

Dieses Projekt wurde durch den Europäischen Sozialfonds gefördert.



Europäische Union

Europa fördert Sachsen.



Europäischer Sozialfonds



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Abschlussbericht 2022

VARIUS - BIM-basierte Variantenauswertung durch Simulation

Laufzeit: 01.07.2019 – 30.06.2022

Projektpartner:

Technische Universität Dresden, Institut für Bauklimatik (IBK)

AEC3 Deutschland GmbH

BauProjekt Dresden GmbH

TragWerk Software Döking+Purtak GbR

Datum: 22.09.2022



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



INSTITUT FÜR
BAUKLIMATIK



Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	3
1.1 Übergeordnete Projektziele	3
1.2 Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele	3
1.2.1 TragWerk Software	4
1.2.2 AEC3	4
1.2.3 BauProjekt Dresden	5
1.3 Verzögerungen aufgrund besonderer Vorkommnisse	6
2 wissenschaftlich-technische Ergebnisse	7
2.1 TU Dresden	7
2.1.1 Gesamtprojektplanung und Koordination	7
2.1.2 Kennwerte-Modell: Schema für Kennwerte und deren Verknüpfungsregeln	8
2.1.3 Stammdatenbank für Kennwerte und Regeln im Bereich Energieeffizienz	8
2.1.4 Schnittstelle EnergyPlus / NANDRAD zu Kennwerte-Modell	9
2.1.5 Schnittstelle BIM-LV-Container (DIN SPEC 91350) zu Kennwerte-Modell	10
2.1.6 Verlinkung von Kennwerte-Modell mit IFC-Daten	10
2.1.7 Schemaimport Kennwerte-Modell	11
2.1.8 Planungsbegleitendes Kennwerte-Management	12
2.1.9 Bauphysikalische Simulationen	28
2.1.10 Validierung des KP-Modells	29
2.1.11 Iterative Nutzerevaluierung und Softwareanpassung	29
2.1.12 Abschließender Testlauf und Demonstrator	29
2.2 TragWerk Software	29
2.2.1 Projekt erstellen	29
2.2.2 Kennwerte importieren	30
2.2.3 Parameter anlegen	31
2.2.4 Varianten anlegen und navigieren	32
2.2.5 Dokumente importieren und mit Varianten verknüpfen	33
2.2.6 Simulationen erstellen und anfragen	33
2.2.7 Simulationsergebnisse importieren	34
2.2.8 Dashboard erstellen	35
2.2.9 Dashboard visualisieren	35
2.3 AEC3	36
2.3.1 Kennwerte-Modell: Schema für Kennwerte und deren Verknüpfungsregeln	36
2.3.2 Stammdatenbank für Kennwerte und Regeln im Bereich Energieeffizienz	36
2.3.3 Schnittstelle EnergyPlus / NANDRAD zu Kennwerte-Modell	36
2.3.4 Schnittstelle BIM-LV-Container (DIN SPEC 91350) zu Kennwerte-Modell	38
2.3.5 VARIUS-Explorer Kennwertemanager Software-Applikation	40
2.3.6 Verlinkung von Kennwerte-Modell mit IFC-Daten	41
2.3.7 Variantenmodell: Schema zur Komposition multimodellbasierter Varianten	41
2.3.8 GUI zur Kennwerteverisualisierung	41
2.3.9 Planungsbegleitendes Kennwerte-Management	41
2.3.10 Objektplanung mit Varianten	42
2.3.11 Variantenauswertung und Entscheidungsprozesse	44
2.3.12 Validierung des KP-Modells	45
2.3.13 Iterative Nutzerevaluierung und Softwareanpassung	45
2.4 BauProjekt Dresden	46
2.4.1 Projekt anlegen	46
2.4.2 Kennwerte anlegen	47
2.4.3 Varianten anlegen	48
2.4.4 Dokumente importieren	48

2.4.5	Simulationen anfragen und importieren	49
2.4.6	Präsentation	50
2.4.7	Fazit	50
3	Darstellung anderer wesentlicher Ereignisse	52
3.1	Eingesetzte Methoden, Maßnahmen zur Qualitätssicherung	52
3.2	Ergebnisse und Dokumentation.....	52
3.3	Beachtung von Grundsätzen/Querschnittsaufgaben	53
3.4	Verwandte Forschung	53
4	Vergleich mit dem Arbeitsplan.....	54
5	Anwendungsmöglichkeiten und Verwertung	55
5.1	Anwendungsmöglichkeiten der Projektergebnisse	55
5.2	Geplante wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse	56
5.2.1	TragWerk Software.....	56
5.2.2	AEC3	57
5.2.3	BauProjekt Dresden	57
6	Anhang	58

1 ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Übergeordnete Projektziele

Energieeffizientes und ressourcenschonendes Bauen muss mit dem politischen Anliegen, bezahlbaren Wohnraum zu schaffen, in Einklang gebracht werden. In Kombination mit ansprechender Architektur ergeben sich komplexe Planungsaufgaben, die mit den Mitteln des digitalen Planen und Bauens (Building Information Modeling, BIM) unterstützt werden müssen.

Die Erfordernisse von Bauherren und Betreibern werden dabei durch das Softwaresystem VARIUS-Explorer bewertet. Das Tool arbeitet als Entscheidungsunterstützung für den Bauherrn (vgl. Abbildung 1), indem es Planungsvarianten mit genau den von ihm erwarteten Kennzahlen prägnant und mit einfacher Bedienung präsentiert. Dadurch können auf dieser Ebene Entscheidungen im Planungsprozess fundierter getroffen werden als durch die Vorlage von Plänen, Listen und Diagrammen (Überinformation). Varianten des Gebäudes (Geometrie, Material, Heiz- und Lüftungssystem, Nutzerverhalten usw.) können so auf Basis aktuellster Planungsmethoden im Zuge eines aktiven Decision Making quantitativ bewertet werden.

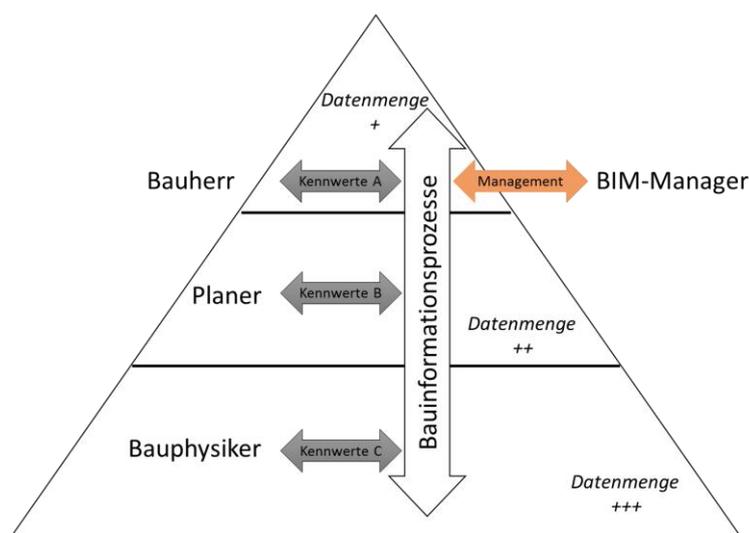


Abbildung 1: Akteure der Bauinformationsprozesse zur Variantenerstellung und Kennwerteermittlung

Die Entwicklung, Bewerbung und Anwendung des VARIUS-Explorers am Standort Sachsen liefert regionalen Simulationsexperten, Planern und Bauherren einen Wissens-, Prozess- und Technologievorsprung gegenüber ihren nichtsächsischen Mitbewerbern.

1.2 Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Hauptziel des VARIUS Projektes war die Entwicklung eines Softwaretools zur Entscheidungsunterstützung während der Entwurfsphase. Dieses Tool soll zum einen Fachplanern, darunter Objektplaner, Bauphysiker, Planer der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) u.a., zur Verfügung gestellt werden, um sie bei der Entwicklung, Dokumentation und Visualisierung von Planungsvarianten zu unterstützen. Zum anderen soll das Tool Bauherren die Entscheidungsfindung im Dialog mit den Fachplanern erleichtern.

Dies wurde realisiert, indem Entwurfsvarianten eines Projektes mit prägnanten Kennzahlen versehen, durch die Werkzeuge übersichtlich aufgearbeitet, visualisiert und somit vergleichbar gemacht wurden.

1.2.1 TragWerk Software

Die Projektziele von TragWerk Software (TWS) lagen dabei auf folgenden Hauptpunkten:

- Erstellen eines Datenmodells von Kennwerten und Kennwertaggregationen – Kennwertmodell
- Entwickeln einer **Softwarelösung** zur Verknüpfung (engl. Links) der Kennwertdaten mit Daten aus anderen Planungsmodellen (z.B. Gebäudedaten in IFC, Leistungsverzeichnisse in GAEB) – **Kennwerte-Manager**
- Entwickeln einer **Softwarelösung** für das Management von Varianten (Vergleichen, Komponieren und Auswählen) – **Varianten-Manager**
- Entwickeln einer **Softwarelösung** zur Entscheidungsunterstützung: Visualisieren und Präsentieren von Kennwertemodellen und deren Links über mehrere Varianten – **VARIUS-Explorer**

Im Laufe der Projektbearbeitung wurde die Erkenntnis gewonnen, dass die einzelnen Softwarekomponenten besser in einer gemeinsamen Webplattform organisiert werden müssen. Um die Arbeitsabläufe sichtbar abzubilden, ergab sich außerdem die Notwendigkeit, eine simple Simulationsverwaltung als zentrale Prozessunterstützung zu entwickeln.

Innerhalb des letzten Projekthaltjahres wurden die Arbeiten an dieser Prozessunterstützung abgeschlossen und die Gesamtplattform evaluiert. Dazu wurde am Referenzprojekt mit allen Partnern der Gesamtprozess inkl. Daten durchgeführt, auftretende Fehler behoben und das Ergebnis in Form eines Videos dokumentiert.

1.2.2 AEC3

Auf der technischen Ebene sollte im Rahmen der Software-Landschaft im Fachkomplex Softwareentwicklung der Bauherren-Varianten-Navigator „VARIUS-Explorer“ implementiert werden. Zusätzlich sollten die Anwendungen „Kennwerte-Manager“ für den BIM-Manager und „Varianten-Manager“ für den Architekten im Rahmen des VARIUS-Explorers entstehen. Diese Ziele wurden in der um 6 Monate verlängerten Laufzeit erreicht. Die Umsetzung des ersten Bausteins – des „Kennwerte-Managers“, lag primär in der Verantwortung der AEC3 Deutschland GmbH und wurde in die BIMQ Softwarelösung integriert. Der Fokus der Arbeiten der AEC3 Deutschland GmbH lagen auf technischen und inhaltlichen Themen. Zusätzlich wurde Unterstützung für vermarktungsrelevanten Themen insbesondere zum Projektende geleistet. Zu diesen Themen gehören:

- Anforderungsanalyse sowie Umsetzung und IT-technische Aufbereitung der Anforderungen in Abstimmung mit den Projektpartnern
- auf technischer Ebene und in Kooperation mit der TragWerk Software GmbH: die Schnittstellendefinition zwischen der Kennwertedatenbank und dem Varianten-Manager
- auf inhaltlicher Ebene und in Kooperation mit dem Institut für Bauklimatik und der BauProjekt Dresden GmbH: die Befüllung der Kennwertedatenbank mit Kennwerten und wichtigen Entwurfsparametern.
- auf technischer Ebene und in Kooperation mit der Bauprojekt Dresden GmbH: Arbeiten zum teilautomatisierten Variantenvergleich in Bezug auf Mengen- und Kostenberechnung.
- auf technischer Ebene und in Kooperation mit der TragWerk Software GmbH: die Umsetzung der Softwareanpassungen im Kennwertemanager für eine optimierte Filterabfrage des Varius-Explorers.
- auf inhaltlicher Ebene und in Kooperation mit der TragWerk Software GmbH und der Bauprojekt Dresden GmbH: Verbesserung und Erweiterung der Such- und Filterfunktionalität in BIMQ.

- auf technischer Ebene und in Kooperation mit der TragWerk Software GmbH: Kopplung des Varius-Variantenmanagers mit dem Kennwertemanager und weitere Optimierung der Softwarelösung.
- auf inhaltlicher/vermarktungsrelevanter Ebene und in Kooperation mit der TragWerk Software GmbH und der Bauprojekt Dresden GmbH: Durchführung von Tests und gemeinsame Auslotung von Vermarktungschancen und Kooperations- bzw. Einsatzmöglichkeiten mit Bauprojekten.

Die genannten Aufgaben gehören primär zu dem im Projektantrag beschriebenen Fachkomplexen (a) Softwareentwicklung und (b) Software- Kalibrierung am Pilot-Planungsprojekt.

Weiterhin lag ein starker Fokus auf der Anwendung des OpenBIM-Ansatzes und damit vorrangig offenem Datenstandards und Schnittstellen. Dieser Aspekt hat im Verlaufe des Projekts an Bedeutung gewonnen und unterstreicht die Flexibilität des gewählten Ansatzes. Für die Bewertung der Varianten und Simulation bietet diese Art des Datenaustauschs insgesamt auch die größten Potentiale. Der Austausch der Planungsdaten des Pilot-Planungsprojekts wurde beispielsweise vorrangig über das offene IFC-Format realisiert und gleichzeitig auf die Qualität und Strukturierung der übertragenen Informationen geachtet.

Der zusammen mit der Bauprojekt Dresden GmbH durchgeführte teilautomatisierte Variantenvergleich zur Bewertung der Mengen und Kosten zeigt die möglichen Potentiale sowie den dafür notwendigen Ansatz bzw. die erforderlichen programmatischen Voraussetzungen der Simulationstools auf. Grundidee des teilautomatisierten Variantenvergleichs war, alle notwendigen Modellanpassungen für eine Variante vorzunehmen und diese Änderungen als wiederverwendbare Vorlage abzuspeichern. Dieser Schritt der Datenübernahme und Aufbereitung ist je nach Umfang der fachlichen Anpassungen entsprechend arbeitsintensiv und müsste für die Bewertung anderer Varianten immer dann wiederholt durchgeführt werden, wenn ein neuer Datensatz von anderen Fachplanern übernommen werden muss.

Da die Varianten in der Regel viele Gemeinsamkeiten besitzen wurde in dem hier verfolgten Ansatz der Fokus auf die Unterschiede zwischen einer bereits bewerteten und einer neuen Variante gelegt. Diese Idee wird in vielen Bereichen bereits erfolgreich angewendet, bietet insbesondere für die Kooperation mit anderen Fachplanern aber noch enorme Potentiale. Hierfür müssten die durchgeführten Modifikationen als automatisierbare Arbeitsschritte gespeichert und auf neue Varianten übertragen werden können. Mit DBD-Connect hat dieser Ansatz bereits sehr gut funktioniert. In diesem Zusammenhang ist die Übertragbarkeit auf andere Simulationen zu prüfen.

