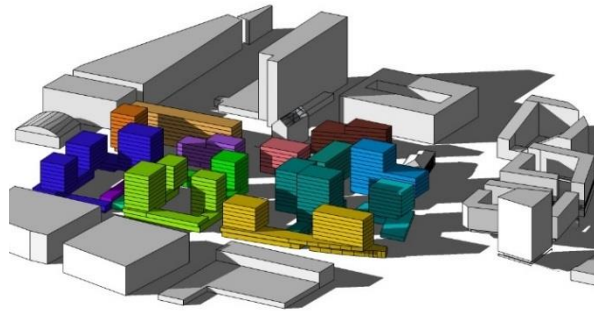
Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt Skizzen der in den vier Wettbewerbsprojekten vorgeschlagenen Bebauungsstrukturen.





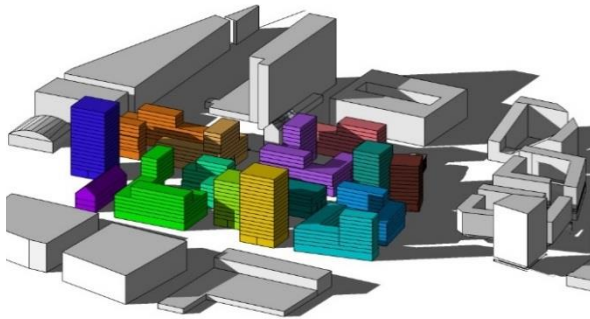
#### Entwurf 1 (Siegerprojekt)

Es handelt sich um eine recht heterogene Bebauungsstruktur mit unterschiedlichen Gebäudevolumina, die von vertikalen Akzenten in Form von Türmen geprägt ist. Eine Blockrandbebauung ist nicht vorgesehen. Es ist eine klare Differenzierung zwischen den urbanen eingeschossigen Sockelzonen und den darüber angeordneten Gebäudevolumina vorhanden.



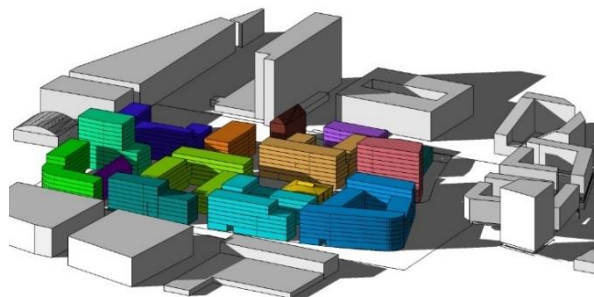
#### Entwurf 2

Es gibt eine klare Unterscheidung zwischen Quartier 4a im Westen und Quartier 1 im Osten. Verwendet werden einfache Bausteine wie Rahmen, Turm, Riegel. Während im Q4a eine aufgelockerte Bebauung mit kleinen Türmen und Nord-Süd-verlaufende Gebäudezeilen dominieren, findet man im Q1 eine Mischung aus aufgelockerten, durchbrochenen zweigeschossigen Blockrandstrukturen mit punktuellen Akzenten.



#### Entwurf 3

Es handelt sich um eine homogene Struktur mit sechs geöffneten Blockrändern (meist in U-Form angeordnet). Die Blöcke weisen insgesamt eine überwiegend einheitliche Höhe auf (vier bis sieben Geschosse) und werden zur Quartiersachse hin als Riegel in Nord-Süd-Richtung betont. Es entstehen zahlreiche halbgeöffnete Innenhöfe mit hoher Orthogonalität.



#### Entwurf 4

Dieser Entwurf widmet sich ganz bewusst der Konzeption einer durchbrochenen Hof- und Blockrandbebauung. Die Blockränder besitzen eine Mindesthöhe von fünf Geschossen. In der Vertikalen wird der Blockrand durch unterschiedliche Höhen aufgelockert. Begleitet werden die vier Höfe von fünf nicht in unmittelbarer Verbindung stehenden Türmen.

Abbildung 9: Vergleichsbetrachtung der untersuchten Wettbewerbsbeiträge (Bilder: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

Die Annahmen zu den Bauteilaufbauten und deren Wärmeschutz orientieren sich an den Vorgaben der Wohnbauförderung Steiermark und wurden mit dem zuständigen Bauphysiker wie folgt abgestimmt: Außenwand:  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Dach:  $U = 0,10\text{-}0,12 \text{ W/m}^2$ , erdberührte Böden:  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Kellerdecken:  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  und Fenster:  $U = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Der Fensterflächenanteil wird im Erdgeschoss mit 60 % (bezogen auf die gesamte Brutto-Fassadenfläche und in allen Obergeschossen mit 30 %, jeweils in alle Richtungen, angenommen.

Mithilfe dieser Annahmen und der vorliegenden Gebäudegeometrie können die angeführten Ergebnisgrößen erhoben werden und die „entwurfsimmanenten“ Kriterien Kompaktheit und gegenseitige Verschattung beurteilt werden.

### Ergebnisse

Abbildung 10 gibt einen Eindruck über den Einfluss der gegenseitigen Verschattung der Baukörper in einem der Wettbewerbsentwürfe (Siegerprojekt Atelier Thomas Pucher). Untersucht wurde die Verschattungsdauer zur Sommer-Sonnenwende (21. Juni), zur Tag-und-Nacht-Gleiche (21. September) und zur Winter-Sonnenwende (21. Dezember). Weiß, Gelb und Orange dargestellte Bereiche sind bis zu 3 Stunden täglich verschattet, alle anderen Bereiche von 4 bis 10 Stunden pro Tag. Daraus ergibt sich eine drastische Reduktion des Potentials an nutzbarer Solarstrahlung und damit ein direkter Einfluss auf den Heizwärmebedarf und die aktive Solarenergienutzung. Durch geschickte Anordnung der Baukörper kann der Grad der gegenseitigen Verschattung und damit die Nutzbarkeit der Solarstrahlung verbessert werden. Die in Abbildung 10 dargestellten Grafiken wurden mit dem SketchUp-PlugIn „ShadowAnalysis“ (DeltaCodes, 2017) durchgeführt. Es entstehen grafische Darstellungen der verschatteten Bereiche.

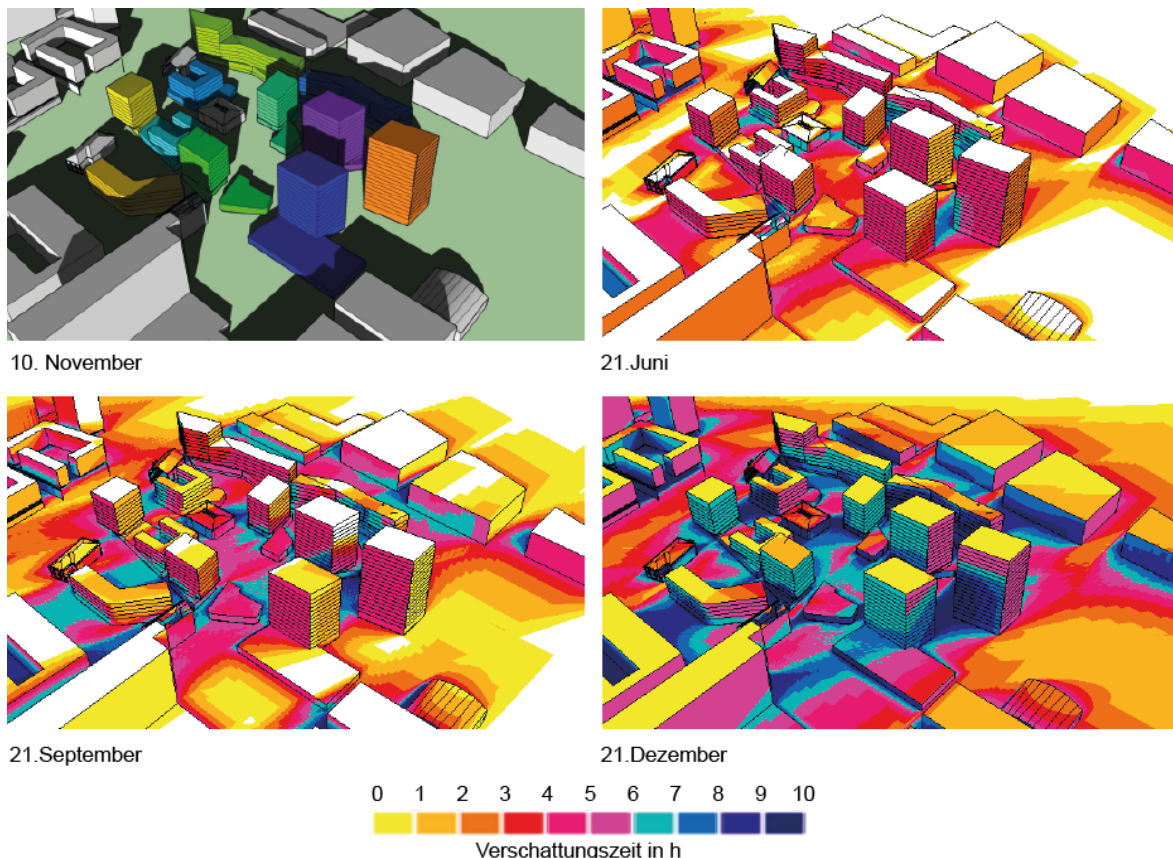


Abbildung 10: Verschattung an drei Zeitpunkten des Jahres (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl; Software: Delta Codes, 2017)

Eine vergleichende Bewertung in Bezug auf die Nutzung des Potentials der solaren Einstrahlung zeigt Abbildung 11. Betrachtungsgröße ist die gesamte jährliche solare Einstrahlung durch die Fenster (Fensterflächenanteil 30 % in OGs und 60 % in EGs) bezogen auf die gesamte Fassadenfläche (brutto, inkl. Fenster).

- Alle Gebäude verfügen im Vergleichsaufbau über den gleichen Ausgangswert an solarer Einstrahlung, der in der Abbildung durch die gleich hohen braunen Säulen dargestellt wird.
- Als Standardwert für die gegenseitige Gebäudeverschattung wird im Energieausweis ein Wert von 25 % angesetzt. Die jeweils zweite hellbraune Säule von links zeigt die entsprechenden Größen.
- Die gelb dargestellte Säule zeigt die aufgrund der geometrischen Verhältnisse und der Ausrichtungen tatsächliche Reduktion der nutzbaren Solarstrahlung infolge Verschattung in den vier untersuchten Projekten für den Winterfall.
- Die grüne Säule stellt analog zur orangenen Säule die Ergebnisse für den Sommerfall dar.

Die über alle Gebäudeflächen gemittelte Verschattung liegt in den einzelnen Entwürfen zwischen 38 % und 52 %. Das nutzbare Solarpotential (beispielsweise auch für gebäudeintegrierte PV) unterscheidet sich demnach im Vergleich der vier städtebaulichen Konfigurationen um bis zu 25 %.

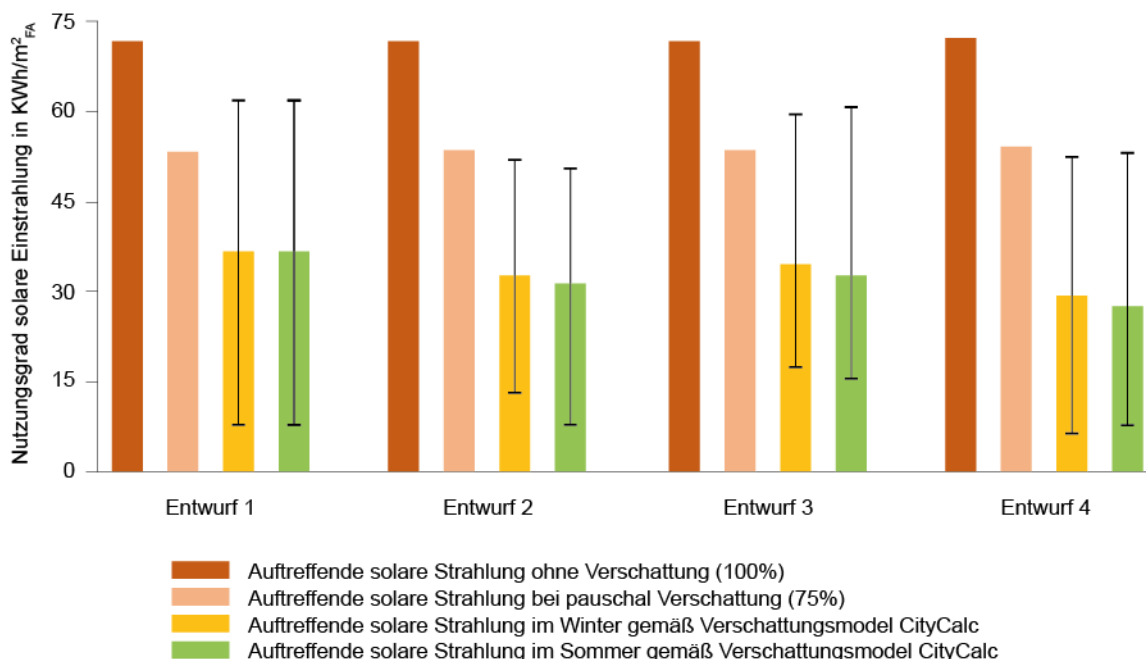


Abbildung 11: Vergleichsbetrachtung Energie: Nutzungsgrad solare Einstrahlung (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

Diese Unterschiede im Grad der gegenseitigen Verschattung wirken sich gemeinsam mit der Kompaktheit der Projekte deutlich auf die ermittelten Energiekennzahlen aus. Der Zusammenhang ist in Abbildung 12 dargestellt. Die gute Nutzbarkeit des solaren Strahlungseintrages reduziert den Heizwärmebedarf deutlich, lässt aber gleichlaufend auch den Kühlbedarf ansteigen. Je nach Qualität und Regelung der Verschattungseinrichtungen kann sich dieser Umstand positiv oder auch negativ auf die Gesamtenergieperformance auswirken.