1.2.3 BauProjekt Dresden

Die BAUPROJEKT DRESDEN GMBH übernahm hierbei als Praxispartner die Rolle der Bauherrschaft und des Architekten gleichermaßen. Nachdem im ersten Projektabschnitt die Planung eines Wohn- und Geschäftshauses unter praxisnahen Bedingungen beschlossen und als erster Entwurf ausgearbeitet worden war, waren im zweiten Projektabschnitt die Variantenuntersuchung sowie die jeweilige Umsetzung in IFC-Modelle Arbeitsziele.

Der dritte Projektabschnitt hatte weitere Gebäudevarianten, die Untersuchung der Datenexport-Ergebnisse als IFC-Dateien, das softwaregestützte Kennwertmanagement und den Aufbau eines Variantenmanagers sowie das Anlegen von praxisrelevanten Anwendungsfälle innerhalb der Softwareentwicklung als Inhalt.

Im vierten Projektabschnitt wurden praxisnahe Varianten betreut und der Schwerpunkt zunehmend auf Beratung, Überprüfung und Akquise verlegt.

Im fünften Projektabschnitt wurde die Softwareentwicklung und der Simulationsprozess durch überarbeitete 3D-IFC-Modelle des Beispielprojektes und die Formulierung praktischer Anforderungen an

den Workflow und die Bedienbarkeit der Softwareanwendungen unterstützt. Der Schwerpunkt der Beschäftigung der BAUPROJEKT DRESDEN GMBH im VARIUS-Projekt verlagerte sich zunehmend in Richtung der Projektberatung, Überprüfung von Entwicklungsergebnissen auf praktische Anwendbarkeit, der Akquise und der Mitwirkung an Veröffentlichungen.

Die coronabedingte Verlängerung im ersten Halbjahr 2022 war notwendig, um letzte Erweiterungen in die Software zu implementieren und Kalibrierungen durchzuführen. Schwerpunkte waren hierbei die Einbindung von Simulationsanfragen und Simulationsergebnissen sowie die Präsentationsoberfläche (Dashboard). Die fortgeführte Softwareentwicklung ermöglichte die Präsentation der VARIUS-Software mittels Demonstrationsprojekten, wobei Rohmaterial für erklärende YouTube-Videos aufgenommen worden ist. In Ergänzung dazu wurden Interviews mit allen Projektpartnern durchgeführt. Die Ergebnisse werden nach dem derzeit in Bearbeitung befindlichen Videoschnitt auf der genannten Videoplattform veröffentlicht.

1.3 Verzögerungen aufgrund besonderer Vorkommnisse

Coronabedingte Hemmnisse bei allen Projektpartnern verhinderte das Erreichen des Projektzieles am Ende der regulären Laufzeit (12/2021). Nach einer entsprechenden Beantragung wurde seitens der SAB eine Verlängerung bis zum 30.06.2022 gewährt.

2 WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE ERGEBNISSE

Die Arbeiten erstreckten sich über die fünf Arbeitspakete. Zusätzlich gibt es ein Arbeitspaket 0 für die Koordination des Projektes mit den Projektpartnern und der Öffentlichkeitsarbeit. Eine Liste der Arbeitspakete ist im Folgenden dargestellt:

- AP0 Koordination und Öffentlichkeitsarbeit
- AP1 Kennwerte-Manager
- AP2 Varianten-Manager
- AP3 Varius-Explorer
- AP4 Variantenbasierter Gebäudeentwurf
- AP5 Kalibrierung des Softwaresystems

Die wesentlichen Ergebnisse des Projekts sind

1. der VARIUS-Prozess zur simulationsgestützten, kennwertebasierten Variantenverwaltung in Bauplanungsprojekten (vgl. Anhang 0) und
2. BIM-basierte Datenmodelle und Software-Werkzeuge zur Unterstützung dieses Prozesses.

2.1 TU Dresden

2.1.1 Gesamtprojektplanung und Koordination

Das Institut für Bauklimatik koordiniert das Gesamtprojekt durch das Versenden und Zusammentragen projektrelevanter Dokumente und Aufgaben, die übergreifende Steuerung und Erfolgsprüfung der durchzuführenden Arbeitspakete (Risikomanagement) sowie die Organisation von Projekttreffen. Dabei fanden im Sachberichtszeitraum mehrere Gesamttreffen des Konsortiums (Jour Fixe) sowie viele, bedarfsorientierte Arbeitstreffen statt. Die Gesamttreffen wurden soweit es coronabedingt möglich war als Präsenztreffen abgehalten, die Arbeitstreffen wurden größtenteils als Präsenztreffen sowie teilweise als Online-Treffen veranstaltet. Darüber hinaus stellt das Institut für Bauklimatik einen zentralen Server zur synchronen und ortsunabhängigen Zusammenarbeit der Projektpartner zur Verfügung, der von den Mitarbeitern des Instituts für Bauklimatik verwaltet wird.

Zusätzlich ist eine Homepage entstanden (Vgl. Abbildung 2). Diese informiert über die Projektergebnisse. Weiterhin wird auf das Projekt und die Projektbeteiligten aufmerksam gemacht. Der Weblink ist derzeit unter folgender URL zu erreichen:

- <https://tu-dresden.de/bu/architektur/ibk/varius>



Abbildung 2 Startseite Projektwebsite

2.1.2 Kennwerte-Modell: Schema für Kennwerte und deren Verknüpfungsregeln

Unter hauptverantwortlicher Leitung des Projektpartners TragWerk Software erfolgte die prototypische Entwicklung eines Schemas für Kennwerte und deren Verknüpfungsregeln, wobei die Zuarbeit von Beispielkennwerten aus dem Bereich der Bauphysik durch das Institut für Bauklimatik als Grundlage für die Schema-Entwicklung diente. In dem Schema wird festgelegt, mit welchen Merkmalen Kennwerte beschrieben werden, in welcher Hierarchie sie zueinanderstehen und in welcher Beziehung sie zum Bauwerksinformationsmodell sowie dessen Objekten stehen. Darüber hinaus sind Informationsbeschränkungen (z. B. Datentypen, Einheiten, Wertebereiche, Enumerationslisten u.a.) festzulegen und Kennwerte mit einer eindeutigen semantischen Beschreibung zu verknüpfen. Die Ausarbeitungen beziehen sich dabei auf die Ergebnisse aus TA 1.2 (Stammdatenbank für Kennwerte und Regeln im Bereich Energieeffizienz).

2.1.3 Stammdatenbank für Kennwerte und Regeln im Bereich Energieeffizienz

Allgemeines

Unter hauptverantwortlicher Leitung des Projektpartners AEC3 erfolgte der prototypische Aufbau einer Kennwertestammdatenbank, die differenzierte Anwendungsfälle, relevante Kennwerte und deren Zusammenhänge erfasst. Als Werkzeug für die Verwaltung der Kennwerte dient die Datenbank BIMQ¹ von AEC3, womit Kennwerte bezüglich der Objekte des Bauwerksinformations-Modells erfasst werden können. Diese können, gegliedert nach Anwendungsfällen mit deren Input- und Output-Größen, aufgenommen werden.

Implementierung des ersten Anwendungsfalls

Als erster Anwendungsfall konnte die sogenannte „Energieberechnung“ implementiert werden, die folgende für die Bauphysik und TGA relevanten Output-Kennwerte umfasst:

- Energiebedarf für Heizen und Kühlen,
- Heiz- und Kühllast sowie
- Kennwerte des sommerlichen Wärmeschutzes.

¹ www.bimq.de

Die Ermittlung dieser Kennwerte erfolgt mittels thermischer Gebäudesimulation, wofür zwei unterschiedliche Berechnungsansätze zur Verfügung stehen:

- die Verwendung eines generischen Gebäudemodells und/oder
- die Verwendung eines Bauwerksinformationsmodells des Objektplaners.

Aufbauend auf der Verwendung eines generischen Gebäudemodells wurden die Informationsanforderungen für die beteiligten Fachplaner (hier Objektplaner in Abstimmung mit Bauphysiker) erarbeitet. Als Input-Kennwerte konnten ermittelt werden:

- die Gebäudeabmessungen (Länge, Breite, Höhe, zur Erstellung des generischen Gebäudemodells),
- der Fensterflächenanteil,
- der Gebäudestandort (zur Wahl der Klimadaten),
- die Gebäudeorientierung,
- die Gebäudenutzung (Unterteilung in Wohn- und Nichtwohngebäude) und das
- Gebäudealter (zur Material-, Konstruktions- und Infiltrationsparametrisierung).

Die beschriebenen Kennwerte wurden in der Datenbank (BIMQ) in einer objektorientierten Struktur angelegt und können Objektplanern als Vorlage zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin werden diese Daten von der Anwendung „Varius-Explorer“ importiert und dienen als Vorlagen für neue Projekte.

Weitere Erkenntnisse

Bei der Bearbeitung stellte sich zudem heraus, dass die Kennwerte nicht in einer baumartigen Aggregationsstruktur abzubilden sind, sondern die Abhängigkeiten über Graphen beschrieben werden müssen. Diese und weitere Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung des zugehörigen Kennwerte-Schemas in TA 1.1. Ebenso wurden Kostendaten neben den Energieparametern abgebildet. Dies stellt sicher, dass auch andere Anwendungsbereiche mit der Varius-Software abgebildet werden können.

2.1.4 Schnittstelle EnergyPlus / NANDRAD zu Kennwerte-Modell

Die Kennwerte aus TA 1.2 wurden für die Schnittstelle als Eingangsdaten angesetzt. Im Projektverlauf wurden damit zwei unterschiedliche Berechnungsansätze geprüft. Zum einen mit einer geringen Informationsdatenlage wie beispielsweise Länge, Breite, Höhe und Baustandard des Gebäudes zum anderen mit einem vollwertig, parametrisierten IFC-Modells². Beim ersten Ansatz kamen automatisierte Gebäudeerstellungen zum Einsatz, um die Energiekennwerte zu berechnen. Beim zweiten Ansatz wurde das IFC-Modell über die Eingabemasken BIM HVACTool³ und SIM-VICUS⁴ importiert. Die in der IFC enthaltenen IFC-Spaces dienen zur Interpretation der Räume und können so ein originalgetreues thermisches Modell für die Gleichungslöser NANDRAD/EnergyPlus erstellen.

Generisches Gebäudemodell

Wenn zum Planungsbeginn viele Eingangsinformationen sehr vage oder noch nicht vorhanden sind, stellt sich die Nutzung eines generischen Gebäudemodells als effizienter Ansatz heraus. In dieser Phase liegt der Fokus vor allem auf den Trends bzw. den qualitativen Unterschieden zwischen den Kennwerten verschiedener Planungsvarianten. Die absoluten Ergebnisgrößen sind hingegen von

² <https://www.dabonline.de/2021/08/27/ifc-dateien-schnittstelle-datenaustausch-programme-viewer-bim-cad-zuordnungen/>

³ www.building-engineering

⁴ www.sim-vicus.de

geringerer Bedeutung. Folglich wird das generische Gebäudemodell mittels einfacher, zu Planungsbeginn vorliegender Eingangsdatenlage erstellt und ausgehend von den Abmessungen und der Gebäudenutzung durch Nutzung verschiedener Kubaturen variiert. Diese Modelle sind raum aufgelöst – es werden auch alle innenliegenden Räume modelliert. Die detaillierte Modellierung wird benötigt, um die thermischen Speichermassen und den „Sommerlichen Wärmeschutz“ korrekt abzubilden.

Bauwerksinformationsmodell des Objektplaners

In der Entwurfsplanung erfolgt eine zunehmende Detaillierung des geplanten Gebäudes durch den Objektplaner. Gemäß der Methode des Building Information Modeling (BIM) wird die frühere Erstellung eines dreidimensionalen Entwurfsmodells zunehmend in den Planungsprozess eingebunden. In einem solchen Fall kann die Gebäudekubatur vom Objektplaner übernommen werden. Dies geschieht im besten Fall über ein 3D-Austauschformat (z.B. per IFC-Datei).

Im weiteren Projektverlauf sind vom Architekten drei IFC-Gebäudemodelle erstellt wurden. Diese wurden mit der Software BIM-HVACTool und SIM-VICUS zu einem 3D-Bauphysikmodell transformiert, um anschließend im TA 4.3 die thermische Gebäudesimulation durchführen zu können.

Auswertung und Simulation

Sowohl bei Verwendung eines generischen Gebäudemodells als auch bei Verwendung eines Bauwerksinformationsmodells, erfolgt anschließend die Simulation und Auswertung verschiedener Gebäudevarianten. Die Ergebnisse, die meist in Zeitreihen vorliegen, werden in Kennwerten zusammengefasst. Die Zusammenfassung birgt Vor- und Nachteile. Vorteilhaft ist, dass die Informationen klein und komprimiert übertragen werden können. Oftmals reicht dafür eine einfache Zahl (z.B. Heizenergiebedarf in kWh/a). Nachteilig ist, dass ein Informationsverlust bei der Komprimierung der Zeitreihen hin zu einer Zahl, wenn es um Auslegungsfragestellungen geht, entsteht. Eine Heizleistung von z.B. 30 kW kann mittels einer „großen“ Wärmepumpe von 30 kW erfolgen oder mithilfe einer „kleinen“ Wärmepumpe von 15 kW und einem bedarfsgerechten Wärmespeicher. Beide Systeme bedienen die Anforderung von 30 kW Heizleistung. Weiterhin werden Zeitreihen für verschiedenste Systeme benötigt. Zu nennen wäre hier die Auslegung von Geothermiesystemen wie beispielsweise Erdsonden oder Erdwärmekollektoren.

Die Ergebnisse sind somit nur teilweise eine entscheidungsrelevante Grundlage für den Bauherrn. Weitere Entscheidungen bezüglich beispielsweise der Auswahl und Regelung technischer Anlagen sowie die Ermittlung zugehöriger Kosten- und Emissions-Kennwerte, sind in den folgenden Sachberichtszeiträumen aufzubereiten.

2.1.5 Schnittstelle BIM-LV-Container (DIN SPEC 91350) zu Kennwerte-Modell

Die Pflichtangaben und Kennwerte vom bauphysikalischen Modell wurden in die Software BIMQ von Projektpartner AEC3 übertragen. Daraus können anschließend die Anforderungen und Prüfungen für das IFC-Modell generiert werden. Diese automatisierte Prüfung der IFC zeigt den Architekten und Planer bereits während der Bearbeitungsphase fehlende Informationen an.

2.1.6 Verlinkung von Kennwerte-Modell mit IFC-Daten

Die Verlinkung der Daten aus dem IFC mit dem bauphysikalischen Modell wurden umgesetzt. Dabei werden detaillierte Daten (Geometrien, Material- und Konstruktionsdaten) vom IFC-Modell an das zu erstellende bauphysikalische Modell übergeben.