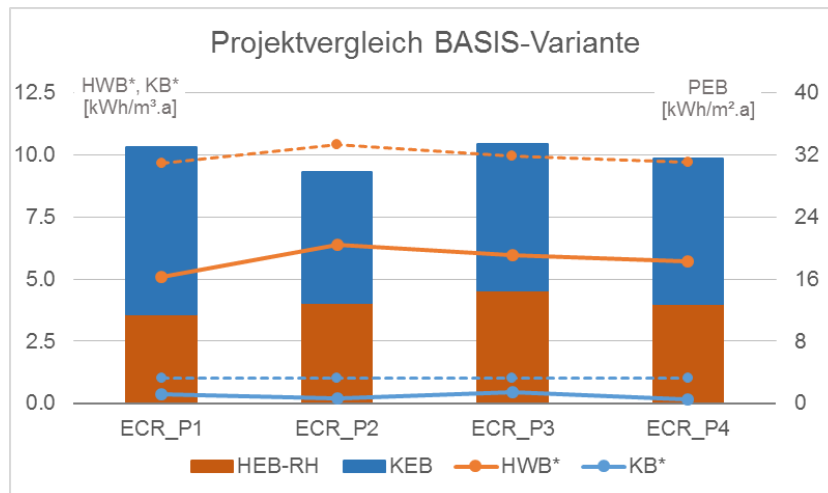


Abbildung 12: Vergleichsbetrachtung Energie: Energiebedarf Raumkonditionierung (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

### Conclusio für das Projekt

Der städtebauliche Wettbewerb „Alt-Reininghaus Goes Smart“ stellte die erste Wettbewerbsbegleitung mit der Systematik von CityCalc in einer frühen Phase der Projektlaufzeit dar. Auf diese Weise konnte eine Vielzahl an Erkenntnissen getroffen werden, die eine wesentliche Rolle für die Überlegungen im weiteren Projektverlauf darstellten. Einige ausgewählte Aspekte waren folgende:

- Das Solarpotential stellt eine wesentliche Bewertungsgröße dar, die auf jeden Fall Teil der Basisbewertung sein sollte.
- Heizwärmebedarf und Kühlbedarf sind etablierte Kennzahlen, die als Bewertungsgrößen herangezogen werden können. Dabei ist allerdings bei der Angabe von Grenzwerten sorgfältig zu überprüfen, ob gesetzliche Vorgaben (bspw. aus OIB-Richtlinie 6) oder individuelle Werte abhängig von den Ergebnissen der anderen Projekte gewählt werden sollen.
- Bei der Angabe von Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen ist darauf zu achten, dass eine große Anzahl an Einflussparametern die Gesamtwerte erhöhen, ohne von den Entwürfen beeinflusst zu werden. Dazu zählen beispielsweise der Beleuchtungsenergiebedarf oder der Warmwasserwärmebedarf. Derartige Werte sollten aus dem Gesamtergebnis ausgeklammert werden, da sonst der relative Unterschied in den Ergebnissen verschiedener Projekte sehr gering ausfällt.
- Zusätzliche Auswertungen und Darstellungen – beispielsweise mit dem SketchUp-Plugin „ShadowAnalysis“ (DeltaCodes, 2017) – stellen Ergänzungen dar, die einen Mehrwert zu den Basisbewertungen liefern.

### 2.3.2.2 EnergyCity Reininghaus, Quartier Q7

#### *Aufgabenstellung*

Das Ingenieurbüro Gratzl wurde als Ansprechpartner für das Projektkonsortium des Projekts CityCalc „Energieplanungs- und Bewertungsinstrument für den Städtebau“ damit beauftragt, eine Bewertung der Energieeffizienzkriterien der Projekte der 2. Stufe des Begutachtungsverfahrens „Reininghaus, Quartier 7“ vorzunehmen. Dabei wurde das im Rahmen des Projekts entwickelte Bewertungsinstrument CityCalc zum Einsatz gebracht.

Aus den von der Vorprüfung übermittelten Unterlagen (Lagepläne im Format .dwg, Wettbewerbsplakate im Format .pdf) der Projekte 18, 20, 22, 25, 42, 47 wurden die Baumassen als Volumskörper im Programm SketchUp nachgebildet. Mithilfe des SketchUp-PlugIns CityCalc wurden Exportdateien der einzelnen Projekte erstellt, für die anschließend in der Energieausweissoftware ArchiPHYSIK die relevanten Energiekennzahlen ermittelt wurden. Die Ergebniswerte der einzelnen Projekte wurden in vergleichenden Ergebnisdarstellungen zusammengefasst und textlich erläutert.

An das Wettbewerbsareal an der Wetzelsdorfer Straße grenzen west- und südwest-seitig Wohnhaussiedlungen mit maximal zwei Geschossen. Südseitig angrenzend befindet sich ein ebenfalls zweigeschossiges Dienstleistungszentrum. Ostseitig grenzt ein Gewerbegebiet an, dessen derzeitige Bebauung (eingeschossig) mehr als 100 m von der Grundgrenze entfernt ist. Im an dieser Stelle noch unbebauten Bereich und nördlich des Wettbewerbsareals entstehen weitere Quartiere der EnergyCityReininghaus, deren Bebauung bislang noch nicht festgelegt ist. Aus der bestehenden umliegenden Bebauung ist keine maßgebliche Verschattung zu erwarten.

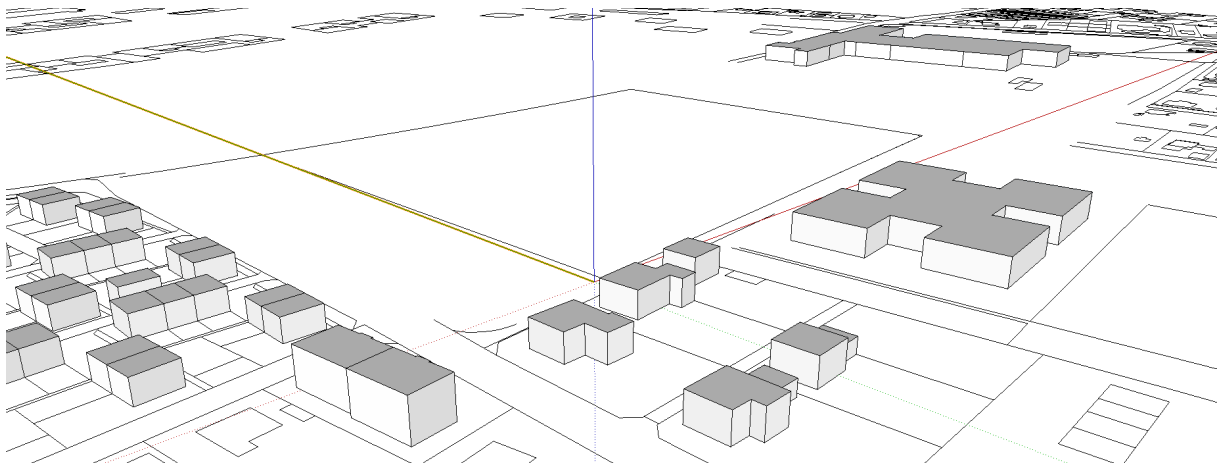
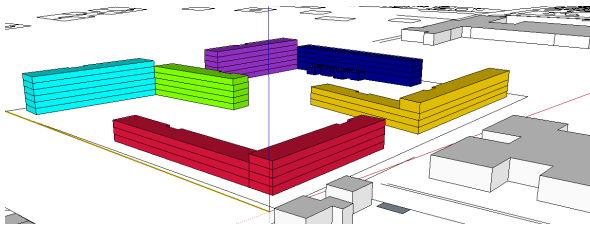


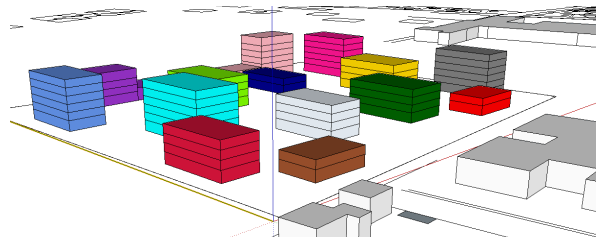
Abbildung 13: Wettbewerbsareal, inkl. umliegender verschattend wirkender Bebauung (vereinfacht dargestellt als Volumskörper) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

Die sechs zu untersuchenden Wettbewerbsprojekte sind in den nachfolgenden Abbildungen als Volumskörper dargestellt, welche die Grundlage für die Berechnung der Energiekennzahlen darstellt (Färbung entsprechend den getrennt voneinander untersuchten Zonen).



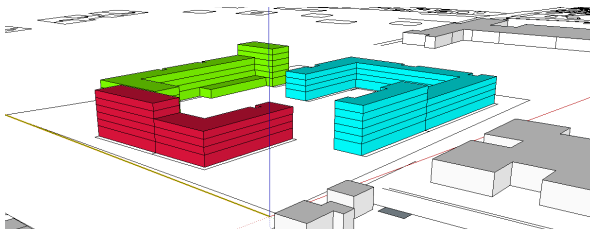
**Projekt 18**

Das Projekt umfasst vier I-förmige, eher langgestreckte Baukörper (in sechs Zonen) mit Höhenentwicklungen zwischen drei und sechs Geschossen. Die Kompaktheit liegt mit einer charakteristischen Länge von 2,18 m im Mittelfeld der untersuchten Projekte.



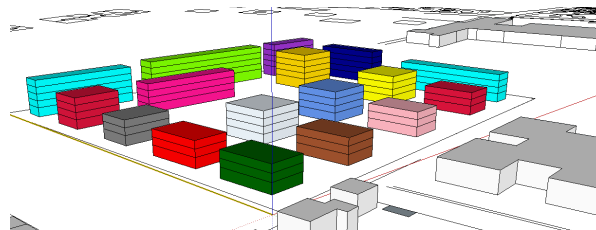
**Projekt 20**

Projekt 20 mit 14 kompakten Baukörpern mit zwischen 2 und sechs Geschossen weist eine charakteristische Länge von 2,48 m auf. Die Kompaktheit dieser Baukörperanordnung ist damit im Vergleich zu den anderen Projekten eher hoch und damit günstig.



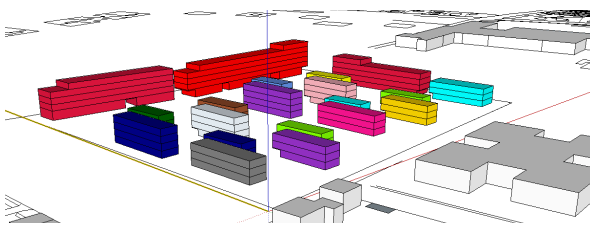
**Projekt 22**

Projekt 22 mit nur drei I- bzw. u-förmigen Baukörpern mit vier bis sechs Geschossen weist eine charakteristische Länge von 2,60 m auf, was die günstigste Kompaktheit der untersuchten Projekte darstellt.



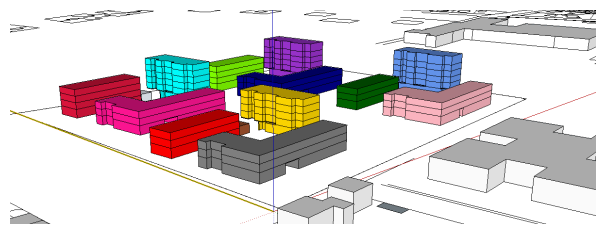
**Projekt 25**

Die Kompaktheit dieses Projekts, das aus 17 getrennten Baukörpern besteht, liegt mit einer charakteristischen Länge von 2,18 m im Mittelfeld der untersuchten Projekte.



**Projekt 42**

Das aus 20 Baukörpern bestehende Projekt 42 weist eine charakteristische Länge von 1,94 m auf, was den niedrigsten Wert der untersuchten Projekte darstellt. Die Kompaktheit ist damit am geringsten, was unter anderem auf Rücksprünge der Erdgeschoßzonen (Fahrradabstellplätze etc.) zurückzuführen ist.



**Projekt 47**

Projekt 47 weist 14 Baukörper auf und verfügt über eine charakteristische Länge von 2,14 m. Die an sich kompakten Einzelbaukörper werden durch Rücksprünge und Einschnitte in ihrer Kompaktheit etwas reduziert.

Abbildung 14: Vergleichsbetrachtung der untersuchten Wettbewerbsbeiträge (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

Als Bewertungsgrößen für den Energiebedarf für Heizen dient der Heizwärmebedarf HWB. Der Kühlbedarf KB und der außeninduzierte Kühlbedarf KB\* werden zur Bewertung der sommerlichen Überwärmungsneigung herangezogen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Ergebniswerte der Energiekennzahlen aller Projekte.

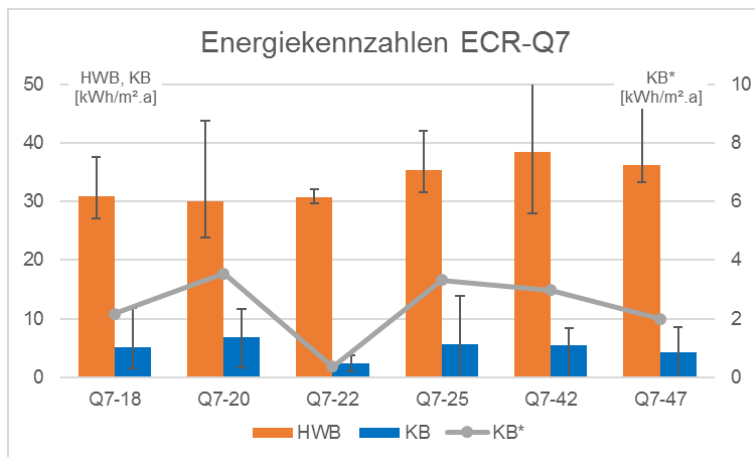


Abbildung 15: Energiekennzahlen auf Nutzenergieebene; Vergleichsdarstellung der untersuchten Projekte (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

Die Projekte 18 und 47 weisen mäßige Werte bei KB und KB\* auf, jene der Projekte 20, 25 und 42 sind im Vergleich zu den anderen eher ungünstig.

Die mögliche aktive Solarenergienutzung über fassadenintegrierte Elemente (Fotovoltaik, Solarthermie) wird maßgeblich über die zu erwartende Verschattung der Fassadenflächen definiert. Als Kenngröße der möglichen Solarenergienutzung wurde daher die mittlere Verschattung aufgrund umliegender Bebauung (im Jahresverlauf) aller Fassadenflächen des Projekts je Orientierung untersucht. Kenngröße hierfür ist der (gemittelte) Verschattungsfaktor  $F_s$  gem. ÖNORM B 8110-6.

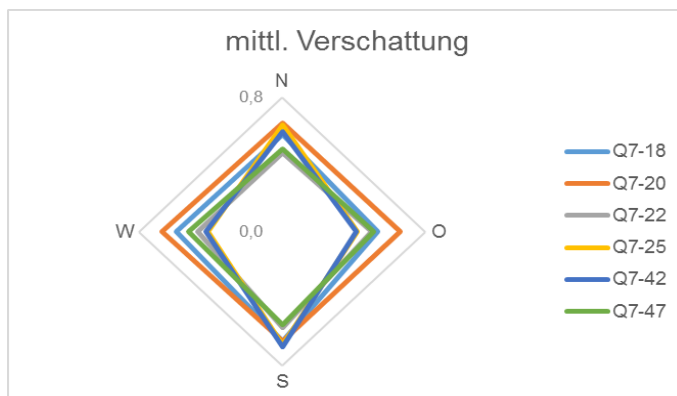


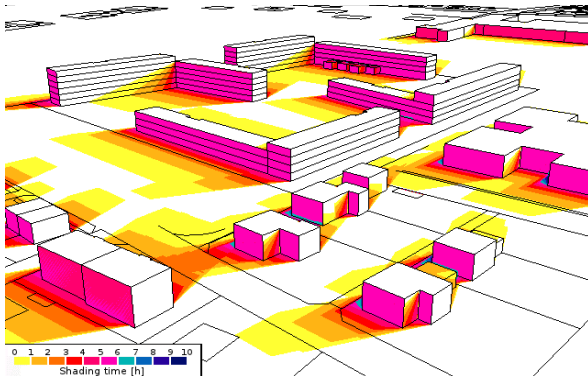
Abbildung 16: Darstellung der Verschattungswirkung anhand des mittleren Verschattungsgrads aller Fassaden je Himmelsrichtung (0...vollständig verschattet, 1...keine Verschattungswirkung) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

Die besten Ergebnisse für die Verschattungswirkung auf die Fassadenflächen erzielt Projekt 20. Der mittlere Verschattungsfaktor der süd-, west- und ostorientierten Fassaden beträgt hier 0,66 und ist über alle relevanten Fassaden relativ gleichmäßig verteilt. Etwas niedriger ist der mittlere Verschattungsfaktor bei Projekt 18 mit 0,59 (wobei hier die südorientierten Fassaden mit einem Wert von 0,65 etwas weniger verschattet sind). Bei allen übrigen Projekten liegt der mittlere Verschattungsfaktor im Bereich zwischen 0,50 bis 0,53. Vor allem die Projekte 25 und 42 weisen durch die eher engen Baukörperabstände in Ost-West-Richtung bei diesen Fassaden einen mittleren Verschattungsfaktor von nur rund 0,42 auf – die (flächenmäßig geringen) südorientierten Fassaden schneiden hier besser ab.

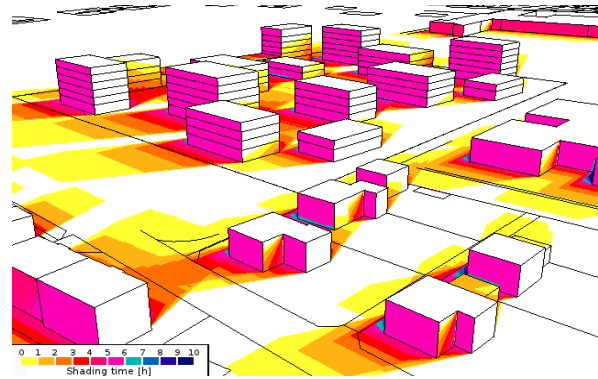
Der Heizwärmebedarf der Projekte 18, 20 und 22 ist eher günstig, jener der Projekte 25 und 47 liegt um 18 % bzw. 20 % höher als der Bestwert von Projekt 20. Der Ergebniswert von Projekt 42 ist 28 % höher und ist damit als weniger günstig zu beurteilen.

Die Neigung zur sommerlichen Überwärmung ist bei Projekt 22 am niedrigsten (Bestwerte bei KB und KB\*), dessen Überwärmungsneigung ist gering.

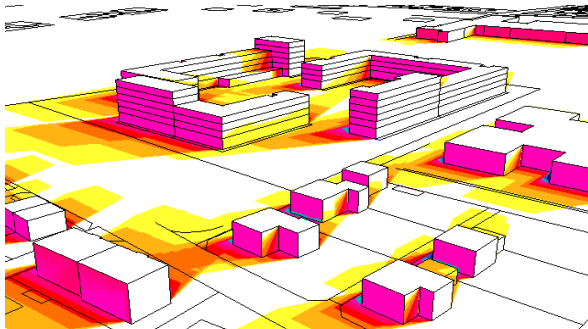
Zusätzlich zur Berechnung der Energiekennzahlen und der Verschattungswirkung im Jahresverlauf wurde die Besonnung der Fassadenflächen im Tagesverlauf am 21.12. (7 bis 17 Uhr) untersucht<sup>1</sup>. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisdarstellungen für die verschattete Zeit der sichtbaren Fassaden- und Grundflächen im Tagesverlauf. Kritische Werte (blaue Färbung) sind nur bei den Projekten 25, 42 und 47 zu erkennen.



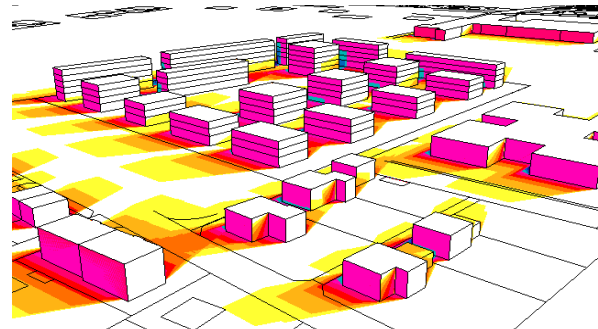
Projekt 18



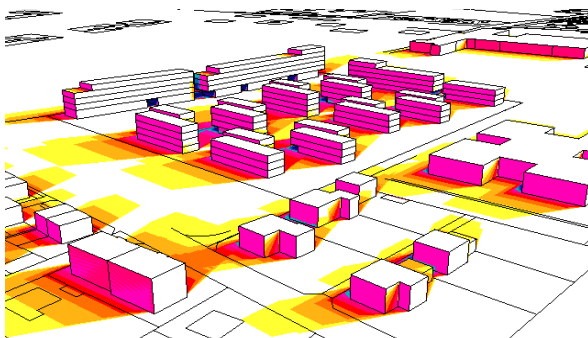
Projekt 20



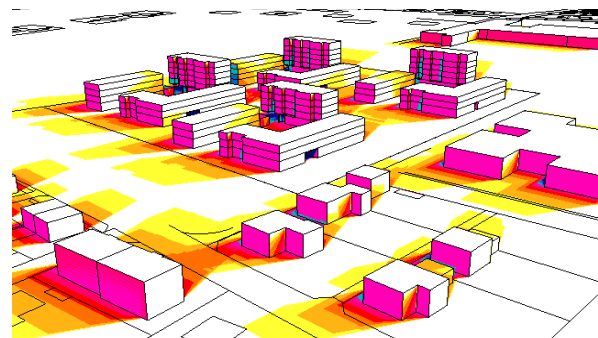
Projekt 22



Projekt 25



Projekt 42



Projekt 47

Abbildung 17: Verschattungsstudie (verschattete Zeit) für die untersuchten Projekte am 21.12.; isometrische Darstellung (Betrachtung aus Süd-West) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl; Software: DeltaCodes, 2017)

Für Projekt 42 sind nachfolgend zusätzlich Darstellungen ersichtlich, da aufgrund der engstehenden Baukörper eine verstärkte wechselseitige Verschattung und damit eine reduzierte Besonnung vorhanden ist. In diesen Bereichen engstehender Baukörper ist am kritischen

<sup>1</sup> Die Verschattungsanalyse wurde mit dem SketchUp-PlugIn „ShadowAnalysis“ (DeltaCodes, 2017) vorgenommen



Tag (21.12.) davon auszugehen, dass die Wohnungen im Erdgeschoß und 1. Obergeschoß keine ausreichende Besonnung erhalten werden.

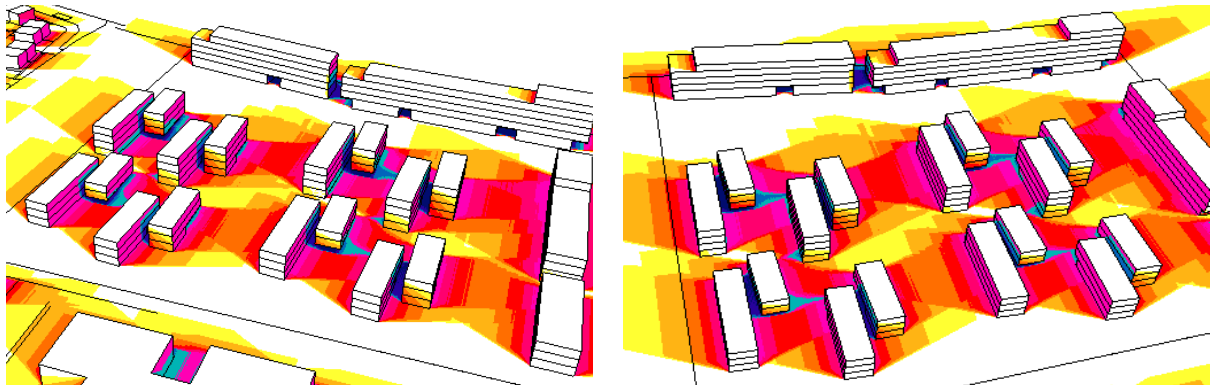


Abbildung 18: Detaildarstellung zur Verschattungsstudie (verschattete Zeit) für Projekt 42 am 21.12.; isometrische Darstellung aus Süd-Ost (links) bzw. Süd (rechts) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl)

Für die Berechnung der Energiekennzahlen mussten aufgrund des frühen Planungsstands Annahmen und Vereinfachungen getroffen werden. Die thermische Qualität der Bauteile wurde entsprechend den Vorgaben der Auslobung mit Niedrigenergiestandard festgelegt ( $U_{\text{Wand}} = 0,20$ ,  $U_{\text{Boden}} = 0,30$ ,  $U_{\text{Dach}} = 0,15$ ,  $U_{\text{Fenster}} = 1,0$  [jeweils in  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]), die Bauweise wurde als „mittelschwer“ angenommen, der Fensterflächenanteil wurde pauschal je Fassade mit 30 % gewählt. Vorspringende Balkone und Sonnenschutzeinrichtungen wurden für die Verschattungswirkung nicht berücksichtigt. Be- und Entlüftung der Wohnräume erfolgt über Fensterlüftung (keine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung). Zur Berechnung des Kühlbedarfs auch für die vorliegende Wohnnutzung als Kenngröße für das Verhalten in Bezug auf sommerliche Überwärmung wurden die internen Wärmelasten analog zum Nutzungsprofil „Pflegeheime“ gemäß ÖNORM B 8110-5 festgelegt.

### Resümee

Die Untersuchung mithilfe des Bewertungstools CityCalc für die 2. Stufe des Wettbewerbs „Reininghaus, Quartier 7“ kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Energiebedarf Heizen: Die Ergebniswerte sind für die Projekte 18, 20 und 22 günstig, jene von Projekt 42 weniger günstig (28 % höher als Bestwert).
- Überwärmungsneigung: Die Sommertauglichkeit ist bei Projekt 22 besonders günstig. Alle anderen Projekte weisen ähnliche Werte auf, die ein Mehrfaches von Projekt 22 betragen.
- Aktive Solarenergienutzung: Der mittlere Verschattungsfaktor als Kennzahl für die mögliche Nutzung aktiver Solarenergie in fassadenintegrierten Modulen ist bei Projekt 20 sehr günstig, bei den Projekten 25 und 42 ist er vor allem bei ost- und westorientierten Fassaden eher ungünstig.
- Besonnung: Die verschattete Zeit als Kenngröße für die tägliche Besonnung ist bei Projekt 42 aufgrund der teilweise sehr engen Baukörperabstände sehr ungünstig, bei den Projekten 25 und 42 in Teilbereichen weniger günstig. Bei den anderen Projekten sind diesbezüglich keine Probleme zu erwarten.