2.1.7 Schemaimport Kennwerte-Modell

Für den Austausch mit dem Varianten-Manager sowie für den VARIUS-Explorer wurden mit dem Projektpartner Tragwerk Software Austauschformate im XML-Format⁵ entwickelt. Dabei werden von einem Fachplaner/Architekten Anfragen an verschiedene andere Fachplaner gestellt. Beispielhaft wird dies am Energiebedarf des Gebäudes erläutert.

Der Architekt benötigt für die Planung den Energiebedarf des Hauses und stellt über die VARIUS-Software eine Anfrage an den Bauphysiker/Energieberater für eine oder verschiedene Varianten des Gebäudes. Die Anfrage enthält eindeutige Identifikationen, um später wieder der richtigen Variante zugeordnet werden zu können (siehe Abbildung 3). Dieser Vorgang wird als „Request“ bezeichnet. Nachdem der Fachplaner seine Ergebnisse mit Hilfe seiner Software ermittelt hat, werden die Anfragen ausgefüllt zurückgeschickt. Dabei wird vom Anfragenden genau definiert, was er benötigt. So kann der Energiebedarf eines Gebäudes als eine Zahl für den Jahresenergiebedarf übermittelt werden. Für den Fachplaner der TGA ist es unter Umständen sinnvoller die stündlichen oder monatlichen Datenwerte zu nutzen. Dafür wäre eine andere Anfrage oder eine Erweiterung der obigen Anfrage nötig.

Um diese Struktur zu erreichen, wurden die Ergebnisse der NANDRAD-Simulationen aufgearbeitet. Über eine weitere Programmierung wurden die Ergebnisse zusammengefasst und anschließend ein Export für das XML-Format (siehe Abbildung 4) geschrieben. Zur XML-Datei werden synchron sogenannte CSV-Dateien (Comma Separated Value) automatisch mit erzeugt. Diese stellen den Zusammenhang von Ergebnis und verknüpftem Element in der IFC klar. Diese Verknüpfung findet über die UUID's vom IFC statt. Somit kann einem IFCSpace (dieser übernimmt die bauphysikalische Repräsentation des Raumlufknotens) z.B. der Energiebedarf des Raumes oder dessen Heizlast zugeordnet werden. Über das Einfließen der Daten zurück in die VARIUS-Software, kann der Architekt sich anschließend für jede Variante die Ergebnisse darstellen lassen. Mit den favorisierenden Varianten wird anschließend weiter gearbeitet und daraus werden evtl. neue Anfragen generiert.



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- Var01_BM_F75_H -->
<kp:keypoints xmlns:kp="http://www.tragwerk-software.de/bim/keypointmodel/1.0">
  <keypoint id="35ba08f4-b1fa-43d1-85ec-fd5e3286f7cd46" name="Heizlast (Gebaeude)"
    level="KeyPerformanceIndicator" description="" dataType="Decimal">
    <dependsOn>
      <keypoint ref="f6137d72-b43e-460b-9487-5cceb3d26d3046"/>
    </dependsOn>
  </keypoint>
  <keypoint id="f6137d72-b43e-460b-9487-5cceb3d26d3046" name="Heizlast (Raum)"
    dataType="Decimal" level="KeyPerformanceIndicator" description="" >
  </keypoint>
</keypoints>
```

Abbildung 3 Ausschnitt aus einer Anfrage im XML-Format

⁵ <https://www.quality.de/lexikon/xml/>

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- Var01_BM_F75_H -->
<kp:keypoints xmlns:kp="http://www.tragwerk-software.de/bim/keypointmodel/1.0">
  <keypoint id="35ba08f4-b1fa-43d1-85ec-fd5e3286f7cd46" name="Heizlast (Gebaeude)"
    level="KeyPerformanceIndicator" description="" dataType="Decimal">
    <dependsOn>
      <keypoint ref="f6137d72-b43e-460b-9487-5cceb3d26d3046"/>
    </dependsOn>
    <value value="22.07" unit="kW" id="IBK_HL_3iok_66gr9ywk_UMKZXFmn_Var01_BM_F75_H"/>
  </keypoint>
  <keypoint id="f6137d72-b43e-460b-9487-5cceb3d26d3046" name="Heizlast (Raum)"
    dataType="Decimal" level="KeyPerformanceIndicator" description="" >
    <value value="1.35" unit="kW" id="IBK_HL_1eNaPzjq52zxvKV$yoVS1y_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.13" unit="kW" id="IBK_HL_3Qn7y5xjzAmQMUBSM9HJPe_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.08" unit="kW" id="IBK_HL_23MRQfOzfc5Rae$WxOqmt3_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.06" unit="kW" id="IBK_HL_1e3vtVdC1FtrJP064guD9d_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.35" unit="kW" id="IBK_HL_0omkC2ONL20QWeW$p1gnWn_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.58" unit="kW" id="IBK_HL_1URwW95zHBFgqcq9$dTqRDB_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.91" unit="kW" id="IBK_HL_0nISPVxCDEfOpY0GD2wyDs_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.72" unit="kW" id="IBK_HL_0vqOu6dRXCAA_xBj0440FU_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.17" unit="kW" id="IBK_HL_1wwOD2Sb137wmTzK6neSeW_Var01_BM_F75_H"/>
    <value value="0.24" unit="kW" id="IBK_HL_3iQNmqlFXBpOAlygLRh2Bf_Var01_BM_F75_H"/>
  </keypoint>
</kp:keypoints>
```

Abbildung 4 Ausschnitt aus einem Rücklauf einer Anfrage im XML-Format

Für die Tests wurden mehrere, zum Teil wöchentliche, Projektmeetings abgehalten. Dabei wurde der Workflow immer wieder überarbeitet. Weiterhin wurde das Austauschformat verbessert und die Datenstruktur optimiert.

In der Endversion sind die Daten direkt über den Varius-Explorer eingeladen wurden. Der Varius-Manager als auch der Kennwert-Manager sind Teil der Applikation Varius-Explorer geworden.

2.1.8 Planungsbegleitendes Kennwerte-Management

Allgemeines

Unter hauptverantwortlicher Leitung des Projektpartners AEC3 konnte die Variantenuntersuchung eines BIM-basierten Gebäudeentwurfs sowie das zugehörige planungsbegleitende Kennwerte-Management begonnen werden. Es stellte sich heraus, dass hierfür ein frühzeitiger Beginn dieses (Teil-) Arbeitspaketes in Kopplung mit TA 4.3 (Bauphysikalische Simulation, hauptverantwortlich Institut für Bauklimatik) zielführend ist, um die Erkenntnisse für TA 1 (Entwicklung des Kennwerte-Managers) nutzen zu können.

Variantenbildung

Grundlage für die Untersuchungen bildet die Grundlagenermittlung sowie das zugehörige Bauwerksinformationsmodell des Projektpartners BPD für das im Projekt beispielhaft untersuchte Gebäude. Im Projekt wurde dabei der Berechnungsansatz mithilfe des generischen Gebäudemodells näher untersucht. Die Input-Kennwerte konnten vom Projektpartner BPD an das Institut für Bauphysik übermittelt werden. Der Standort, die Gebäudeabmessungen sowie die Gebäudenutzung sind als Rahmenvorgabe fest (also unveränderlich) definiert. Gemäß fiktiver Vorgabe des Bauherrn (in Abstimmung mit den Fachplanern) erfolgte die Bildung einer Variantenmatrix (vgl. Tabelle 1) mittels folgender Unterscheidungen:

- Konstruktion außen: Die Außenwand wurde zwischen einer schweren Variante (Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem) und einer leichten Holzständerkonstruktion variiert.
- Konstruktion innen: Die Innenwände werden ebenfalls variiert zwischen einer schweren Vollziegel-Wand und einer leichten Trennwand.
- Fensterflächenanteil: Der Fensterflächenanteil variiert zwischen 25 % und 50 % des Wandflächenanteils.
- Kühlung: Es werden Varianten mit und ohne Kühlung betrachtet.

Erstellung des generischen Gebäudemodells

Für die Gebäudeerstellung (siehe Abbildung 5) wurde das Programm BIM HVACTool genutzt. Dabei erfolgt die Einbindung der umliegenden Gebäude mittels Openstreetmap. Gut zu erkennen sind die umliegenden Gebäude an den ziegelroten Dächern. Dabei sind verschiedene Detaillierungsstufen vorhanden. Im Hintergrund befindet sich ein graues Gebäude, das eine höhere Detaillierungsstufe aufweist. Die Gebäudehöhe wird dabei richtig dargestellt. Bei den anderen Gebäuden sind nur die Grundrissabmessungen richtig dargestellt.

Für die Simulation von Verschattungen und folglich für den Nachweis des „Sommerlichen Wärmeschutzes“ sind die Gebäudehöhen umliegender Bebauungen sehr wichtig. Daher wurde in einem nachfolgenden Schritt die Höhenskalierung der Umgebungsgebäude (siehe Abbildung 6) auf die realen Werte vorgenommen.

Die Auswertung der Variante erfolgte für die Projektpartner grafisch. Dies wird später ausschließlich mittels komprimierter Kennwerte berücksichtigt.

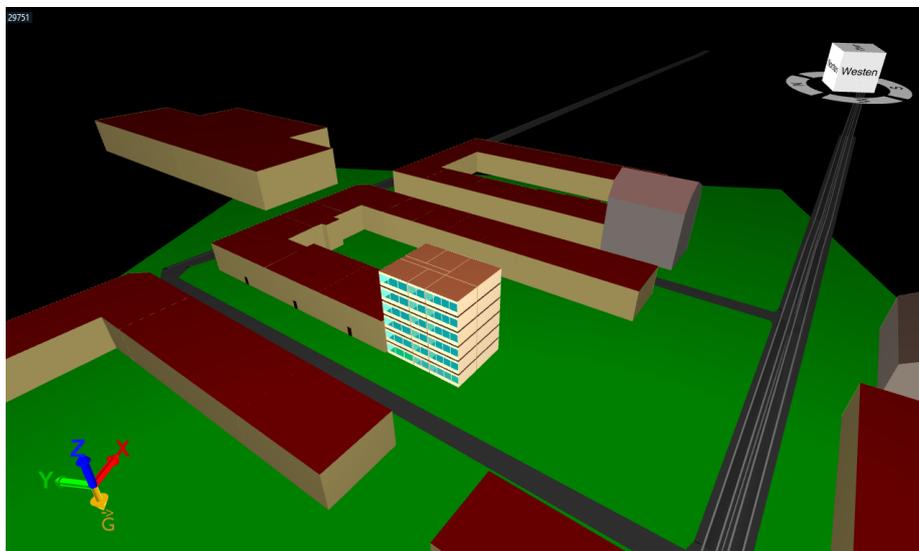


Abbildung 5: Generisches Gebäudemodell mit Umgebungsbebauung aus Openstreetmap

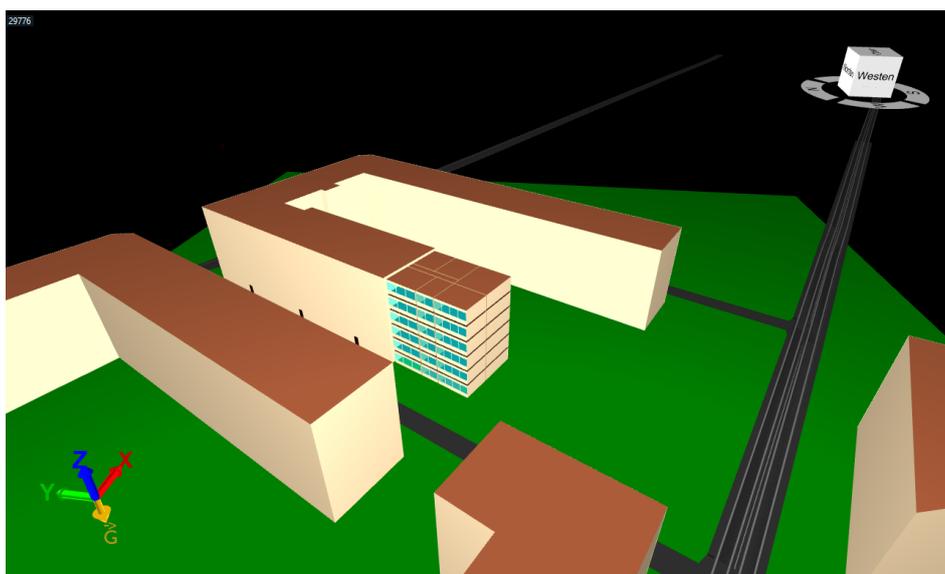


Abbildung 6: Generisches Gebäudemodell mit korrigierten Höhen der Umgebungsbebauung

Variantebildung von detaillierten Gebäudemodellen anhand der IFC-Modelle

Für die folgenden Varianten werden die gleichen Umgebungsverschattungen angenommen, wie für die generische Gebäudevariante.

Das Variantenspektrum umfasst einerseits die drei Geometrieausführungen vom Projektpartner BPD. Andererseits werden die Konstruktionen und Fensterflächenanteile wie im generischen Modell variiert.

- Konstruktion außen: Die Außenwand wurde zwischen einer schweren Variante (Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem) und einer leichten Holzständerkonstruktion variiert. Die Abkürzung „BS“ steht für Bauwerksmasse schwer, die Abkürzung „BM“ steht für Bauwerksmasse mittel.
- Konstruktion innen: Die Innenwände werden ebenfalls variiert zwischen einer schweren Vollziegelwand und einer leichten Trennwand.
- Fensterflächenanteil: Der Fensterflächenanteil variiert zwischen 75 % (Abkürzung F75) und 100 % (Abkürzung F100) der Ausgangsfensterfläche nach IFC-Modellvorgaben.
- Kühlung: Es werden Varianten mit und ohne Kühlung betrachtet. Abkürzung „HK“ steht für Heizung und Kühlung, Abkürzung „H“ steht für nur Heizung.

Variante 1

Die erste Variante des detaillierten Gebäudemodells beschreibt ein Wohngebäude mit Doppel-Parker und unbewohntem Dachraum. Auf Erdgeschossniveau ist ein Gewerbe zur Straße hin enthalten. Auf der Hofseite ist das Erdgeschoss als Doppel-Parker genutzt und an allen Wohneinheiten befinden sich Balkone.

Nachfolgend sind die einzelnen Baukonstruktionen aus zwei Ansichten (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8) dargestellt.