### *Conclusio für das Projekt*

Dieser Wettbewerb war der erste, der tatsächlich über das gesamte Verfahren hinweg begleitet wurde. Das Projektteam wurde als externer Experte hinzugezogen, die Bewertung mithilfe von CityCalc erfolgte während der regulären Vorprüfung durch das Projektteam. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden als „Ergebnisbericht“ an die Vorprüfung übermittelt, in den Vorprüfungsbericht eingebunden und im Rahmen der Preisgerichtssitzung vorgestellt. Folgende Aspekte waren dabei besonders auffällig und wurden im Verlauf des weiteren Projektzeitraums noch in die CityCalc-Methodik eingearbeitet:

- Die Anforderungen, die an TeilnehmerInnen in diesem Wettbewerb gestellt wurden, waren sehr vielfältig und reichten von der städtebaulichen Lösung bis hin beispielsweise zur möglichen Möblierung der vorgesehenen Balkone. Das vergebene Preisgeld für drei Preisträger und drei Ankäufe betrug in Summe 35.500 € im 2-stufigen öffentlichen Verfahren mit 150 und mehr Wohneinheiten. Für die zweite Stufe ausgewählt waren sechs Projekte. Dementsprechend wurde bereits im Vorfeld vom Auslober und der Architektenkammer als Landesvertretung eindeutig signalisiert, dass eine weitere Belastung der TeilnehmerInnen nicht gewünscht sei. Dieser Umstand stellte nach ausführlichen Diskussionen auch die Grundlage für die weiteren Überlegungen bei CityCalc dar, die Modellbildung als Basis für die Bewertung von ExpertInnen im Rahmen der Vorprüfung und nicht individuell durch die TeilnehmerInnen vornehmen zu lassen.
- Die Bearbeitungszeit mit CityCalc je Projekt (Modellbildung, Auswertung) betrug zwischen 0,5 und 1,0 Stunden. Hinzu kam noch der Aufwand für die Erstellung des Ergebnisberichts und die Anwesenheit bei der Preisgerichtssitzung. Die Bearbeitung mit der CityCalc-Systematik erwies sich als recht einfach und erfüllte bereits zu einem frühen Zeitpunkt im Projekt die daran gestellten Anforderungen.
- Im Rahmen der Preisgerichtssitzung wurden die Ergebnisse von den Preisgerichtsmitgliedern sehr wohlwollend zur Kenntnis genommen. Es erfolgten viele Nachfragen zu Detailspekten, wobei insbesondere zu rechtlich verbindlichen Anforderungen (Erfüllung der Anforderungen an Heizwärmebedarf und Kühlbedarf, Mindestanforderungen an Besonnungszeit der Fenster) nachgefragt wurde.
- Die Ergebnisse wurden als ein Kriterium in die Bewertung durch das Preisgericht aufgenommen. Dieses wurde nicht quantifiziert angegeben, bei besonders günstigen oder ungünstigen Einzelergebnissen einzelner Entwürfe wurden diese angesprochen und in der Diskussion vom Preisgericht berücksichtigt.

### 2.3.2.3 Alt-Reininghaus Goes Smart: Quartier Q5

Als Grazer Testprojekt im Rahmen des erarbeiteten Prototyps von CityCalc, entschied sich das Projektteam, in Rücksprache mit der Stadtbaudirektion Graz, aufgrund der Aktualität und der passenden Zielsetzungen, für das Wettbewerbsvorhaben „Smart City Graz – Waagner-Biro, Baufeld Süd“ im Smart City Zielgebiet Graz-West.

Ziel war es die Handhabung, Anwendbarkeit und Verbreitung von CityCalc an Hand von realen Architekturwettbewerbsergebnissen in Graz zu testen.

Zum Zeitpunkt der Testbewertung mit CityCalc war der Wettbewerb bereits entschieden und daher erfolgte die Anwendung und Evaluierung mit CityCalc im Nachhinein. Die Ergebnisse und Erkenntnisse werden für die zukünftige Bearbeitung des Projektes und für weitere Wettbewerbsausschreibungen innerhalb der Grazer Smart City Zielgebiete einfließen und berücksichtigt.

Tabelle 1: Daten zum Wettbewerbsvorhaben „Smart City Graz - Waagner-Biro, Baufeld Süd“ (ArchIng, 2017)

---

Auslober:	APIS Vermögensverwaltungs GmbH
Aufgabentyp:	Stadtraum und Städtebau
Auftragsart:	Einzelauftrag ArchitektIn
Verfahrensart:	Nicht offener, zweistufiger Realisierungswettbewerb im Unterschwellenbereich
Rechtsgrundlage:	Auslobungstext; ABGB Preisausschreiben
Wettbewerbsordnung:	Wettbewerbsordnung Architektur - WOA 2010
Mindesteignung:	ArchitektIn
Preisgeldsumme:	EUR 100.000,- zuzügl. 20% Mwst.
Abgabetermin:	30.06.2014
Entscheidungstermin:	01.10.2014

---

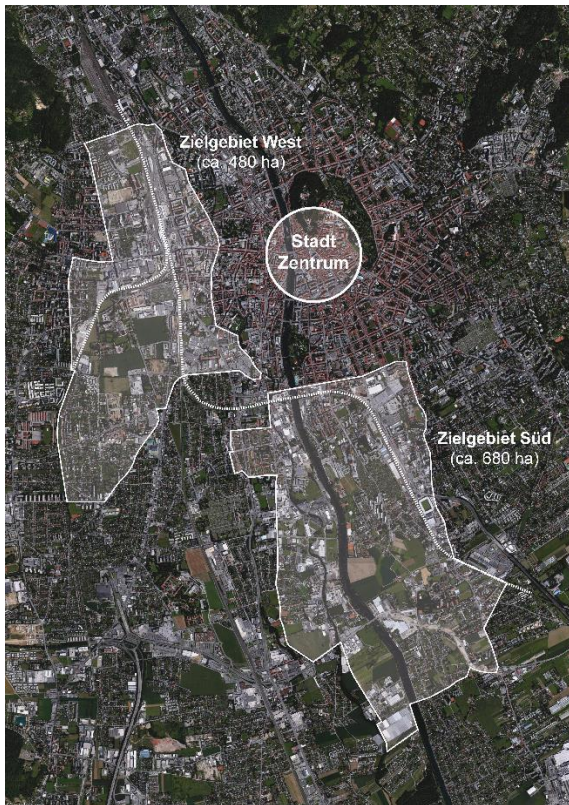


Abbildung 19: Lage der zwei Grazer Smart City Zielgebiete (Bild: Google Earth; Bearbeitung: M. Malderle, TU Graz)

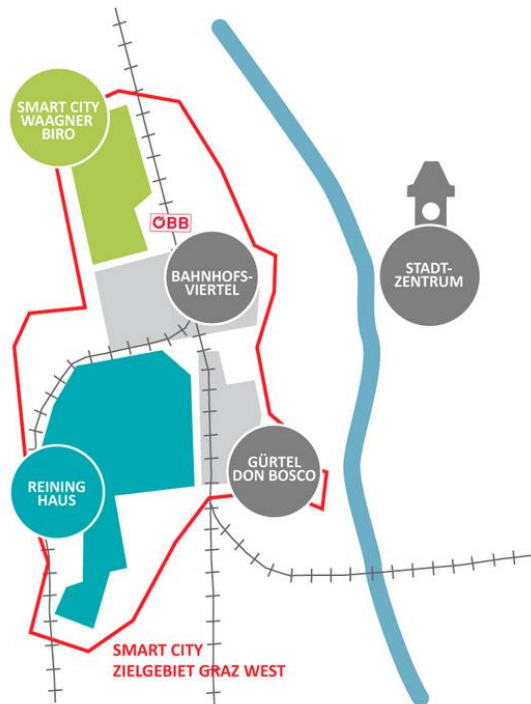


Abbildung 20: Übersicht der einzelnen Entwicklungsvorhaben innerhalb des Smart City Zielgebiets Graz West (Bild: Smart City Graz<sup>2</sup>)

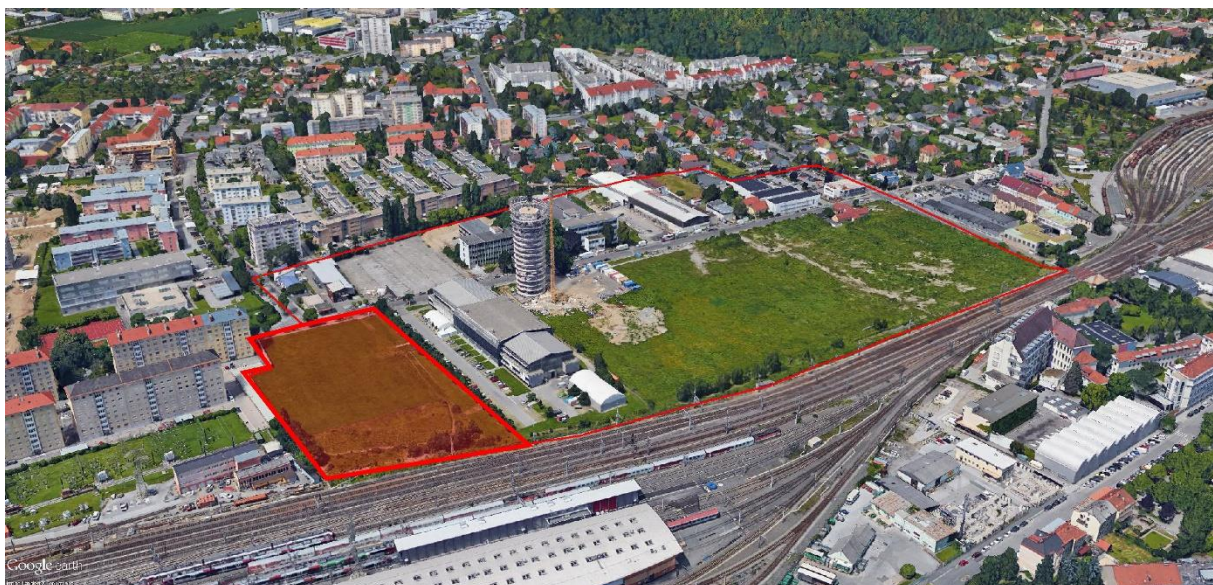


Abbildung 21: Luftaufnahme der Smart City Graz – Waagner-Biro (rot umrandet). Rot hinterlegt das „Baufeld Süd“ (Bild: Google Earth; Bearbeitung: M. Malderle TU Graz)

<sup>2</sup> [http://www.smartcitygraz.at/projects\\_ebene02/](http://www.smartcitygraz.at/projects_ebene02/) (zuletzt abgerufen am 13.01.2016)

## Auszug aus der Auslobung:

Auf dem Planungsareal soll ein multifunktionales Versorgungszentrum mit Wohneinheiten, Kinder- und Seniorenbetreuung, Verkaufsflächen sowie Büros mit ca. 28.000m<sup>2</sup> BGF realisiert werden, wobei bei der Nutzungsverteilung und Baukörperstellung die hohe Immissionsbelastung zu beachten ist.

Das Planungsareal liegt innerhalb des Zielgebietes 1 der „Smart City Graz“. Ziel des Projekts ist, das bisher sehr unterschiedlich genutzte Stadtquartier durch neueste Energietechnologien in einen umweltfreundlichen, Intelligenten und lebenswerten Stadtteil zu verwandeln. Unter anderem sind folgende Ziele definiert:

- Realisierung eines vorbildlichen, energieeffizienten, ressourcenschonenden, emissionsarmen Stadtquartiers
- Schaffung einer kompakten Siedlungsstruktur mit hoher Architektur - und Aufenthaltsqualität, unter Berücksichtigung des heterogenen Umfeldes (Immissionen durch Eisenbahnlinie und stark frequentierte Straßen, etc.)
- Umsetzung eines qualitätsvollen öffentlichen Raums
- Offensive Verkehrspolitik für einen ökologischen Modal Split

(ArchIng, 2017)

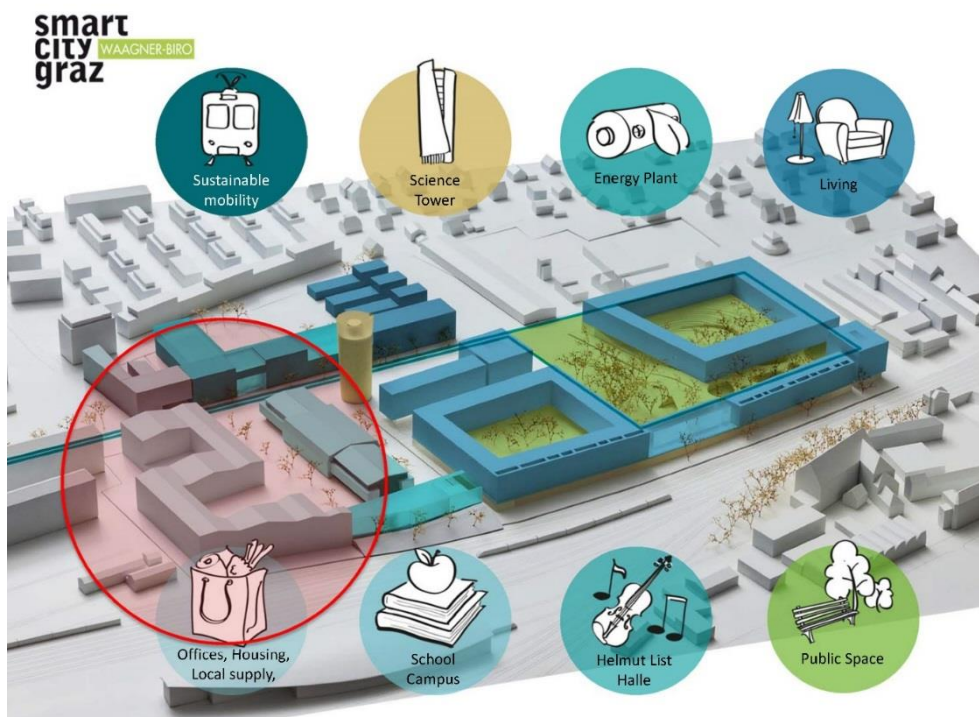


Abbildung 22: Übersicht der einzelnen Entwicklungsvorhaben in der Smart City Graz – Waagner-Biro. rot umrandet das Siegerprojekt (Architekturbüro Pentaplan) im „Baufeld Süd“ (Bild: Stadtbaudirektion Graz)

Mittels, den von den drei prämierten Architekturbüros, übermittelten Projektunterlagen der einzelnen Wettbewerbsprojekte (Lagepläne im Format dwg, Wettbewerbsplakate im Format pdf und jpg, Prüfpläne im Format dwg, etc.) wurden die Baumassen als Volumskörper im

Programm SketchUp nachgebildet. Mithilfe des SketchUp-PlugIns CityCalc wurden Exportdateien der einzelnen Projekte erstellt, für die anschließend in der Energieausweissoftware ArchiPHYSIK die relevanten Energiekennzahlen ermittelt wurden.

### **Wettbewerbsbeiträge:**

Bevor die einzelnen Wettbewerbsbeiträge bewertet und evaluiert werden konnten, wurde ein 3D-SketchUp-Basismodell der Umgebung erstellt, dies erfolgte auf Basis von Projektdaten der Stadt Graz. Im nächsten Schritt wurden die einzelnen Wettbewerbsergebnisse, als 3D-SketchUp-Modell aufgebaut und in das Umgebungsmodell passgenau integriert, mit dem CityCalc PlugIn bearbeitet und in ArchiPHYSIK importiert. Nachfolgend werden die drei Ergebnisse gegenübergestellt.

### **CityCalc-Ergebnisse der drei erstgereihten Wettbewerbsergebnisse:**



Abbildung 23: Visualisierung des erstplatzierten Projektes (Bild: Smart City Graz<sup>3</sup>)

Die Abbildung 24 bis Abbildung 26 zeigen die eingearbeiteten 3D-SketchUp-Modelle in die zuvor erstellte Umgebungslandschaft mit unterschiedlichen Baukörpern („Gebäude“; je nach Anzahl getrennter Baukörper werden diese in unterschiedlicher Einfärbung dargestellt) und Nutzungen („Nutzung“; *blau*: Nicht-Wohnnutzung; *grün*: Wohnnutzung) innerhalb eines Vorhabens.

---

<sup>3</sup> [http://www.smartcitygraz.at/wordpress/wp-content/uploads/2013/09/DNH\\_STRASSE\\_200dpi\\_Startseite.jpg](http://www.smartcitygraz.at/wordpress/wp-content/uploads/2013/09/DNH_STRASSE_200dpi_Startseite.jpg) (zuletzt abgefragt am: 25.04.2017)

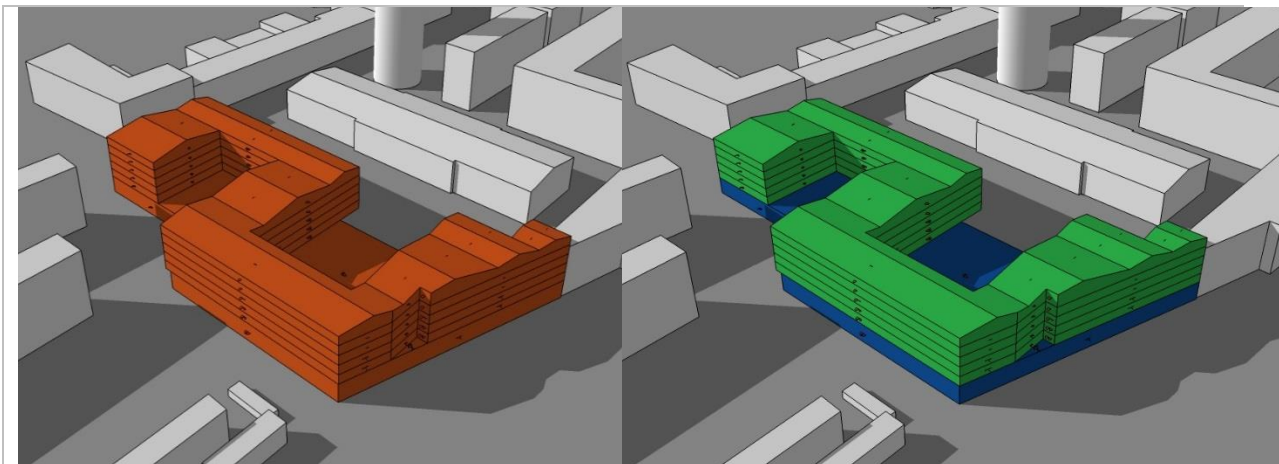


Abbildung 24: Rang 01 (Pentaplan ZT-GmbH) 3D-SketchUp-Modell „Gebäude“ (links) und „Nutzungen“ (rechts) (Bild: M. Malderle, TU Graz)

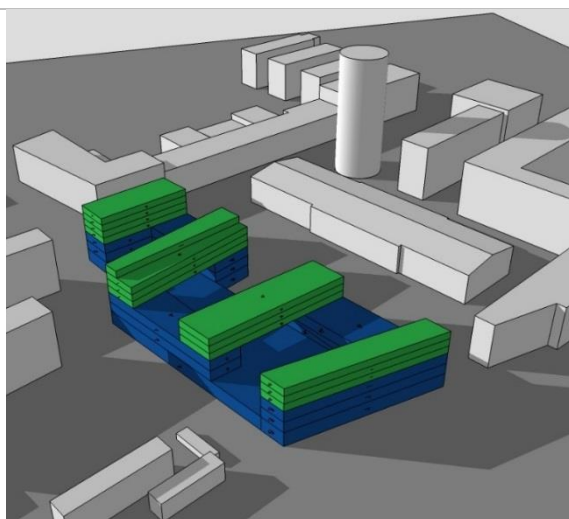
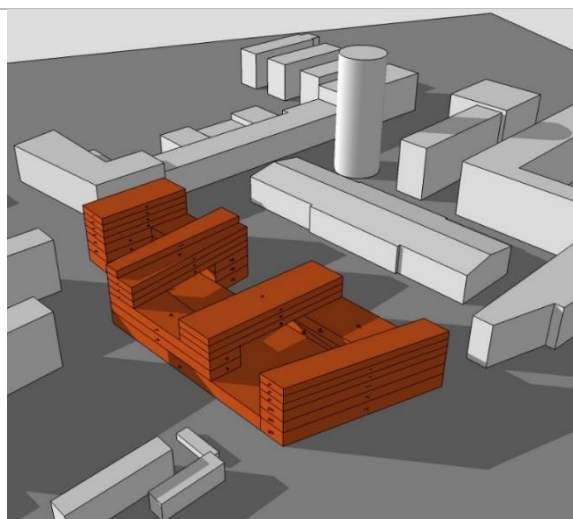


Abbildung 25: Rang 02 (Love Architecture) 3D-SketchUp-Modell Modell „Gebäude“ (links) und „Nutzungen“ (rechts) (Bild: M. Malderle, TU Graz)

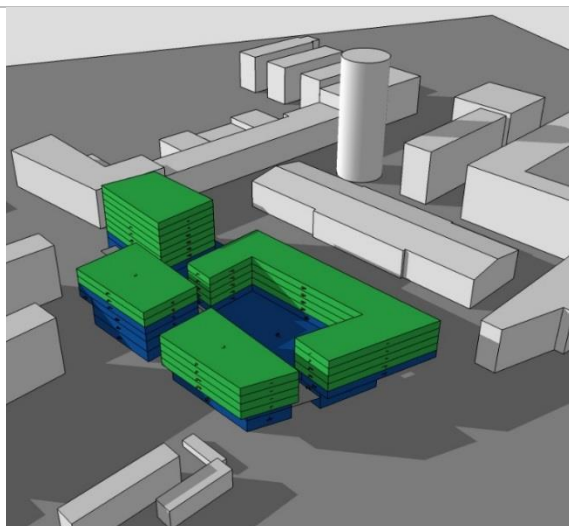
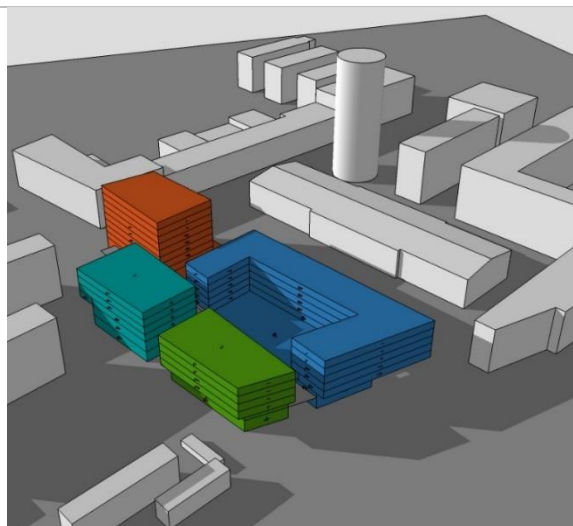


Abbildung 26: Rang 03 (Nussmüller Architekten ZT GmbH) 3D-SketchUp-Modell Modell „Gebäude“ (links) und „Nutzungen“ (rechts) (Bild: M. Malderle, TU Graz)

Die quantitativen Bewertungsergebnisse basieren auf den grafischen Vorarbeiten (3D-Modellierung, Gebäudedifferenzierung, Nutzungsunterscheidung und Bauteilzuweisung). Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar:

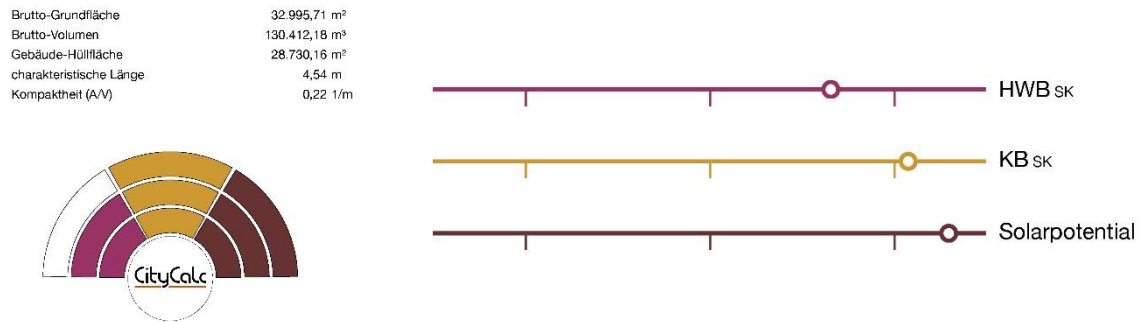


Abbildung 27: CityCalc-Bewertungsergebnisse Rang 01 (Pentaplan ZT-GmbH) (Bild: M. Malderle, TU Graz)



Abbildung 28: CityCalc-Bewertungsergebnisse Rang 02 (Love Architecture) (Bild: M. Malderle, TU Graz)

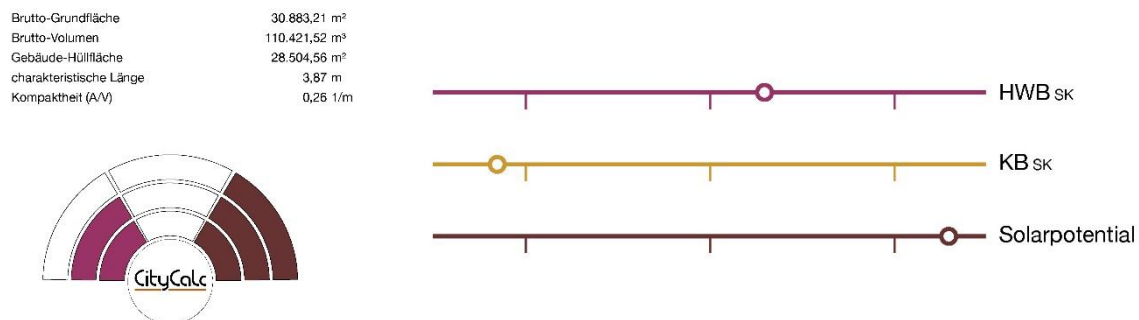


Abbildung 29: CityCalc-Bewertungsergebnisse Rang 03 (Nussmüller Architekten ZT GmbH) (Bild: M. Malderle, TU Graz)

Entsprechend der Ergebnisse (Abbildung 27 bis Abbildung 29) kann man auch klar erkennen, dass das erstgereichte Projekt eine bessere Performance als die anderen Projekte aufweist.



### *Conclusio für das Projekt*

Auf Grund der Erfahrungen bei der Bewertung des vorliegenden Wettbewerbs können folgende Erkenntnisse angeführt werden:

- Die Bearbeitungszeit und der Bearbeitungsaufwand mit CityCalc (Modellbildung, Zuweisung, Export, Auswertung, etc.) sind recht hoch, aber zielführend.
- Exaktes Arbeiten und ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen bzgl. der 3D-Modellerstellung als Grundlage für einen funktionierenden Export und die Berechnung in ArchiPHYSIK ist Voraussetzung.
- Das Tool sollte auf jedem Fall von eingeschulten Experten angewendet werden, dasselbe gilt für die Interpretation und Auswertung der quantitativen Ergebnisreihen.
- Für einen erfolgreichen Einsatz von CityCalc in zukünftigen städtebaulichen Wettbewerben, ist ein besonderes Augenmerk auf die Erstellung der Wettbewerbsausschreibungen, hinsichtlich der Verwendung und des verbundenen Mehraufwandes, zu legen.
- Idealerweise sollte der Einsatz von CityCalc durch die Wettbewerbs-betreuenden Büros erfolgen.
- Ein großes Zukunftspotential seitens des Projektteams bietet der intensivere Einsatz von CityCalc in der Lehre und Forschung, um somit Studenten, Lehrende und Forschende in punkto einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu unterstützen und zu sensibilisieren.