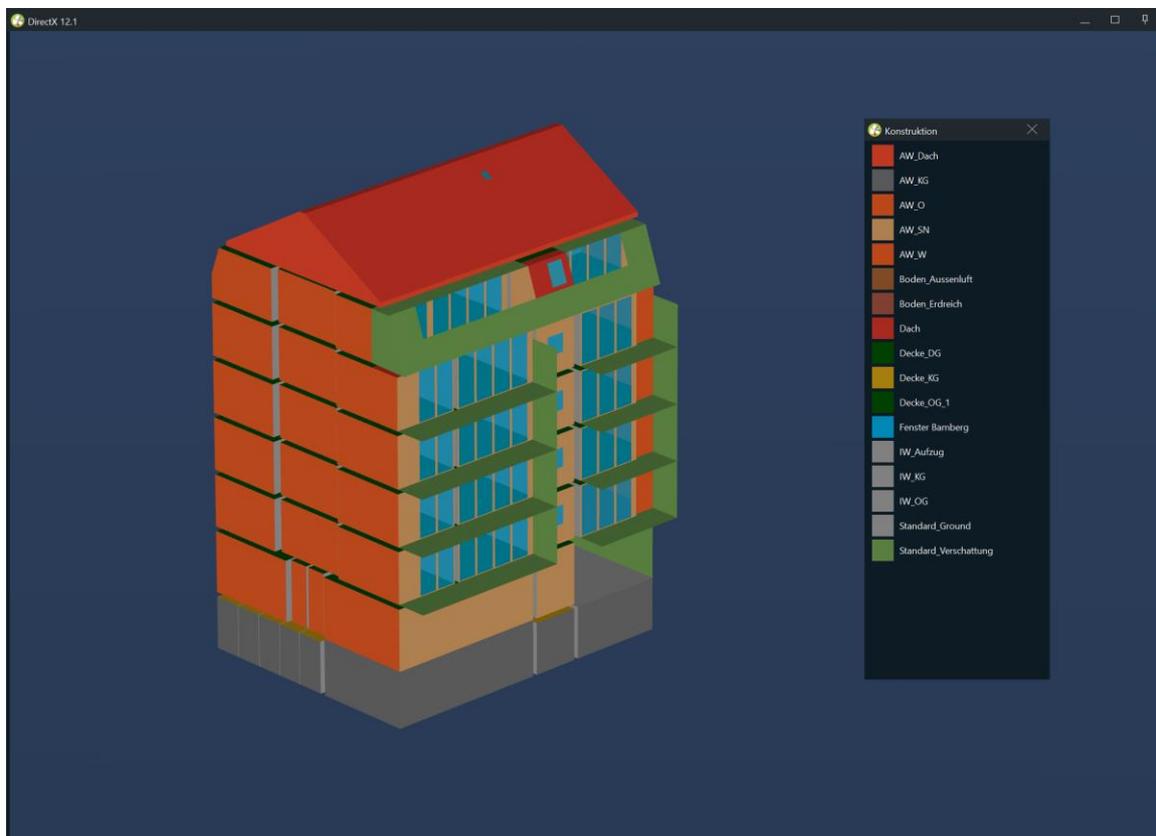


Abbildung 7: Hofansicht detailliertes Gebäudemodell Variante 1

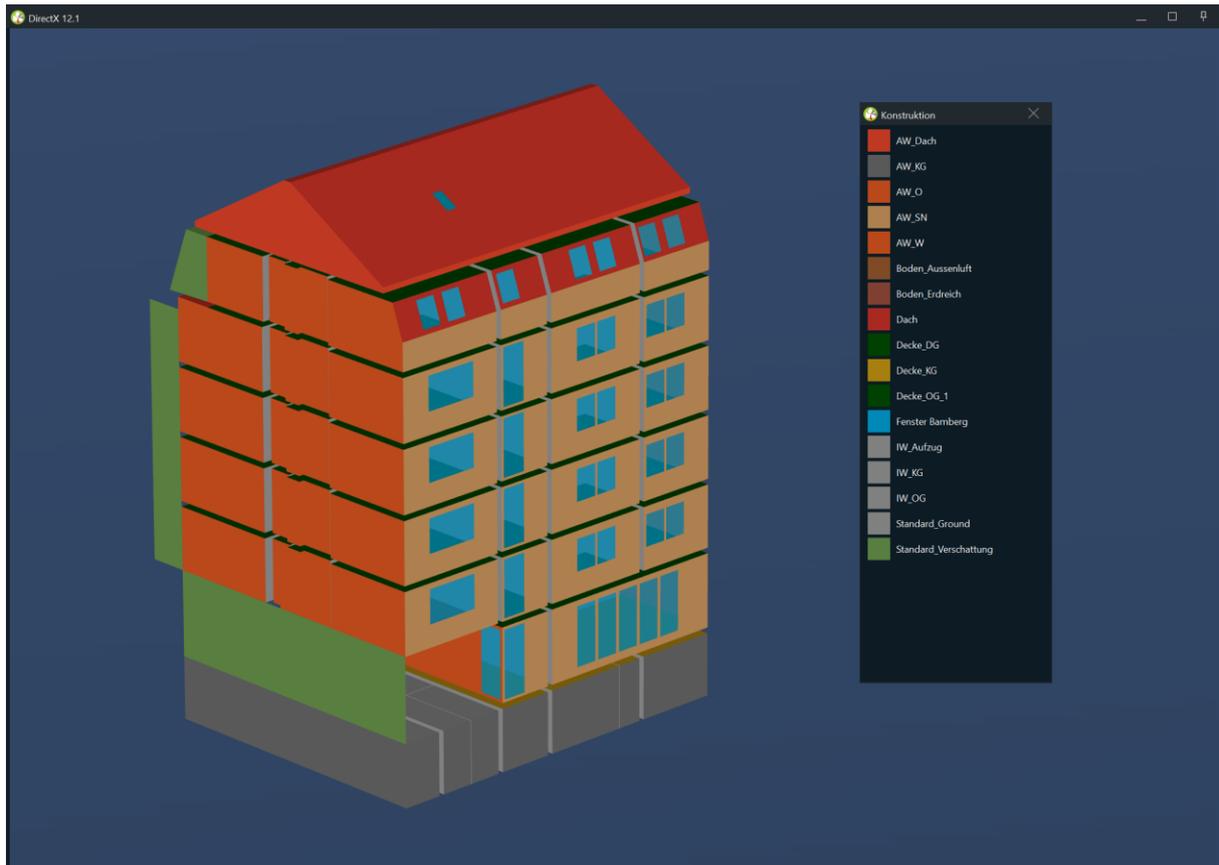


Abbildung 8: Straßenansicht detailliertes Gebäudemodell Variante 1

Die thermische Simulation des Gebäudes ordnet die einzelnen Bauteilinnenflächen in Kategorien ein. Diese Kategorien sind relevant für die weitere Simulation der Gebäude. Beispielsweise benötigen nur Außenflächen einen zeit- und standortabhängigen Verschattungsbeiwert. Unterteilt werden Außenflächen, die an Luft angrenzen, erdreichberührende Flächen, innenliegende Flächen mit den Orientierungen Boden, Decke sowie Wand (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10). Weiterhin gibt es adiabate Flächen, die nur als Speichermassen fungieren, da Wärmebrücken nicht berücksichtigt wurden.

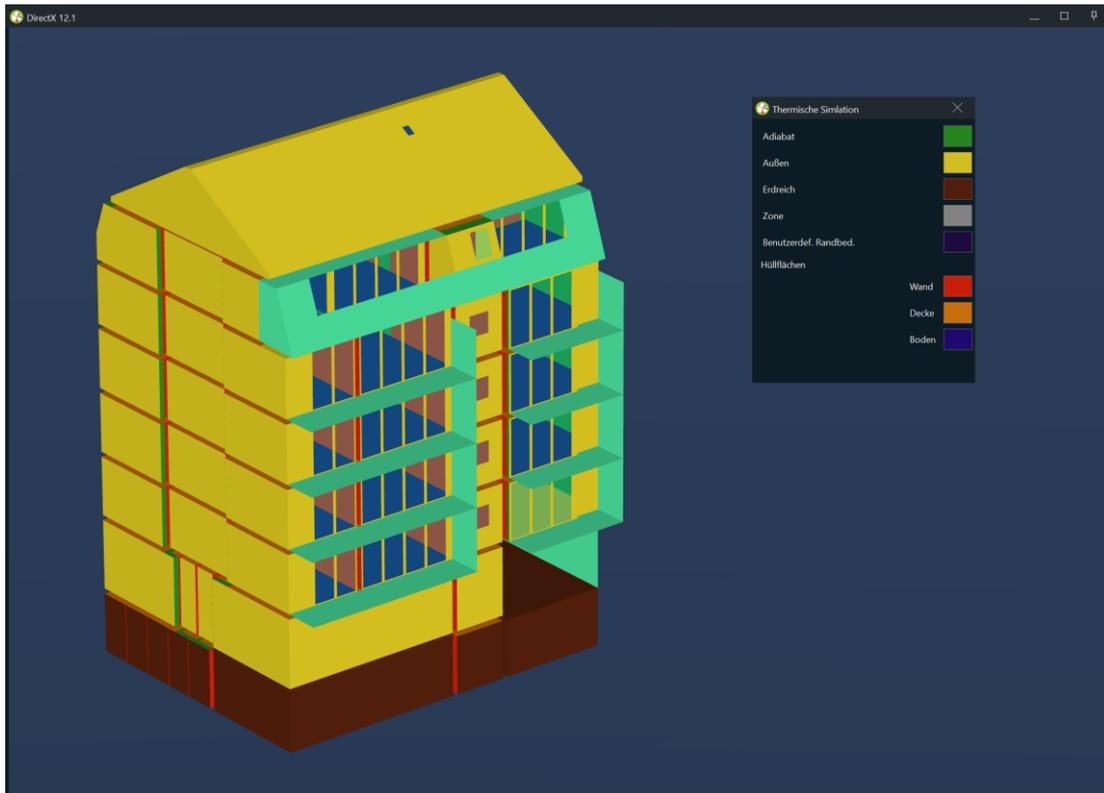


Abbildung 9: Detailliertes Gebäudemodell thermische Simulation Hofansicht Variante 1

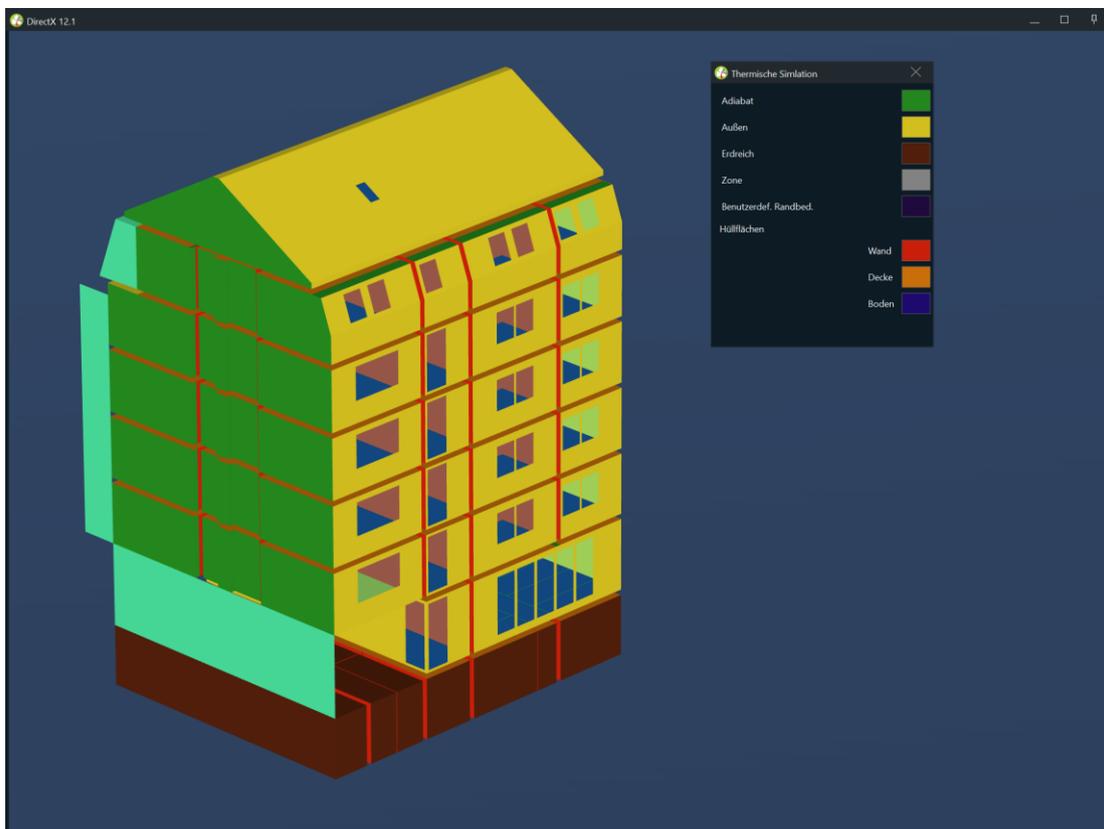


Abbildung 10: Detailliertes Gebäudemodell thermische Simulation Hofansicht Variante 1

Es lassen sich thermische Zonen festlegen, abhängig von der Nutzung des Raums. Rote Färbung kennzeichnet Wohnbereich (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12).