#### **2.3.3 Prozesseinbindung Wettbewerb**

Wie die Rückmeldungen der Wettbewerbsbegleitungen zeigen, wird in der Praxis die Begleitung des Wettbewerbs durch externe ExpertInnen bevorzugt. Dazu werden Energie-FachplanerInnen bereits in der Wettbewerbs-Vorbereitung hinzugezogen um gemeinsam mit den Auslobenden die energierelevanten Vorgaben und Zielsetzungen festzulegen. Je nach Wunsch der AuftraggeberInnen können auch weitere Nachhaltigkeitskriterien wie Tageslichtnutzung, sommerlicher Komfort, Lebenszykluskosten oder Freiraumqualität im Rahmen der CityCalc-Bewertung mitberücksichtigt werden. In der Vorbereitungsphase werden folgende Leistungen erbracht:

- Verankerung der Ziele und Anforderungen an Energieeffizienz und Nachhaltigkeit in den Auslobungsunterlagen. Festlegung der Bewertungskriterien. Grundsätzlich können beliebige Energiekennzahlen der Energieausweisberechnung nach OIB-Richtlinie 6 als Kriterien festgelegt werden. Aus der Erfahrung empfohlen werden die standortbezogenen Kennzahlen für Heizwärmebedarf, Kühlbedarf und Solarertrag.
- CityCalc-Umgebungsmodell: Erstellung eines vereinfachten 3D-Modells für die Bearbeitung mit SketchUp und reduziert auf die Erfordernisse des CityCalc-Tools. Von der umgebenden Bebauung werden nur jene Baukörper berücksichtigt die eine Verschattung der direkten und diffusen Sonneneinstrahlung auf das Planungsgebiet bewirken. Diese Baukörper werden geometrisch stark vereinfacht abgebildet. Weiters wird die Horizontverschattung durch ein außenliegendes 360°-Panorama abgebildet.

- Einrichtung und Anpassung des Basisprojekts in der Software ArchiPHYSIK als Grundlage für die energetische Bewertung. Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen und Zielsetzungen des Wettbewerbs (z.B. hinsichtlich Energieversorgung).

Die folgende Abbildung zeigt die Integration von CityCalc im Wettbewerbsverfahren. Auf freiwilliger Basis können die ArchitektInnen ebenfalls das CityCalc-Tool einsetzen um ihre Planung zu überprüfen oder zu optimieren. Um jedoch den Bearbeitungsaufwand für die TeilnehmerInnen nicht zu erhöhen wird empfohlen, die CityCalc-Modellierung durch externe Energie-FachplanerInnen im Zuge der Vorprüfung durchführen zu lassen. Dies umfasst folgende Schritte:

- Import Teilnehmerbeitrag als 2D-Entwurf in SketchUp
- Umwandlung in 3D-Modelle: Hochziehen, Vor- und Rücksprünge berücksichtigen, Bodenflächen schließen.
- Markierung (Einfärbung) unterschiedlicher bzw. zusammenhängender Gebäude.
- Festlegung Nutzungszonen
- Volumen-Kontrolle: Automatische Kontrolle ob die Volumina der Nutzungszonen geschlossen sind. Automatische Berechnung des Brutto-Rauminhalts
- Geschöß-Generator: Automatische Erzeugung von Geschößen (Sockelgeschöße und Regelgeschöße) durch Eingabe der Geschößhöhe oder der Geschößanzahl. Automatische Berechnung der Brutto-Geschößfläche pro Nutzungszone.
- Falls gewünscht, können für die Fassadenflächen unterschiedliche Typen zugewiesen werden, z.B. um unterschiedliche Fensteranteile zu berücksichtigen.
- Zuweisung des angelegten ArchiPHYSIK-Basisprojekts
- Export des CityCalc-SketchUp-Modells in ArchiPHYSIK: Allen Flächen wird eine eindeutige Kennung und ein Symbol für Verschattungswinkel hinzugefügt.

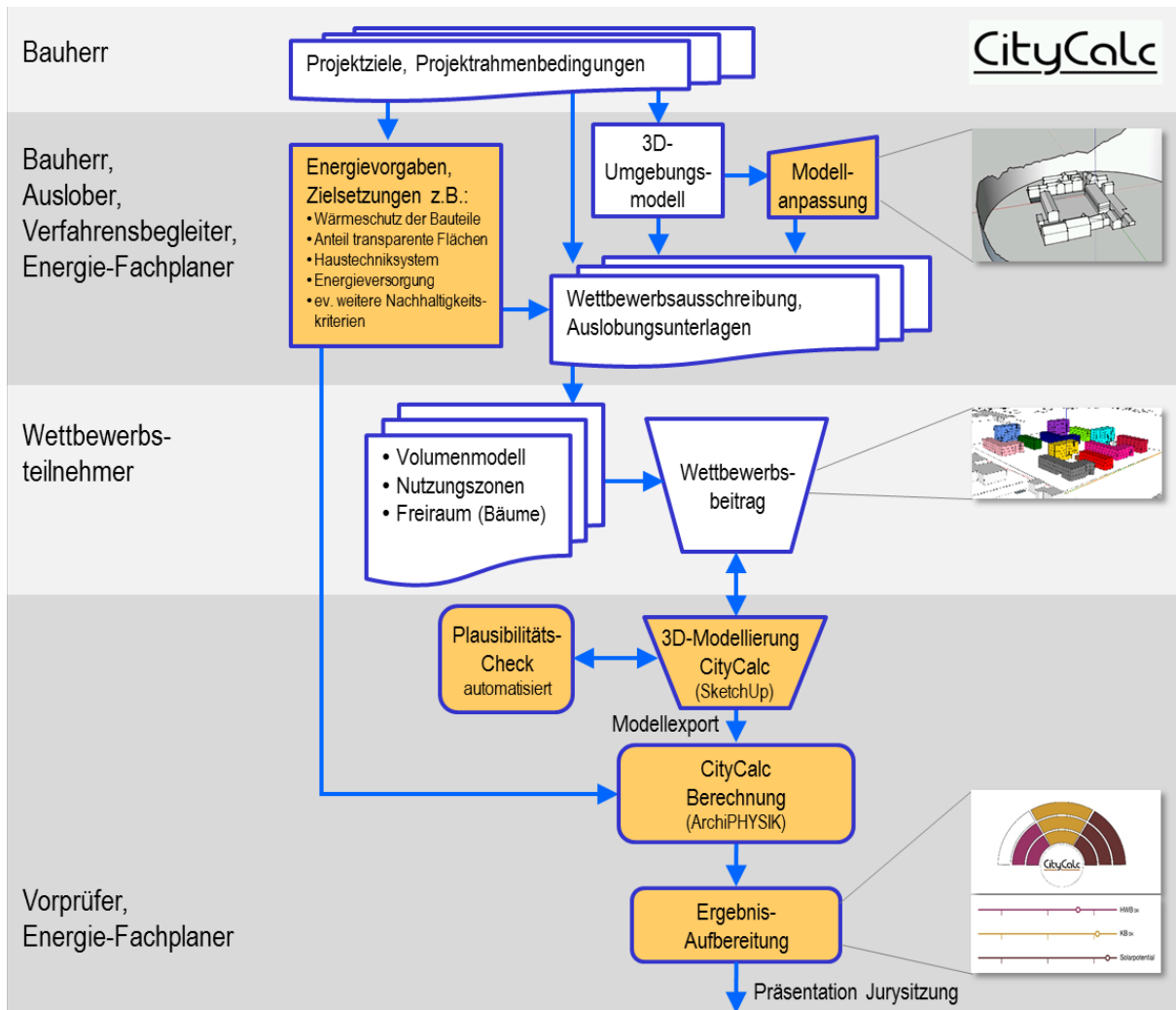


Abbildung 30: Einbindung von CityCalc in der Begleitung von Wettbewerben. Orange hinterlegte Felder markieren Arbeitsschritte mit dem CityCalc-Tool (Bild: R. Smutny, BOKU Wien)

In der Software ArchiPHYSIK werden die Energiekriterien automatisch in einer grafischen Ergebnisdarstellung aufbereitet, wobei die Skalierung individuell anpassbar ist. Falls weitere Nachhaltigkeitskriterien bewertet wurden können die Resultate ebenfalls in die Ergebnisgrafiken integriert werden.

Ein Mehrwert für das Wettbewerbsverfahren ergibt sich durch die automatische Flächen- und Volumenkontrolle des CityCalc-Tools. Dadurch erfolgt die Vorprüfung dieser Kennzahlen deutlich zeiteffizienter und die Werte können direkt in den Prüfungsbericht übernommen werden.

Die abschließenden Aufgaben der externen ExpertInnen sind die Zusammenführung aller Teilnehmerbeiträge und die Präsentation und Diskussion der aufbereiteten Beurteilung mit der Jury.

## 2.4 Einsatz als Planungsinstrument

### 2.4.1 Rahmenbedingungen und Anforderungen

Im Zuge der Experteninterviews und Stakeholder-Workshops wurden gezielt die Wünsche und Anforderungen an das zu entwickelnde Werkzeug abgefragt, um eine hohe Akzeptanz und rasche Verbreitung zu erzielen. Von Seite der ArchitektInnen wurden einige Werkzeuge genannt die in frühen Planungsphasen für die Optimierung der Baukörperform eingesetzt werden, beispielsweise Rhino, Ecotect und Grasshopper. Diese Tools sind jedoch aufgrund ihrer Komplexität nur bedingt für einen Einsatz in einem städtebaulichen Planungsverfahren geeignet. Für das CityCalc-Tool wurden folgende Wunschvorstellungen geäußert:

- Vereinfachte Geometrieingabe für einen praktikablen Einsatz in einem städtebaulichen Wettbewerb.
- 3D-Modell sollte auch weitere Ergebnisse liefern, da sonst kein Mehrwert vorhanden ist.
- Berechnung Energieeffizienz-Kennzahlen durch anerkannte Methoden und nach aktuellem Stand der Technik (z.B. OIB Richtlinie 6)
- Open Source oder zumindest geringe Kosten. Möglichst keine Verpflichtung zum Kauf von Software.
- Web-basierend
- Kompatibilität: Geeignete Schnittstellen (SketchUp, dwg, dxf,...)
- Variation von Parametern beispielsweise mit Schiebereglern.
- Ergebnisdarstellung direkt in der Modellierungsumgebung wäre sehr hilfreich, um die Auswirkungen von Änderungen und Varianten direkt erkennbar zu machen.

Aufgrund der Zielsetzung einer raschen Verbreitung des CityCalc-Tools wurde in der Startphase des Projekts beschlossen, nicht nur ein Bewertungswerkzeug für Wettbewerbe, sondern auch ein Planungswerkzeug für ArchitektInnen zu entwickeln. Um ein möglichst frei verfügbares Tool anbieten zu können, wurde entschieden, ein Plugin für die kostenfreie Version von SketchUp (Trimble, 2016) zu programmieren und die Energiekennzahlenberechnung mit der kostenfreien Demoversion von ArchiPHYSIK (A-Null Development, 2017) zu verknüpfen.

### 2.4.2 Prozesseinbindung Planung

Das CityCalc-Tool kann prinzipiell bei jeder frühen Planungsphase eingesetzt werden. Dies gilt sowohl für städtebauliche Planungsaufgaben als auch für die Entwicklung, die Vorbereitung und den Vorentwurf von Gebäuden.

Um die umgebende Bebauung zu berücksichtigen kann oftmals bereits auf 3D-Modelle der Stadtverwaltung zurückgegriffen werden. Die praktischen Erfahrungen zeigten jedoch, dass diese Umgebungsmodelle oft sehr detailliert sind und aufgrund der hohen Datenmenge eine weitere Bearbeitung stark verlangsamen. Daher hat es sich als günstig erwiesen, das vorhandene Modell auf die notwendigsten Inhalte zu reduzieren oder das Modell auf Basis der Bebauungspläne neu zu zeichnen. Für die Modellierung können 2D-Pläne als Hintergrundbilder in SketchUp eingelesen werden und sehr rasch in 3D-Modelle umgewandelt werden.

Für den Einsatz von CityCalc in der Planung wurde die Bearbeitung auf die wesentlichsten Schritte vereinfacht um eine zeitlich optimierte Handhabung zu ermöglichen:

- Erstellung Umgebungsmodell in SketchUp: z.B. auf Grundlage des Bebauungsplans
- Eingabe Horizontverschattung: Das umgebende Gelände wird als 360°-Panorama, rund um das Umgebungsmodell eingegeben. Zur Unterstützung wurde dafür im CityCalc-Tool ein Panoramagenerator entwickelt.
- Modellierung der Baukörper als simplifizierte geometrische Volumina. Unterschiedliche und zusammenhängende Baukörper können durch individuelle Farbzuzuweisung markiert werden.
- Fensteranteil: Da im Zuge der städtebaulichen Planung der Fensteranteil meist nicht festgelegt wird, müssen die Fenster bei der Baukörpermodellierung nicht eingezeichnet werden, sondern werden in der Berechnung automatisch durch einen Defaultwert mitberücksichtigt. Falls es jedoch gewünscht wird, für einzelne Fassadenflächen unterschiedliche Fensteranteile einzugeben, kann dies im Zuge der Modellierung durch Markierung der Fassadenflächen, Farbzuzuweisung und Deckkrafteingabe erfolgen.
- Festlegung von Nutzungszonen: Die Baukörper können in Wohnzonen und Nicht-Wohnzonen getrennt werden.
- Plausibilitäts-Check: Es erfolgt eine automatische Kontrolle ob die Volumina der Nutzungszonen geschlossen sind wobei auch der Brutto-Rauminhalt angezeigt wird.
- Geschoßeingabe: Zur Ermittlung der Brutto-Grundflächen, die als Bezugseinheit für die Energiekennzahlen erforderlich sind, wurde als Unterstützung ein sogenannter Geschoßgenerator entwickelt. Damit können beispielsweise Sockelgeschoße und Regelgeschoße durch Eingabe der Geschoßhöhe oder der Geschoßanzahl festgelegt werden.
- Angabe der Energieversorgung und Haustechnikanlagen: In ArchiPHYSIK wurden bereits mehrere Basisprojekte für den Einsatz von CityCalc angelegt. Diese Basisprojekte enthalten Angaben zur Gebäudetechnik und Energieversorgung und können in ArchiPHYSIK nach Belieben angepasst werden. Im CityCalc-Tool erfolgt dann lediglich die Zuweisung des gewählten Basisprojekts.
- Für die Berechnung der Energiekennzahlen wird das CityCalc-Modell aus SketchUp exportiert. Zur abschließenden Kontrolle werden dabei nochmals die wesentlichen geometrischen Kennzahlen angezeigt. Durch den Export werden alle Flächen mit einer eindeutigen Kennung versehen und es wird ein Symbol für die Verschattungswinkel hinzugefügt angezeigt. Weiters wird eine Datei generiert, die in ArchiPHYSIK eingelesen werden kann. Für einen Variantenvergleich ist es hilfreich auch die SketchUp-Datei mit unterschiedlichem Namen zu speichern.
- Die Anzeige der Energiekennzahlen erfolgt in ArchiPHYSIK wobei neben der vereinfachten Darstellung der Ergebnisse auch eine detaillierte Ausgabe im Format des Energieausweises möglich ist.