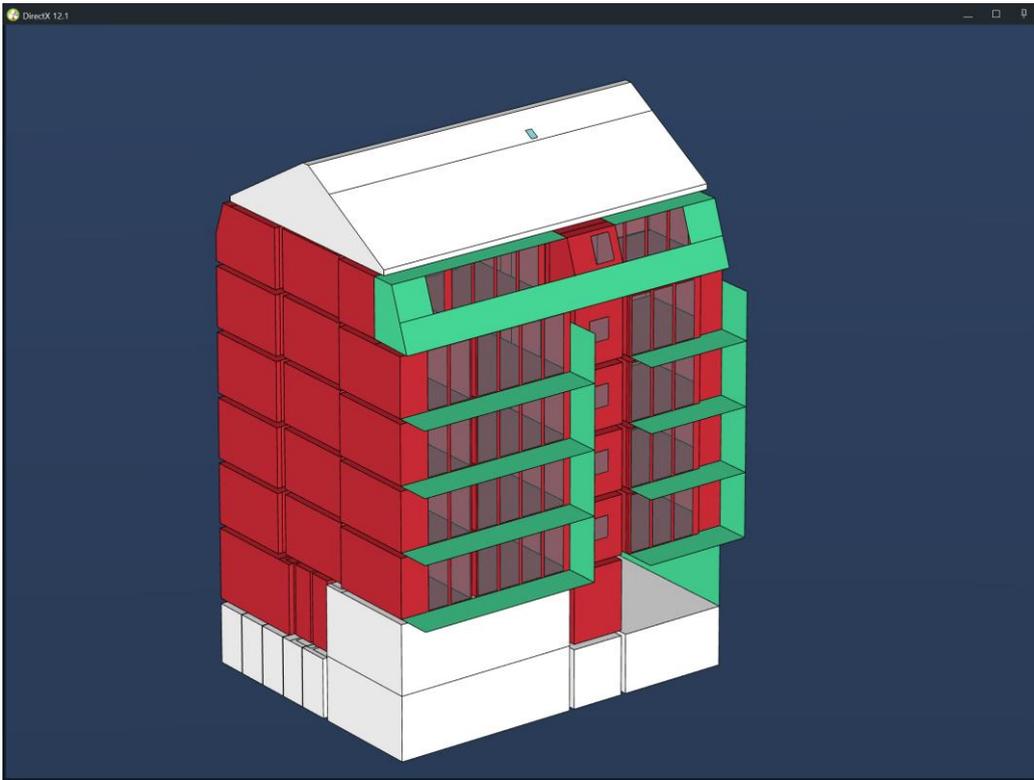


Abbildung 11: Detailliertes Gebäudemodell thermische Zonen Hofansicht Variante 1

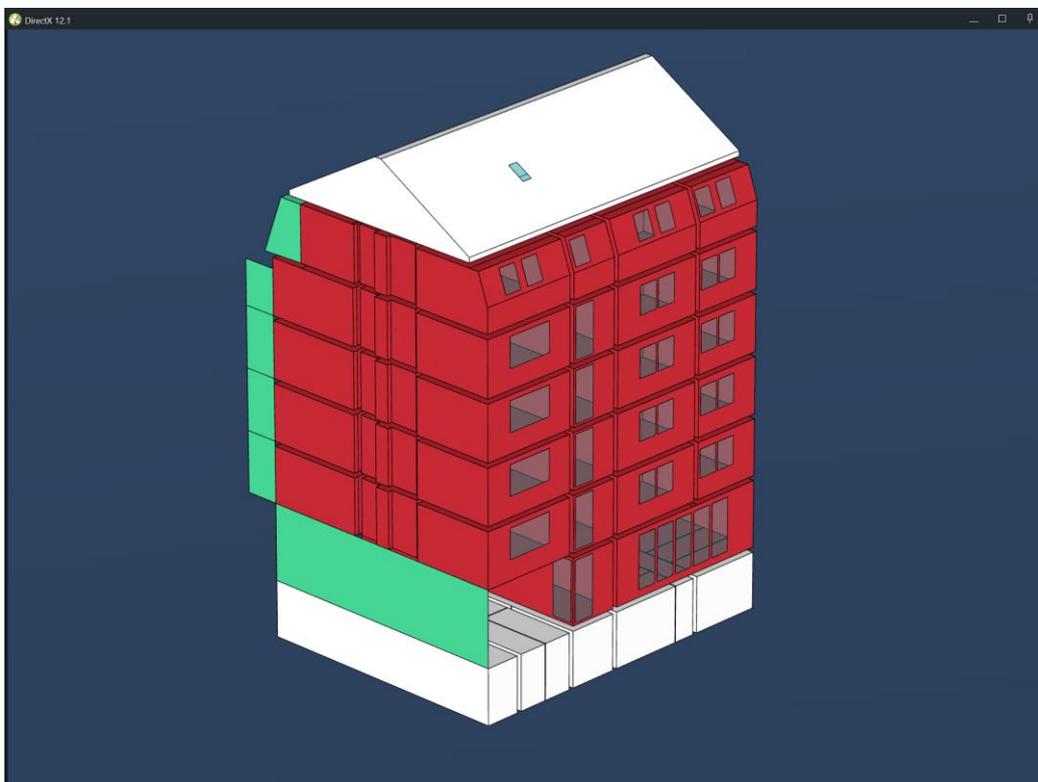


Abbildung 12: Detailliertes Gebäudemodell thermische Simulation Hofansicht Variante 1

Variante 2

In der zweiten Variante ist jetzt das Erdgeschoss bewohnt (siehe Abbildung 13 und Abbildung 14). Der Doppel-Parker wird durch eine Tiefgarage ersetzt. Das Vorgehen zur Simulation ist identisch zu dem aus Variante 1.

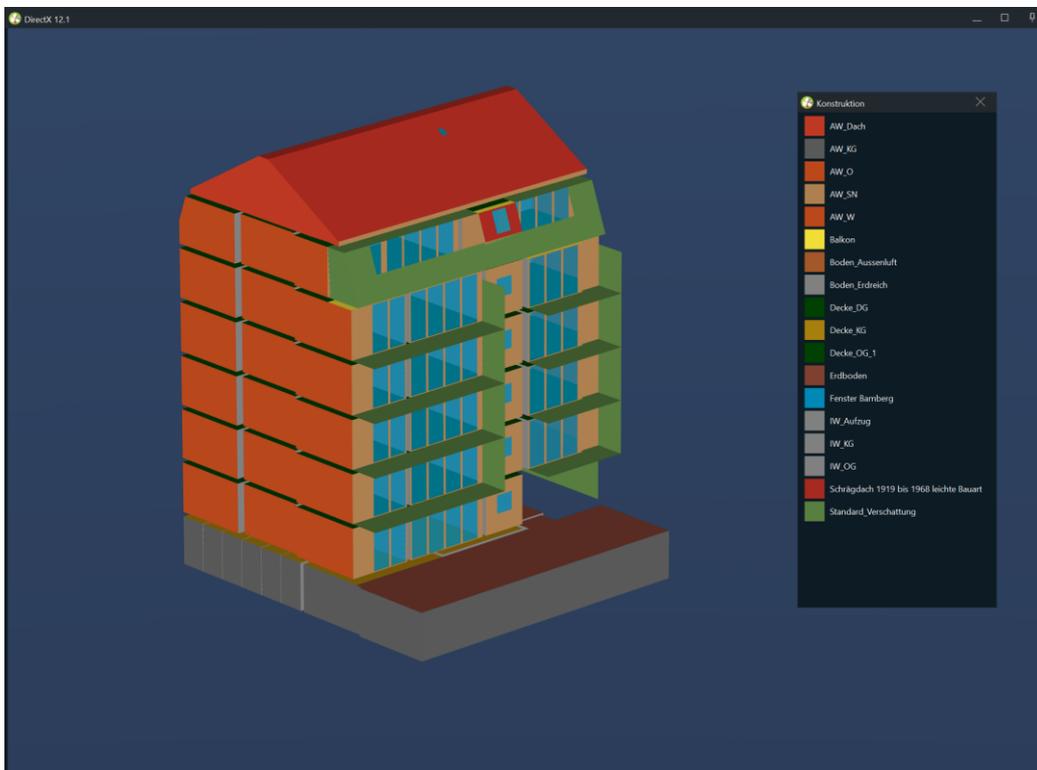


Abbildung 13: Detailliertes Gebäudemodell Hofansicht Konstruktionsansicht Variante 2

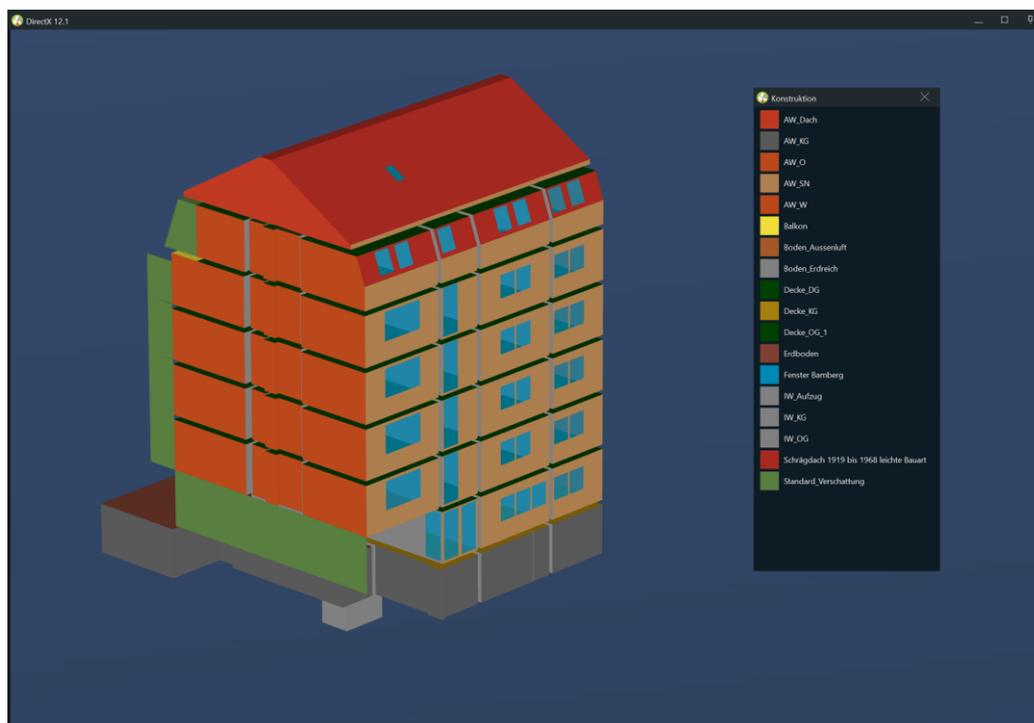


Abbildung 14: Detailliertes Gebäudemodell Straßenansicht Konstruktionsansicht Variante 2

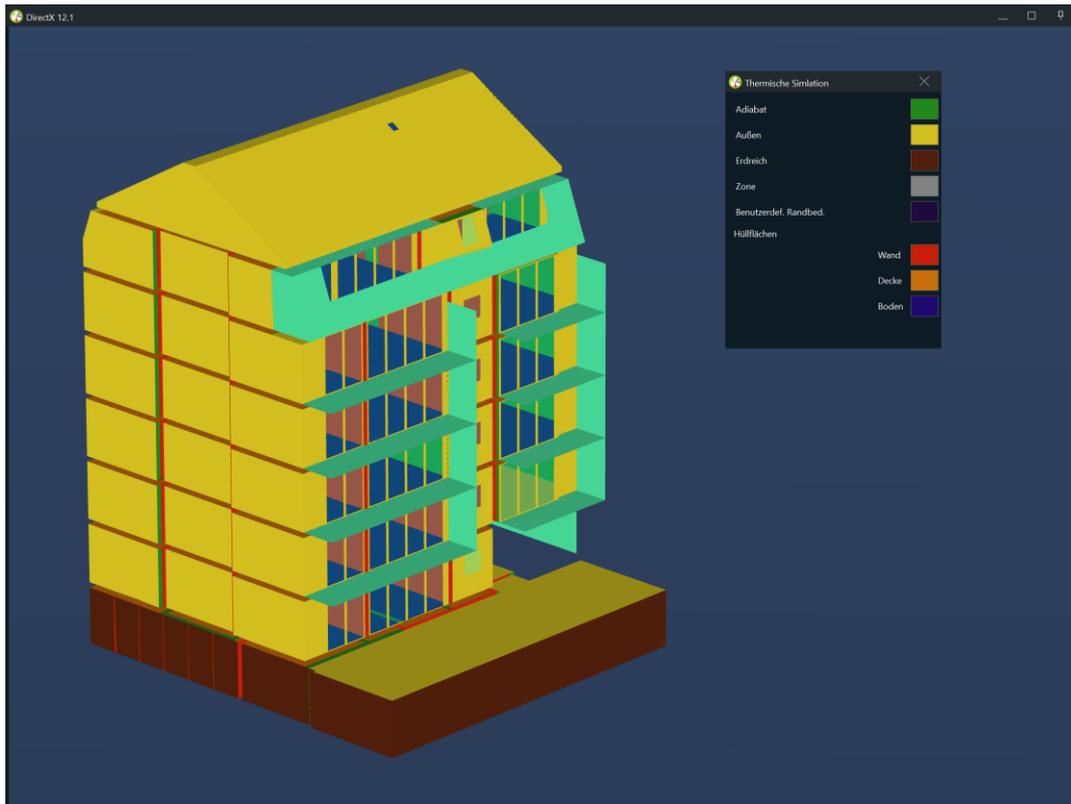


Abbildung 15: Detailliertes Gebäudemodell Hofansicht thermische Simulation Variante 2

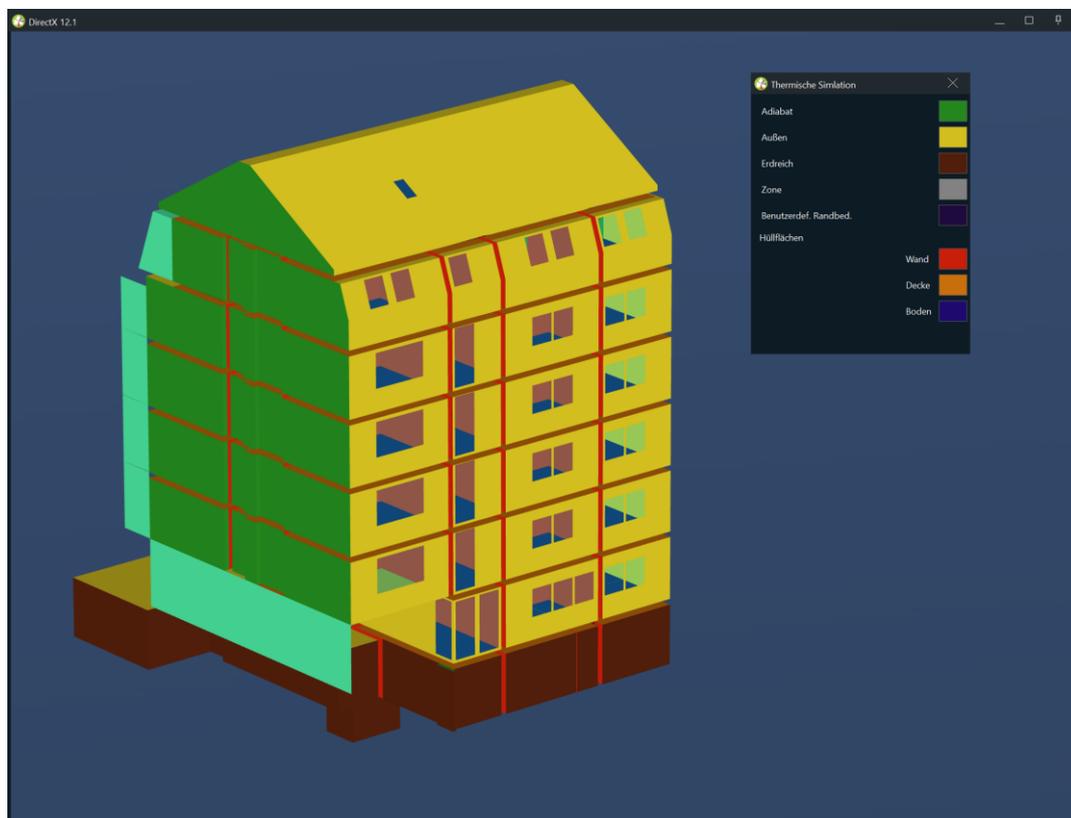


Abbildung 16: Detailliertes Gebäudemodell Straßenansicht thermische Simulation Variante 2



Abbildung 17: Detailliertes Gebäudemodell Hofansicht thermische Zonen Variante 2



Abbildung 18: Detailliertes Gebäudemodell Straßenansicht thermische Zonen Variante 2

Variante 3

Die Umsetzung erfolgt hier ähnlich zu Variante 1. Allerdings wird der Dachraum in Variante 3 als Penthouse genutzt und dient somit als Wohnfläche.

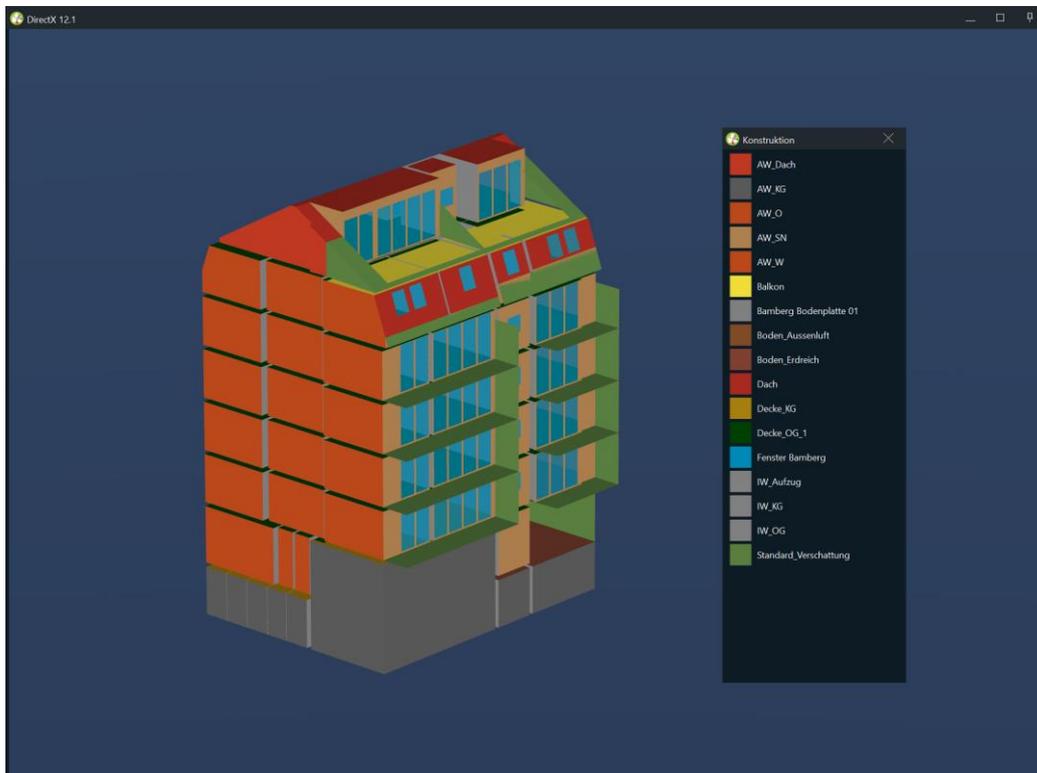


Abbildung 19: Detailliertes Gebäudemodell Hofansicht Konstruktionsansicht Variante 3

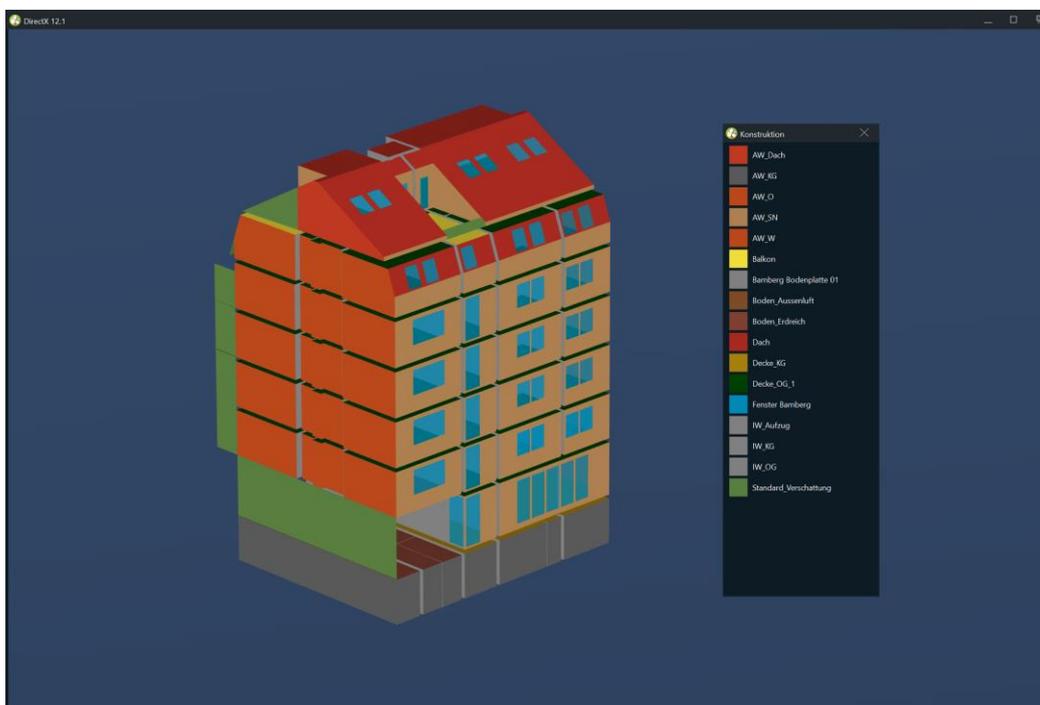


Abbildung 20: Detailliertes Gebäudemodell Straßenansicht Konstruktionsansicht Variante 3

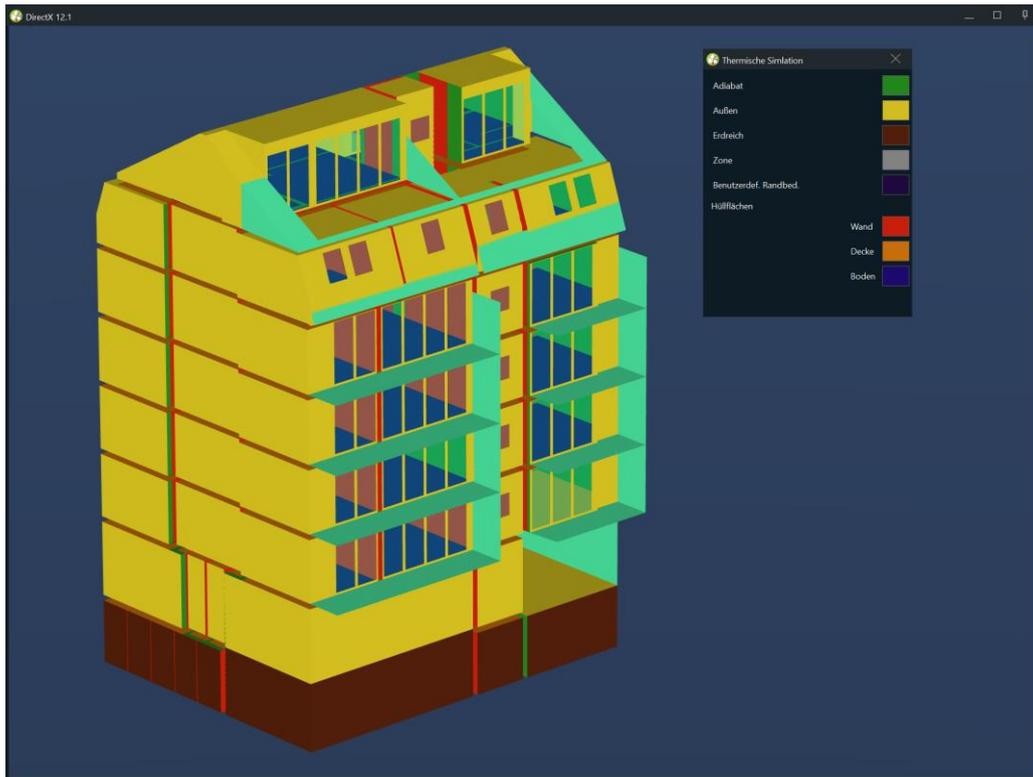


Abbildung 21: Detailliertes Gebäudemodell Hofansicht thermische Simulation Variante 3

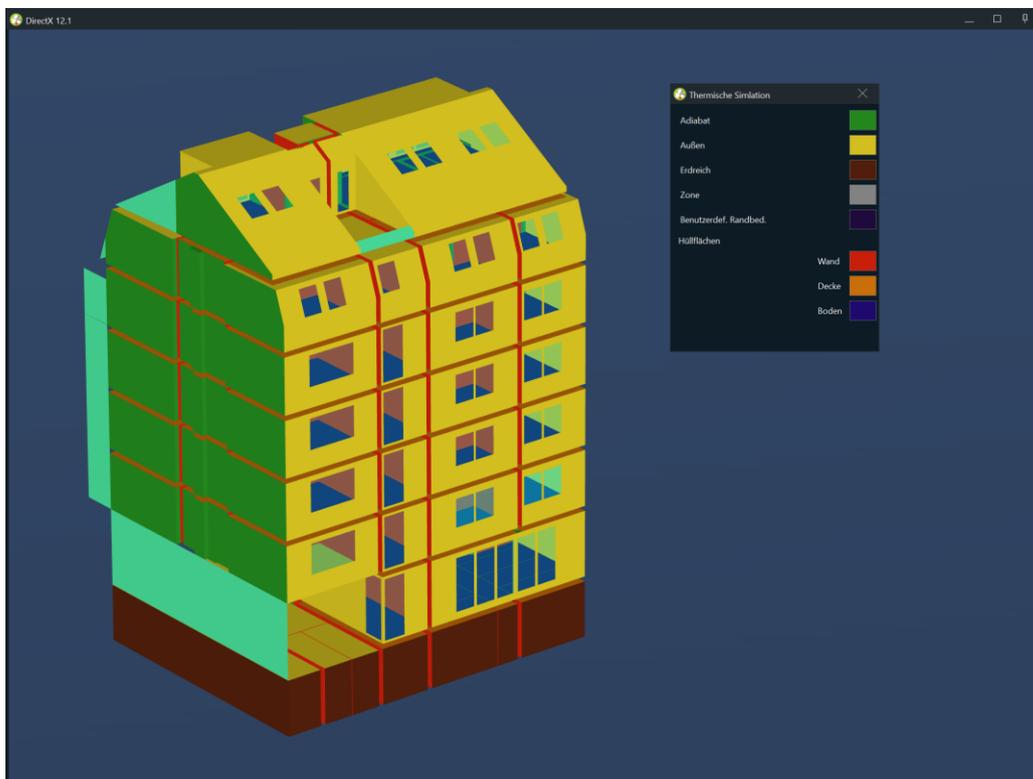


Abbildung 22: Detailliertes Gebäudemodell Straßenansicht thermische Simulation Variante 3

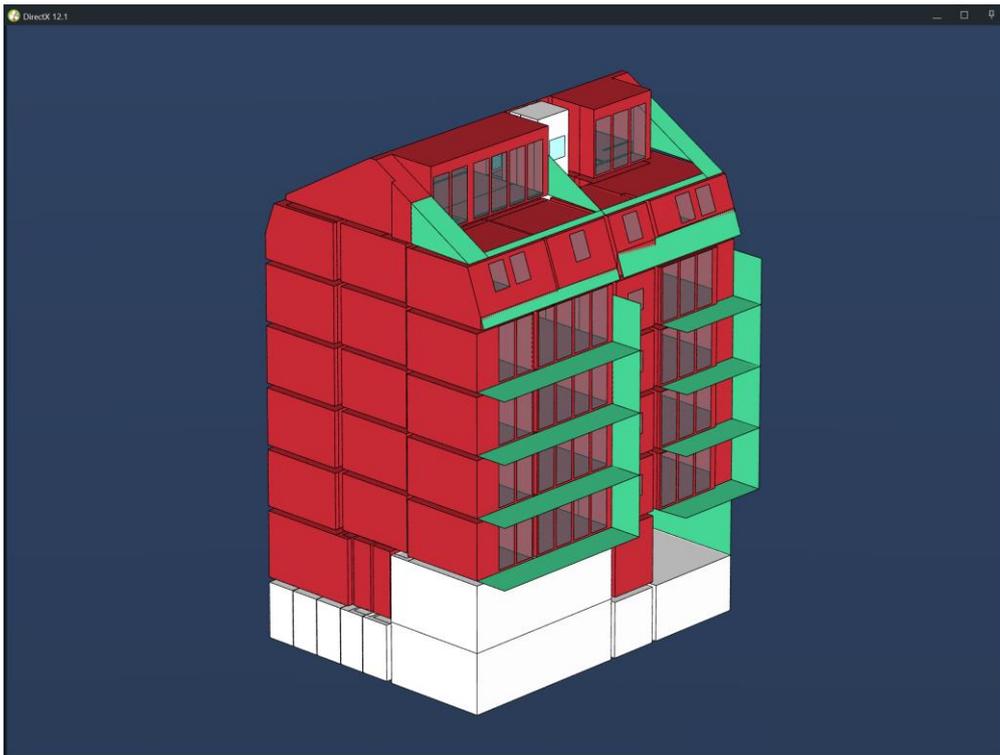


Abbildung 23: Detailliertes Gebäudemodell Hofansicht thermische Zonen Variante 3

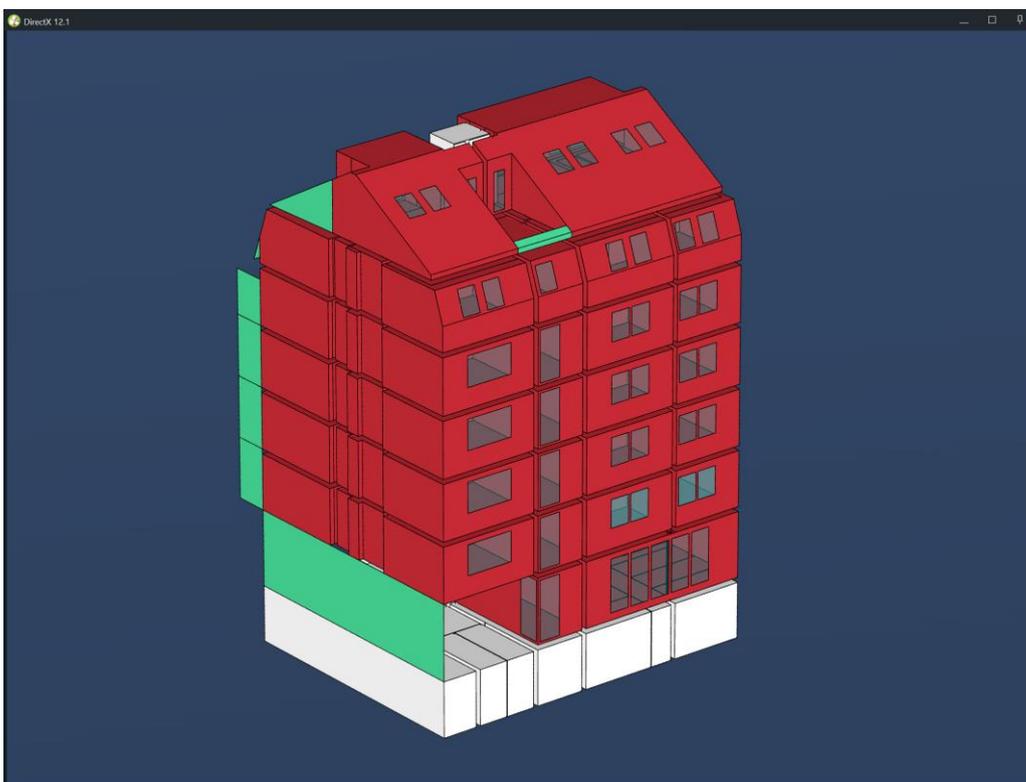


Abbildung 24: Detailliertes Gebäudemodell Straßenansicht thermische Zonen Variante 3

Ergebnisse

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung ist eine vergleichende Gegenüberstellung der acht gebildeten Szenarien aus der Variantenmatrix entstanden. Die Erläuterung der Varianten ist in Tabelle 1 aufgeführt. Die Ergebnisvisualisierung für die ermittelten Kennwerte (Heiz- und Kühllast sowie Heiz- und Kühlenergiebedarf) sind in Abbildung 25 bis Abbildung 28 dargestellt.