Für ArchitektInnen besteht mit dem CityCalc-Tool ein vielfältiger Nutzen und verschiedene Einsatzmöglichkeiten:

- Städtebauliche Planung: Im Rahmen eines Architekturwettbewerbs oder eines kooperativen Planungsverfahrens
- Ideenwettbewerb
- Bebauungsstudien
- Entwicklungs- und Vorbereitungsstudien für einzelne Neubauten z.B. für die Erarbeitung von Grundlagen eines Wettbewerbsverfahrens.
- Nachverdichtungsstudien
- Vorentwurf für sämtliche Neubauvorhaben

Neben der vereinfachten zeiteffizienten Nutzung des CityCalc-Tools können auch vertiefende Fragen oder Varianten untersucht werden, beispielsweise betreffend:

- Fensterflächenanteile
- Wärmeschutz der Gebäudehülle
- Energieversorgung
- HKLS-Anlagen
- PV-Nutzung, Solarer Deckungsgrad
- Visualisierung der Besonnung, z.B. mit SketchUp Plugin SunHours (siehe folgende Abbildung).

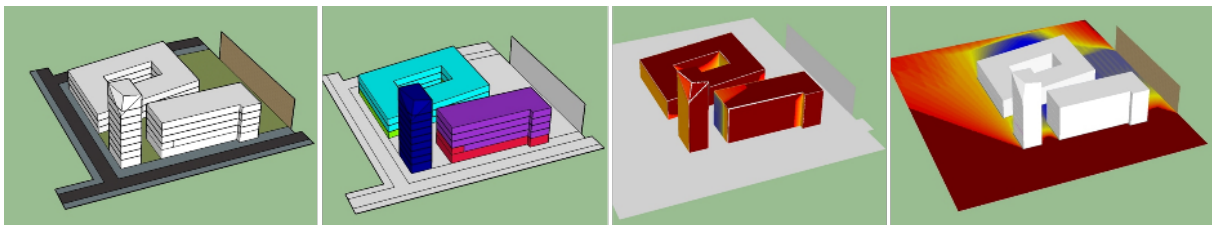


Abbildung 31: Modellierungsprozess CityCalc. Eingabe Bauvolumen und Nutzungszonen. Visualisierung der Besonnung von Baukörper und Freiraum mit SketchUp Plugin SunHours (Solid Green Consulting, Alex Hall).

Weiters bietet das CityCalc-Tool auch durch die Geometrieermittlung einen zusätzlichen Nutzen. Die automatisch berechnete Brutto-Grundfläche und der Bruttorauminhalt sind wesentliche Kennzahlen für die Kalkulation des Kostenrahmens.

## 3 Schlussfolgerungen

### 3.1 Erkenntnisse

Hinsichtlich der bestehenden Situation betreffend die Bewertung von Energie in städtebaulichen Wettbewerben bestätigen sich die im Antrag angeführten Probleme und Schwierigkeiten:

- Trotz prominenter Platzierung in den Wettbewerbsauslobungen spielen energetische Aspekte eine untergeordnete Rolle
- Wettbewerbsteilnehmer sehen im Kriterium Energie einen zusätzlichen Aufwand in ohnehin schon sehr aufwendigen Wettbewerbsverfahren
- Bewertungen finden hauptsächlich auf qualitativer Ebene statt
- Es fehlen durchgehende Strategien zur Implementierung energierelevanter Aspekte
- Es finden sich kaum EnergieexpertInnen in Projektentwicklung, Vorprüfung und Jury
- Die Qualität der Implementierung von energierelevanten Aspekten in Wettbewerben ist stark von der Art des Verfahren abhängig

Um die derzeitige Situation zu verändern sollten folgende Grundregeln für die Bewertung des Kriteriums „Energie“ in Architekturwettbewerben beachtet werden:

1. **Weniger ist mehr.** Der zusätzliche Aufwand für Wettbewerbsteilnehmer ist so gering wie möglich zu halten.
2. **Ist „nichts“ vielleicht alles?** Entwurfsimmanente Parameter wie Kompaktheit, Fensterflächenanteil und Orientierung müssen den Kern der Beurteilung darstellen. Dämmstärken, Sonnenschutz oder Haustechnikkonzepte sind in derart frühen Planungsphasen noch zu starken Änderungen unterworfen, sodass deren Bewertung wenig zielführend ist.
3. **Quantitativ vor qualitativ.** Eine zahlenmäßige Bewertung der unterschiedlichen Projekte ist zwingend erforderlich, um stichhaltige Aussagen treffen zu können. Rein qualitative Bewertungen sind oftmals schwierig.
4. **Probieren geht über Studieren.** Wettbewerbsteilnehmern ist die Möglichkeit zu geben, ihre Entwürfe hinsichtlich Energieeffizienz auf eine in der Auslobung festgelegte Zielgröße (oder darüber hinaus) mit dem in der Vorprüfung eingesetzten Bewertungsinstrument zu optimieren.
5. **Expertenmeinung zählt.** Persönliche Aussagen und Einschätzungen von Experten werden in Preisgerichtssitzungen besser wahrgenommen als umfassende Ausarbeitungen im Vorprüfungsbericht.
6. **Energie ist nicht alles.** Die Energieeffizienz eines Wettbewerbsprojekts ist lediglich ein Kriterium von vielen, die seine gesamte Qualität bestimmen. Es gilt, energetisch ungünstige Entwürfe zu identifizieren und auf deren Probleme hinzuweisen. Punktuelle Nachbesserungsaufträge können im weiteren Planungsverlauf vorgenommen werden.

Mit CityCalc konnte eine Lücke bei der energetischen Bewertung von städtebaulichen Wettbewerbsprojekten bzw. Projekten in frühen Planungsphasen (Entwurf, Vorentwurf) geschlossen werden. Der bereits im Forschungsprojekt „Integration Energierrelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben (IEAA)“ gewählte Ansatz einer stark vereinfachten quantitativen Bewertung konnte weiterentwickelt werden und um die Aspekte Fremd- und Eigenverschattung, sowie der Darstellung des Potentials für aktive Solarenergienutzung erweitert werden. Das dreidimensionale Gebäudemodell erleichtert die Geometrieingaben und reduziert fehlerhafte Eingaben. Des Weiteren kann das dreidimensionale Gebäudemodell auch für andere Aspekte (z.B. Schallausbreitung, Windsimulationen, Kostenberechnung) als Bewertungsgrundlage herangezogen werden.

### **3.2 Empfehlungen für den Einsatz von CityCalc**

Auf Grund der Erfahrungen bei der Begleitung von Architekturwettbewerben und zahlreichen Gesprächen und Workshops mit Stakeholdern (Auslobern, ArchitektInnen, VorprüferInnen) gibt das Projektteam folgende Empfehlungen für den Einsatz von CityCalc:

- Exaktes Arbeiten und ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen bzgl. der 3D-Modellerstellung stellt die Grundlage für einen funktionierenden Export und die Berechnung in ArchiPHYSIK dar. Fehlerhafte 3D-Modelle führen zu großen Fehlern bei der Bewertung.
- CityCalc sollte nur von eingeschulten Experten angewendet werden, dasselbe gilt für die Interpretation und Auswertung der quantitativen Ergebnisreihen.
- Die Eingabe der 3D-Modelle sollte im Rahmen der Vorprüfung entweder durch VorprüferInnen oder durch extern hinzugezogene Expertinnen erfolgen.
- Von einer Eingabe der 3D-Modelle seitens der WettbewerbsteilnehmerInnen wird abgeraten, da wie zuvor erwähnt Expertise erforderlich ist. Des Weiteren müsste die Vorprüfung trotzdem sämtliche von den WettbewerbsteilnehmerInnen erstellten 3D-Modelle überprüfen.
- Die Bearbeitungszeit und der Bearbeitungsaufwand mit CityCalc (Modellbildung, Zuweisung, Export, Auswertung, etc.) stellt eine zusätzliche Leistung für die Vorprüfung dar, die entsprechend zu honorieren ist.
- Um den Aufwand für alle Beteiligte zu reduzieren sollte eine Bewertung mit CityCalc nur für eine begrenzte Anzahl von Wettbewerbsprojekten erfolgen. So könnten bei zweistufigen Wettbewerbsverfahren nur Projekte der zweiten Stufe mit CityCalc bewertet werden. Bei einstufigen Wettbewerben könnte nur eine begrenzte Anzahl der bestgereihten Projekte (z.B. Projekte die in die letzte Bewertungsrunde kommen) bewertet werden.
- Für einen erfolgreichen Einsatz von CityCalc in zukünftigen städtebaulichen Wettbewerben, ist ein besonderes Augenmerk auf die Erstellung der Wettbewerbsausschreibungen, hinsichtlich der Verwendung und des verbundenen Mehraufwandes, zu legen.
- Neben dem Einsatz als reines Bewertungstool steht mit CityCalc auch ein einfaches Planungsinstrument für frühe Planungsphasen zur Verfügung. CityCalc eignet sich



mit seinem niederschweligen Zugang sowohl für PlanerInnen als auch für Ausbildungszwecke an Schulen und Universitäten. Das Projektteam sieht ein großes Zukunftspotential beim Einsatz von CityCalc in der Lehre und Forschung, da Studenten, Lehrende und Forschende in Punkto einer nachhaltigen Stadtentwicklung unterstützt und sensibilisiert werden können.

## 4 Ausblick und Empfehlungen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde von einigen StakeholderInnen und AkteurInnen des Wettbewerbswesens angeregt, CityCalc um andere Bewertungsaspekte zu erweitern, da dadurch Synergieeffekte entstehen, die den Aufwand für alle AkteurInnen im Wettbewerbsbereich minimieren könnten. Auf Grund seines modularen Aufbaus und der offenen Programmstruktur könnte das CityCalc-Tool um folgende Nachhaltigkeitsaspekte erweitert werden:

- Lebenszykluskosten
- Ökobilanzierung
- Verknüpfung mit BIM und IFC
- Schallausbreitung
- Windsimulation

Die Erkenntnisse im CityCalc-Projekt zeigen, dass zukünftige Planungs- und Bewertungsinstrumente auf Basis von dreidimensionalen Gebäudemodellen erstellt werden sollten. Der Schritt von einer zweidimensionalen zu einer dreidimensionalen Gebäudeplanung (mit einem digitalen 3D Modell für alle Planungsbeteiligten) eröffnet zahlreiche Vorteile zur Verknüpfung von Daten aus allen Bereichen des Bauens (Energie, Ökologie, Klima, Kosten, etc.). BIM (Building Information Modeling) bietet daher nicht nur für die Bauwirtschaft und das Facilitymanagement große Vorteile sondern kann auch als Instrument zur ökologischen und energetischen Optimierung von Gebäuden und Gebäudeverbänden werden. Eine zukünftige Herausforderung wird darin bestehen durchgängige, auf einander aufbauende Planungs- und Bewertungstools zu entwickeln, die ein kontinuierliches Arbeiten (vom Vorentwurf bis zum Gebäudebetrieb) an einem Gebäudemodell gewährleisten können.

Um den Aspekt der energieeffizienten Gestaltung von Gebäuden und Gebäudeverbänden nachhaltig in frühen Planungsphasen und insbesondere im Wettbewerbswesen verankern zu können, bedarf es neben der technischen Weiterentwicklung von Planungs- und Bewertungsinstrumenten vor allem Strategien, die energierelevanter Aspekte in diesen frühen Planungsphasen stärken. AusloberInnen, WettbewerbsbetreuerInnen, VorprüferInnen und nicht zuletzt die WettbewerbsteilnehmerInnen benötigen klare Rahmenbedingungen für den Umgang mit energetischen Aspekten in Architekturwettbewerben. Grundsätzlich ist eine Einbeziehung von EnergieexpertInnen von der Projektentwicklungsphase bis zur Jurierung zu empfehlen. Um eine stärkere Integration zu gewährleisten, sollte insbesondere bei Verfahren die einen starken Focus auf Energieeffizienz legen, ein zusätzliches Budget (für WettbewerbsbetreuerInnen und TeilnehmerInnen) für die Durchführung von Wettbewerbsverfahren eingeplant werden.

Es ist auch anzumerken, dass in der Architekturausbildung energierelevanten Entwurfsaspekten in frühen Entwurfsphasen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Softwaretools wie CityCalc bieten auf Grund ihres niederschweligen Zugangs, der einfachen Bedienbarkeit und des geringen Zeitaufwandes eine gute Möglichkeit das Thema des energieeffizienten Entwerfens in den Ausbildungsstätten für PlanerInnen nachhaltig zu implementieren.