Tabelle 1: Erläuterung der Variantenmatrix

Variante	Konstruktion		Fensterflächenanteil	Kühlung
	außen	innen		
01	schwer	schwer	25 %	ja
02	leicht	schwer	25 %	ja
03	schwer	leicht	25 %	ja
04	leicht	leicht	25 %	ja
05	schwer	schwer	50 %	ja
06	schwer	leicht	50 %	ja
07	schwer	schwer	25 %	nein
08	schwer	schwer	50 %	nein

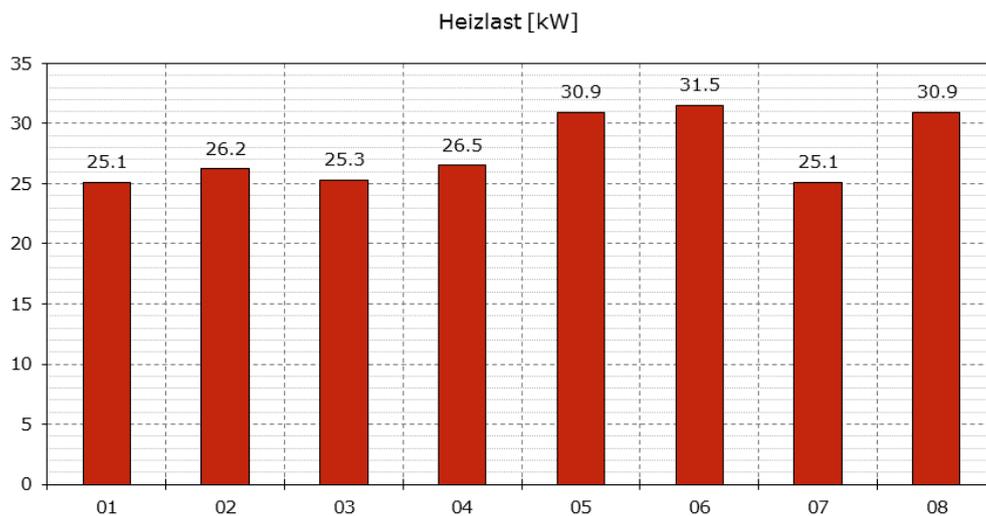


Abbildung 25: Heizlasten der Varianten

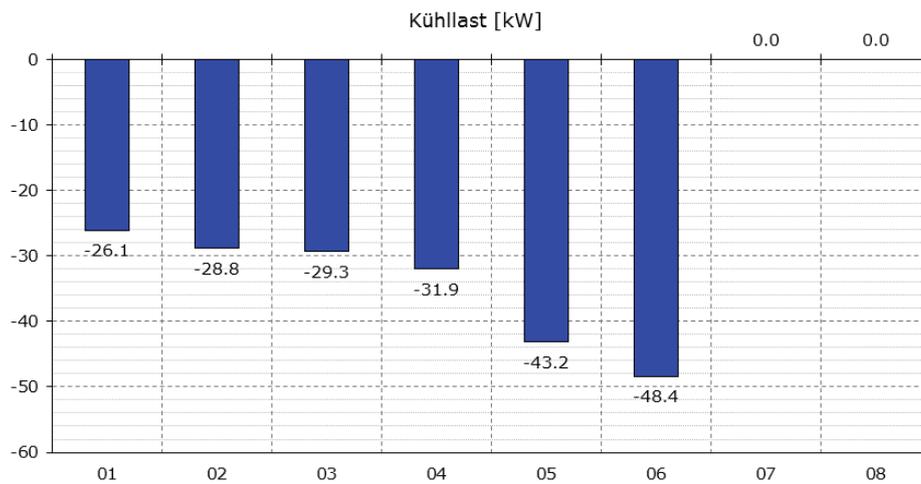


Abbildung 26: Kühllasten der Varianten

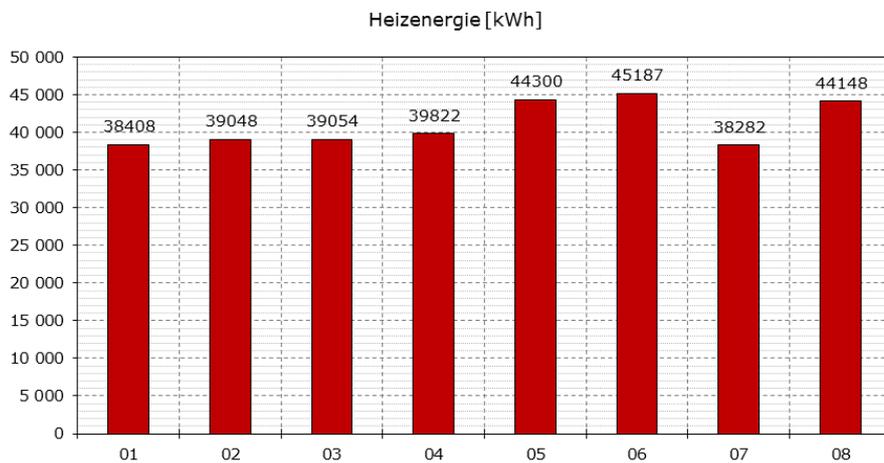


Abbildung 27: Heizenergiebedarfe der Varianten

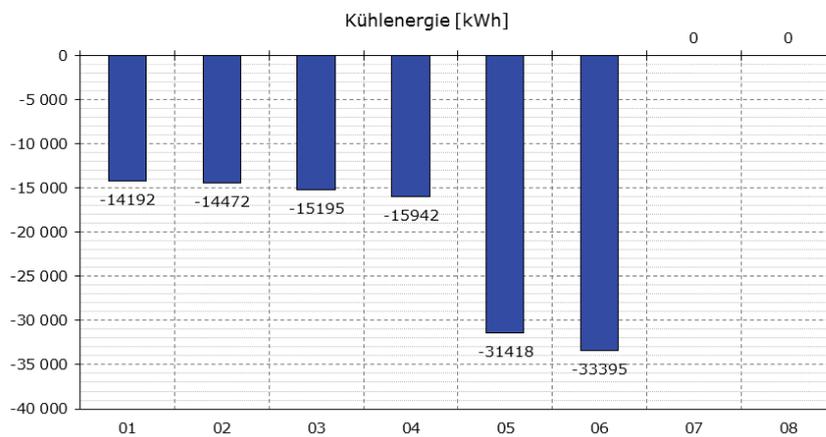


Abbildung 28: Kühlenergiebedarfe der Varianten

Vergleich der Varianten

Die einzelnen Varianten lassen sich bezüglich ihrer energetischen Parameter (Heiz-/Kühllast, Heiz-/Kühlenergie) vergleichen und bewerten.