# 5 Verzeichnisse

## 5.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Dreidimensionales Einsatzmodell mit vorgegebenem Bauplatz als Grundlage für die Darstellung der Baukörper und deren anschließende quantitative energetische Bewertung. (Bild: K. Battisti, A-NULL) .....	15
Abbildung 2: Wechselseitige Verschattung von Baukörpern in innerstädtischen Lagen. (Bild: K. Battisti, A-NULL) .....	16
Abbildung 3: Entscheidungsfreiheit und Folgekosten in Verlauf von Projektphasen .....	17
Abbildung 4: Methodische Wechselwirkungen und Auswirkungen auf die Definition von Arbeitspaketen .....	21
Abbildung 5: Typisches Massenmodell bei städtebaulichen Architekturwettbewerben. Quelle: Wettbewerbsmodell für den städtebaulichen Wettbewerb: Wohnanlage Alte Poststraße, Mai 2014. obereder/staller architektur zt gmbh.....	24
Abbildung 6: Ergebnisdarstellung in der Basisvariante mit den Kategorien Heizwärmebedarf, Kühlbedarf und Solarpotential .....	26
Abbildung 7: Ergebnisdarstellung in der Detailvariante mit den zusätzlichen exemplarischen Kategorien Tageslichtnutzung, Nutzerkomfort, Überwärmungsneigung und Freiraumverschattung.....	27
Abbildung 8: 3D-Modell CityCalc zur energetischen Bewertung. Bebauungskonzept Energy City Graz-Reininghaus. Projekt „Rahmenplan Energie - ECR“, TU Graz, Inst. f. Städtebau, Basisbild: ht-vis architekturvisualisierung, Wettbewerbsergebnisse Quartier 1 und 4a: Atelier Thomas Pucher ZT GmbH. Quartier 5: Pentaplan ZT-GmbH. 3D-Modell CityCalc: Kurt Battisti, A-Null Development GmbH.....	28
Abbildung 9: Vergleichsbetrachtung der untersuchten Wettbewerbsbeiträge (Bilder: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl) .....	33
Abbildung 10: Verschattung an drei Zeitpunkten des Jahres (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl; Software: Delta Codes, 2017) .....	34
Abbildung 11: Vergleichsbetrachtung Energie: Nutzungsgrad solare Einstrahlung (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl) .....	35
Abbildung 12: Vergleichsbetrachtung Energie: Energiebedarf Raumkonditionierung (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl) .....	36
Abbildung 13: Wettbewerbsareal, inkl. umliegender verschattend wirkender Bebauung (vereinfacht dargestellt als Volumskörper) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl) .....	37
Abbildung 14: Vergleichsbetrachtung der untersuchten Wettbewerbsbeiträge (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl).....	38
Abbildung 15: Energiekennzahlen auf Nutzenergieebene; Vergleichsdarstellung der untersuchten Projekte (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl) .....	39
Abbildung 16: Darstellung der Verschattungswirkung anhand des mittleren Verschattungsgrads aller Fassaden je Himmelsrichtung (0...vollständig verschattet, 1...keine Verschattungswirkung) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl) .....	39

Abbildung 17: Verschattungsstudie (verschattete Zeit) für die untersuchten Projekte am 21.12.; isometrische Darstellung (Betrachtung aus Süd-West) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl; Software: DeltaCodes, 2017) .....	40
Abbildung 18: Detaildarstellung zur Verschattungsstudie (verschattete Zeit) für Projekt 42 am 21.12.; isometrische Darstellung aus Süd-Ost (links) bzw. Süd (rechts) (Bild: M. Gratzl, Ingenieurbüro Gratzl).....	41
Abbildung 19: Lage der zwei Grazer Smart City Zielgebiete (Bild: Google Earth; Bearbeitung: M. Malderle, TU Graz).....	44
Abbildung 20: Übersicht der einzelnen Entwicklungsvorhaben innerhalb des Smart City Zielgebiets Graz West (Bild: Smart City Graz).....	44
Abbildung 21: Luftaufnahme der Smart City Graz – Waagner-Biro (rot umrandet). Rot hinterlegt das „Baufeld Süd“ (Bild: Google Earth; Bearbeitung: M. Malderle TU Graz).....	44
Abbildung 22: Übersicht der einzelnen Entwicklungsvorhaben in der Smart City Graz – Waagner-Biro. rot umrandet das Siegerprojekt (Architekturbüro Pentaplan) im „Baufeld Süd“ (Bild: Stadtbaudirektion Graz).....	45
Abbildung 23: Visualisierung des erstplatzierten Projektes (Bild: Smart City Graz).....	46
Abbildung 24: Rang 01 (Pentaplan ZT-GmbH) 3D-SketchUp-Modell „Gebäude“ (links) und „Nutzungen“ (rechts) (Bild: M. Malderle, TU Graz).....	47
Abbildung 25: Rang 02 (Love Architecture) 3D-SketchUp-Modell Modell „Gebäude“ (links) und „Nutzungen“ (rechts) (Bild: M. Malderle, TU Graz).....	47
Abbildung 26: Rang 03 (Nussmüller Architekten ZT GmbH) 3D-SketchUp-Modell Modell „Gebäude“ (links) und „Nutzungen“ (rechts) (Bild: M. Malderle, TU Graz).....	47
Abbildung 27: CityCalc-Bewertungsergebnisse Rang 01 (Pentaplan ZT-GmbH) (Bild: M. Malderle, TU Graz).....	48
Abbildung 28: CityCalc-Bewertungsergebnisse Rang 02 (Love Architecture) (Bild: M. Malderle, TU Graz).....	48
Abbildung 29: CityCalc-Bewertungsergebnisse Rang 03 (Nussmüller Architekten ZT GmbH) (Bild: M. Malderle, TU Graz).....	48
Abbildung 30: Einbindung von CityCalc in der Begleitung von Wettbewerben. Orange hinterlegte Felder markieren Arbeitsschritte mit dem CityCalc-Tool (Bild: R. Smutny, BOKU Wien).....	51
Abbildung 31: Modellierungsprozess CityCalc. Eingabe Bauvolumen und Nutzungszonen. Visualisierung der Besonnung von Baukörper und Freiraum mit SketchUp Plugin SunHours (Solid Green Consulting, Alex Hall). .....	54

## 5.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Daten zum Wettbewerbsvorhaben „Smart City Graz - Waagner-Biro, Baufeld Süd“ (ArchIng, 2017).....	43
---	----

### 5.3 Literaturverzeichnis

A-NULL Bausoftware: ArchiPHYSIK. Software für Energieausweis und Bauphysik. 2017. Online im Internet: URL: [www.archiphysik.com](http://www.archiphysik.com) [abgerufen am 25.04.2017; 15:30]

Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten (ArchIng): architekturwettbewerb.com, Smart City Graz - Waagner-Biro, Baufeld Süd. Online im Internet: URL: <http://www.architekturwettbewerb.at/competition.php?id=1449> [abgerufen am 25.04.2017, 13:00]

BMVBS (Hrsg.): Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben (SNAP). Berlin, 2013. Online im Internet: URL: <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2013/SNAP.html> [abgerufen am 15.05.2017, 11:00]

Bußwald, P: Zu Energierlevanten Aspekten der Entstehung und Zukunft von Siedlungsstrukturen und Wohngebäudetypen in Österreich (ZERSiedelt). Neue Energien 2020, Projekt 822099. Leoben, 2011. Online im Internet: URL: <http://www.zersiedelt.at/zersiedelt-projektpublikationen-praesentationen-support-measures.php> [abgerufen am 15.05.2017, 11:00]

DeltaCodes: ShadowAnalysis. PlugIn für SketchUp. 2017. Online im Internet: URL <http://deltacodes.pl/en> [abgerufen am 25.04.2017; 14:00]

Fröhler, R.: rf-Wärme. Online im Internet: URL: [http://www.neat-ingenieure.de/team\\_robertfroehler\\_software.html](http://www.neat-ingenieure.de/team_robertfroehler_software.html) [abgerufen am 15.05.2017, 11:30]

Fuchs, M.; Hartmann, F.; Henrich, J.; Wagner, C.; Zeumer, M.: SNAP Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben. Endbericht Zukunft Bau, 2013.

Goretzki, P: GOSOL. Das solar+energetische Städtebausimulationsprogramm. Online im Internet: URL: <http://www.gosol.de/gosol.htm> [abgerufen am 15.05.2017, 11:30]

Gratzl, M.; Battisti, K.; Smutny, R.; Treberspurg, M.: Energieeffizienz in Architekturwettbewerben. Wettbewerbe Architekturjournal, Ausgabe 316, Ausgabe 5/2014.

Gratzl, M.; Battisti, K.; Smutny, R.; Sattler, S.; Treberspurg, M. : Städtebauliche Wettbewerbe mit Energieeffizienz. Wettbewerbe Architekturjournal, Ausgabe 328, 5/2016

Gratzl, M.; Battisti, K.; Smutny, R.; Sattler, S.: Energie verschwendet? Energie in Architekturwettbewerben. Wettbewerbe Architekturjournal, Ausgabe 328, 5/2016.

Hansestadt Hamburg: LeNA - Leitfaden Nachhaltigkeitsorientierte Architekturwettbewerbe. Hamburg 2011. Online im Internet: URL: <http://www.ee-concept.de/files/leitfaden-komplett.pdf> [abgerufen am 15.05.2017, 11:00]

Hausladen, G. (Hrsg.); Riemer, H.; Drittenpreis, J.: KlimaDesignCompetition. Methodik zur Durchführung von Architekturwettbewerben. München, 2010.

Hausladen, G. (Hrsg.); Zadow, O.; Lesser, A: GemEB - Ein Softwarewerkzeug für den Energienutzungsplan zur Berechnung von Energiebedarfsdichten in Siedlungsgebieten. München, 2012. Online im Internet:

[http://www.bk.ar.tum.de/fileadmin/w00bky/www/Forschung/Stadt\\_und\\_Energie/GemeindeEnergieBeratung\\_Bericht.pdf](http://www.bk.ar.tum.de/fileadmin/w00bky/www/Forschung/Stadt_und_Energie/GemeindeEnergieBeratung_Bericht.pdf) [abgerufen am 15.05.2017, 11:30]

Kautz, S.; Hamader, H.; Emrich, H.; Zeller, R.; Stöglehner, G.; Erker, S.: Energieausweis für Siedlungen. Bedienungsanleitung. St. Pölten, 2014. Online im Internet: URL:

<http://www.energieausweis-siedlungen.at/wp-content/uploads/2014/03/Energieausweis-f%C3%BCr-Siedlungen-2.0-Handbuch.pdf> [abgerufen am 15.05.2017, 11:30]

Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB; Hrsg.): OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Wien, 2015. Online im Internet: URL: <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2015/oib-richtlinie-6> [abgerufen am 15.05.2017, 13:00]

Rainer, E.; Schnitzer, H.; Mach, T.; Wieland, T.; Reiter, M.; Schmutzner, E.; Fickert, L.; Passer, A.; Kreiner, H.; Oblak, H.; Lazar, R.; Duschek, M.; Heimrath, R.; Lerch, W.; Maier, S.; Gratzl-Michlmair, M.; Tatzber, F.; Maydl, P.; Sonnek, I.; Narodoslawsky, M.; Nakova, A.; Malderle, M.; Bormes, Y.; Schnalzer, M.; Martin, C.; Hofbauer, K.: Rahmenplan\_Energie\_Energy City\_Graz-Reininghaus. Endbericht Haus der Zukunft Plus 1. Ausschreibung. Graz, 2016.

Saringer-Bory, B.; Mollay, U.; Neugebauer, W.; Pol, O.: SmartCitiesNet. Evaluierung von Forschungsthemen und Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen für "Smart Cities". Berichte aus Energie- und Umweltforschung 38/2012. Wien, 2012. Online im Internet: URL: [www.smartcities.at/assets/02-Stadtprojekte/endbericht-1238-smartcitiesnet.pdf](http://www.smartcities.at/assets/02-Stadtprojekte/endbericht-1238-smartcitiesnet.pdf) [abgerufen am 15.05.2017, 13:00]

Schweizer Ingenieur- und Architektenverein (SIA): SNARC - Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt. 2004. ISBN 978-3-908483-78-6.

Solid Green Consulting: SunHours. A SketchUp PlugIn for Visualising Sunlight Hours. 2017. Online im Internet: URL <http://sunhoursplugin.com> [abgerufen am 25.04.2017; 14:00]

Staller, H.; Tritthart, W.; Gratzl-Michlmair, M.; Mach, T.; Treberspurg, M.; Djalili, M.; Smutny, R.: Integration Energierrelevanter Aspekte in Architekturwettbewerben (IEAA). Klima- und Energiefonds, Programmlinie Energie der Zukunft. Graz, 2010.

Treberspurg, M.: „Neues Bauen mit der Sonne: Ansätze zu einer klimagerechten Architektur“, Springer Verlag, 1994.

Treberspurg, M.: „Architekturwettbewerbe unter energetischen und ökologischen Bedingungen“, Wettbewerbe Architekturjournal, Ausgabe 153/154. Wien, 1996.

Trimble, 2016, SketchUp Make, Version 17

## **6 Anhang**

### **6.1 State of the Art Report**

### **6.2 CityCalc - Handbuch für BenutzerInnen**

### **6.3 CityCalc – CAD Verbindung ArchiPHYSIK und Trimble SketchUp**

### **6.4 Filme unter <http://citycalc.com/>**


#### **6.4.1 Sketch UP**

#### **6.4.2 CityCalc@SketchUp**

#### **6.4.3 CityCalc@ArchiPHYSIK**

Sämtliche oben angeführten Anhänge sind auch auf der Projekthomepage verfügbar:

**<http://citycalc.com/>**



**Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie**  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien  
[bmvit.gv.at](https://www.bmvit.gv.at)