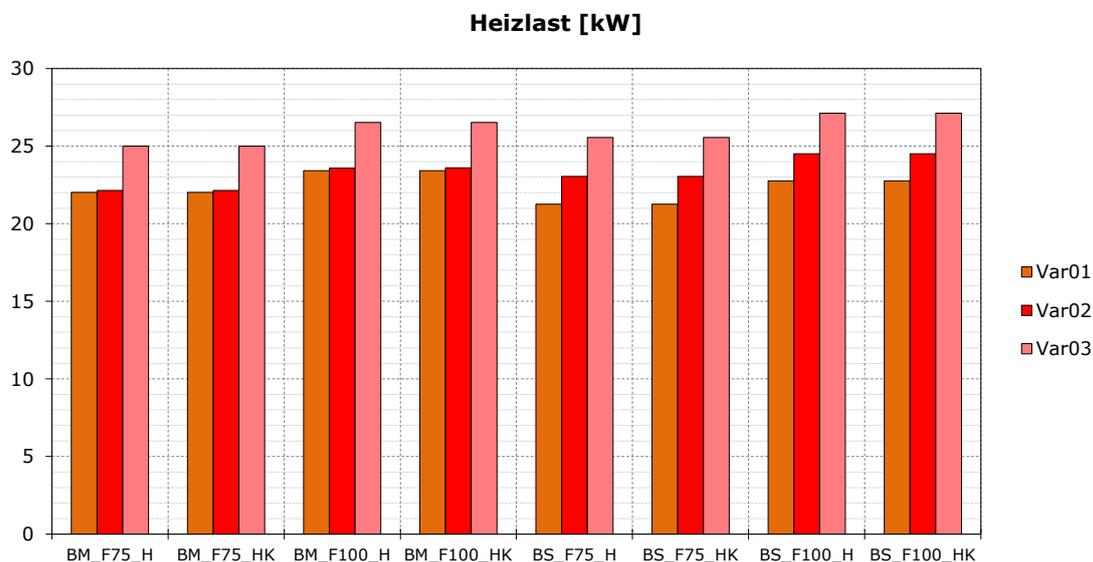


Abbildung 29 Vergleich der Heizlasten in kW

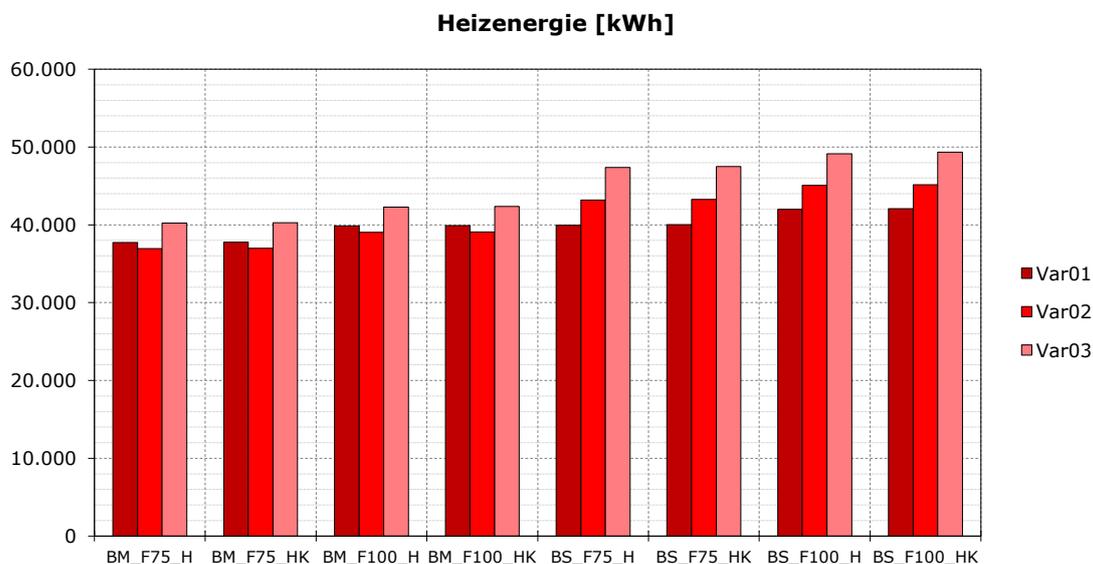


Abbildung 30 Vergleich der Heizenergie in kWh

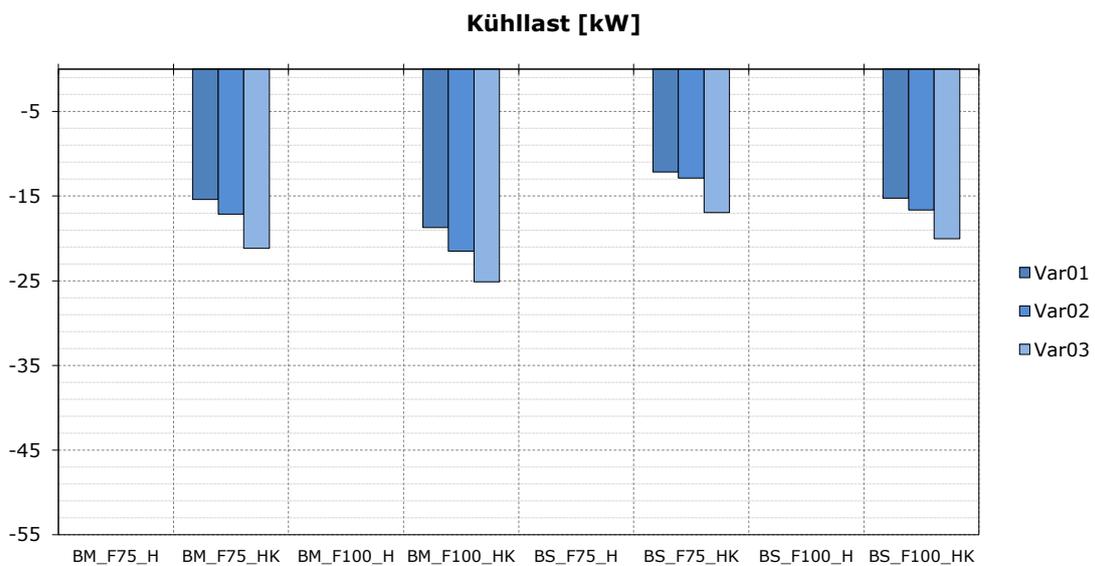


Abbildung 31 Vergleich der Kühllasten in kW

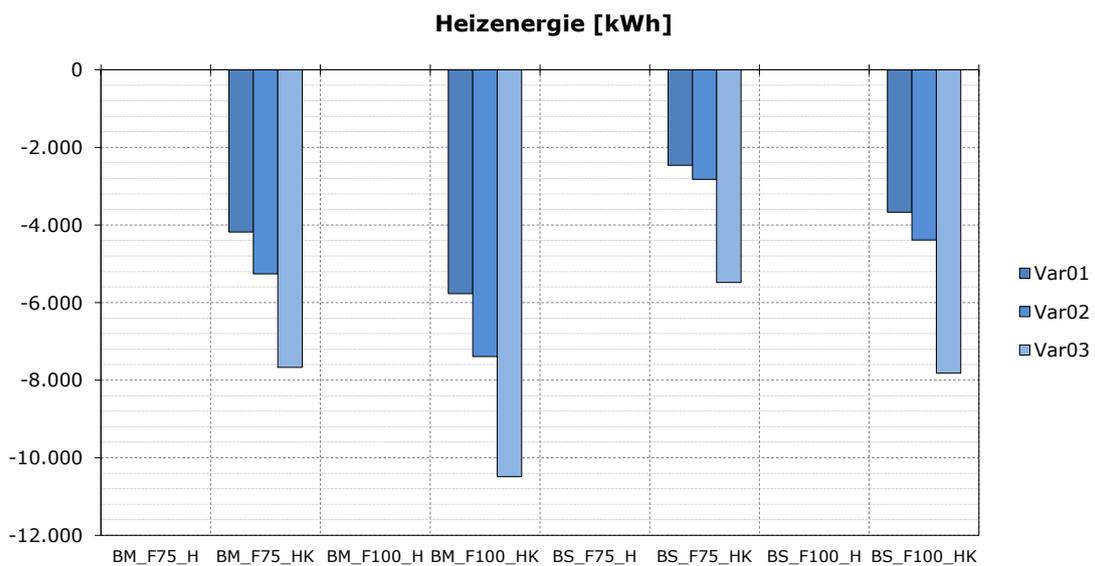


Abbildung 32 Vergleich der Kühlenergien in kWh

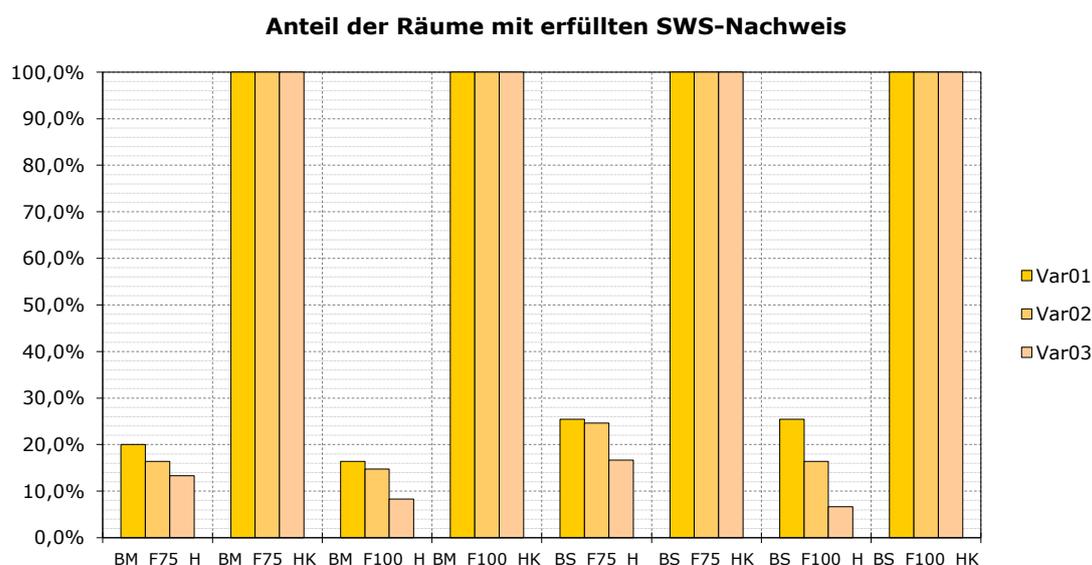


Abbildung 33 Anteil der Räume mit erfüllten SWS-Nachweis

Zusammenführung von VARIUS Explorer und Kennwertmanager

Das Softwarekonzept ist mit den bisherigen Tests an Grenzen gestoßen. Daher wurde in einem Konzept die Zusammenführung von VARIUS-Explorer und VARIUS-Kennwert-Manager angestrebt.

2.1.9 Bauphysikalische Simulationen

Allgemeines

Die Gebäudemodelle, die vom Architekten verfeinert wurden, konnten in TA 1.3 geometrisch in ein thermisches 3D-Modell transformiert werden. Die Parametrisierung von Baumaterialien, Nutzungsprofilen und Solvereinstellungen wird in diesem Arbeitspaket unter der Leitung des IBK vorgenommen.

Variantenbildung

Grundlage für die Untersuchungen bildet die Grundlagenermittlung sowie das zugehörige Bauwerksinformationsmodell des Projektpartners BPD für das im Projekt beispielhaft untersuchte Gebäude. In diesem Sachberichtszeitraum wurde dabei der Berechnungsansatz mithilfe von drei detaillierten Gebäudemodellen näher untersucht. Die Input-Kennwerte konnten vom Projektpartner BPD an das Institut für Bauphysik übermittelt werden. Der Standort, die Gebäudeabmessungen sowie die Gebäudenutzung sind als Rahmenvorgabe fest (also unveränderlich) definiert.

Erstellung des detaillierten Gebäudemodells

Für die Gebäudeerstellung (siehe Abbildung 5) wurde das Programm BIM HVACTool und SIM-VICUS genutzt. Dabei erfolgt die Einbindung der umliegenden Gebäude mittels Openstreetmap. Wie im generischen Modell, wurden auch an dieser Stelle die Verschattung der umliegenden Gebäude modelliert. Zusätzlich wurden die detaillierten Verschattungen durch Balkon und Balkontrennwände modelliert. Zusätzlich wurde die verwinkelte Dachsituation mit Verschattungsobjekten übernommen.

Die Auswertung der Variante erfolgte für die Projektpartner grafisch. Dies wird später ausschließlich mittels komprimierter Kennwerte berücksichtigt.

Vorläufige Ergebnisse

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung ist eine vergleichende Gegenüberstellung der acht gebildeten Szenarien aus der Variantenmatrix entstanden. Die Erläuterung der Varianten wurde in Tabelle 1 aufgeführt. Die Ergebnisvisualisierung für die ermittelten Kennwerte (Heiz- und Kühllast sowie Heiz- und Kühlenergiebedarf) sind in Abbildung 25 bis Abbildung 28 dargestellt.

2.1.10 Validierung des KP-Modells

Die Validierung des KP-Modells erfolgte in Zusammenarbeit mit TW und AEC3. Durch die oben beschriebenen Demonstratorstestfälle konnte im Bearbeitungsverlauf die Validierung unter realitätsnahen Anforderungen erfolgen.

2.1.11 Iterative Nutzerevaluierung und Softwareanpassung

Die Software Varius-Explorer, Kennwerte-Manager und BIMQ wurden vom Institut maßgeblich genutzt. Dadurch wurden Bedienkonzepte und Anforderungen in den verschiedenen Softwaresystemen angepasst. Zudem konnten durch Nutzung der verschiedenen Software Bugfixes von den Partnern durchgeführt werden. Das IBK kommunizierte gemeinsam mit BPD die Fehler und auch die neuen Anforderungen, welche an die Softwaresysteme gestellt werden. Ein Umbau ist die Integration des Varius-Kennwerte-Managers in den Varius-Explorer. Zudem wurden im Varius-Explorer weitere Ausgabemasken zur Visualisierung hinzugefügt. Durch die enge Zusammenarbeit und den schnellen Informationsaustausch mit den Programmentwicklern AEC3 und TW konnten diese Änderungen schnell und effizient umgesetzt werden.

2.1.12 Abschließender Testlauf und Demonstrator

In einem abschließenden Testlauf konnte eine Demonstration des Projektes erneut gezeigt werden. Dieser Testlauf erfolgte ohne Fehler und zeigt somit die gute Umsetzung des Projektes. Die Ergebnisse aus den detaillierten Gebäudemodellen, welche mit der IFC bearbeitet wurden, stehen nun im Ergebnis in der Varius-Software zur Verfügung.

2.2 TragWerk Software

TragWerk entwickelte dabei im Wesentlichen die Datenmodelle und den VARIUS-Explorer, der als Softwareplattform den Prozess und die dazugehörigen Daten zentral abbildet. Im Folgenden werden die Prozessschritte mit den zugehörigen Softwarekomponenten beschrieben.

2.2.1 Projekt erstellen

Die Projektverwaltung erlaubt das Erstellen, Anzeigen, Bearbeiten und Löschen von Projekten. Projekte im Sinne des VARIUS-Prozesses sind Bauplanungsprojekte. Jedem Projekt können beliebig viele Dokumente zugeordnet werden, die in einer Ordnerstruktur verwaltet werden.

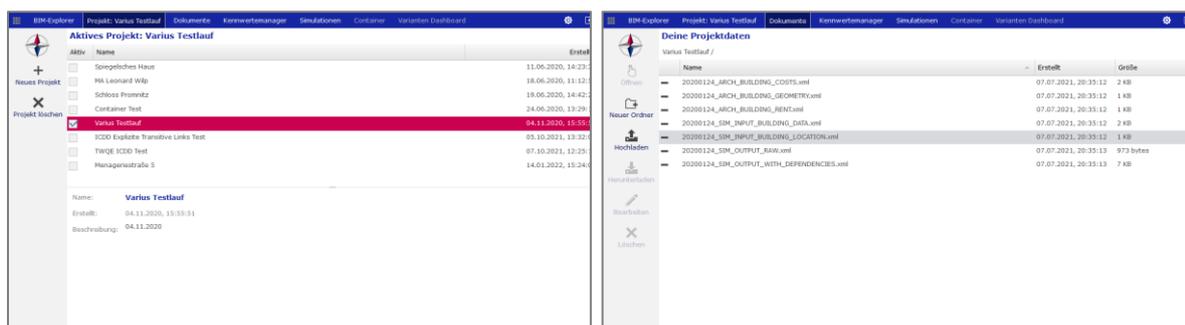


Abbildung 34: Projektverwaltung (links) und Dokumentenverwaltung (rechts)

2.2.2 Kennwerte importieren

Kennwerte werden im VARIUS-Prozess primär im Tool BIMQ des Partners AEC3 erzeugt. Um Kennwerte zwischen Softwareanwendungen zu transportieren, wurde ein Datenaustauschformat auf XML-Basis entwickelt. Diesem liegt das s.g. Datenmodell (bzw. Schema) zugrunde. Abbildung 35 zeigt einen Ausschnitt des Kennwerte-Datenmodells.

Im Kennwertemanager des VARIUS-Explorers können Kennwerte in diesem Format neu erzeugt oder als Datei importiert und weiterverarbeitet werden. Um Kennwerte direkt, ohne den Umweg über Dateien, aus der Anwendung BIMQ zu importieren, wurde darüber hinaus eine Anbindung an diese Software entwickelt.

Die Kennwerte können danach angezeigt, ergänzt, geändert oder gelöscht werden. Des Weiteren unterstützt der Kennwertemanager alle erlaubten Operationen und strukturellen Veränderungen, die im Kennwertmodell vorgesehen sind, bspw. das Anlegen und Ändern von Abhängigkeiten untereinander oder die Definition von Einschränkungen auf den Kennwertbelegungen (vgl. Abbildung 36).

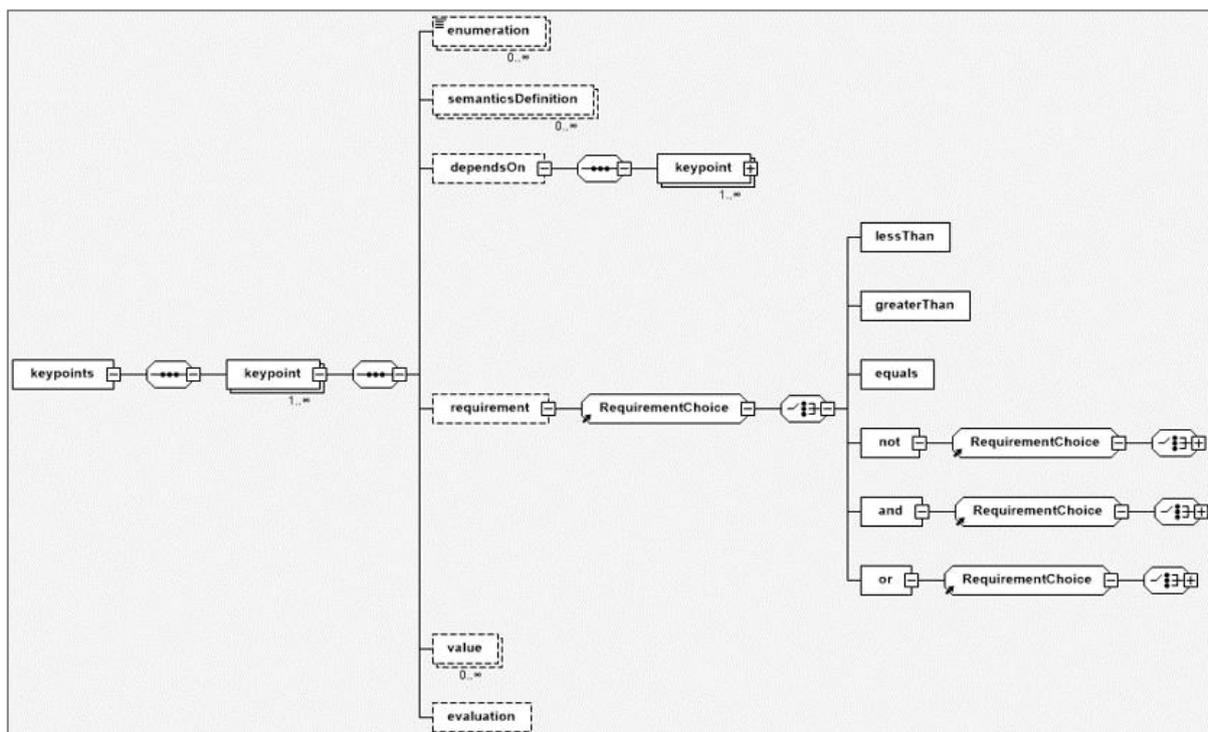


Abbildung 35: Ausschnitt des Kennwerte-Datenmodells

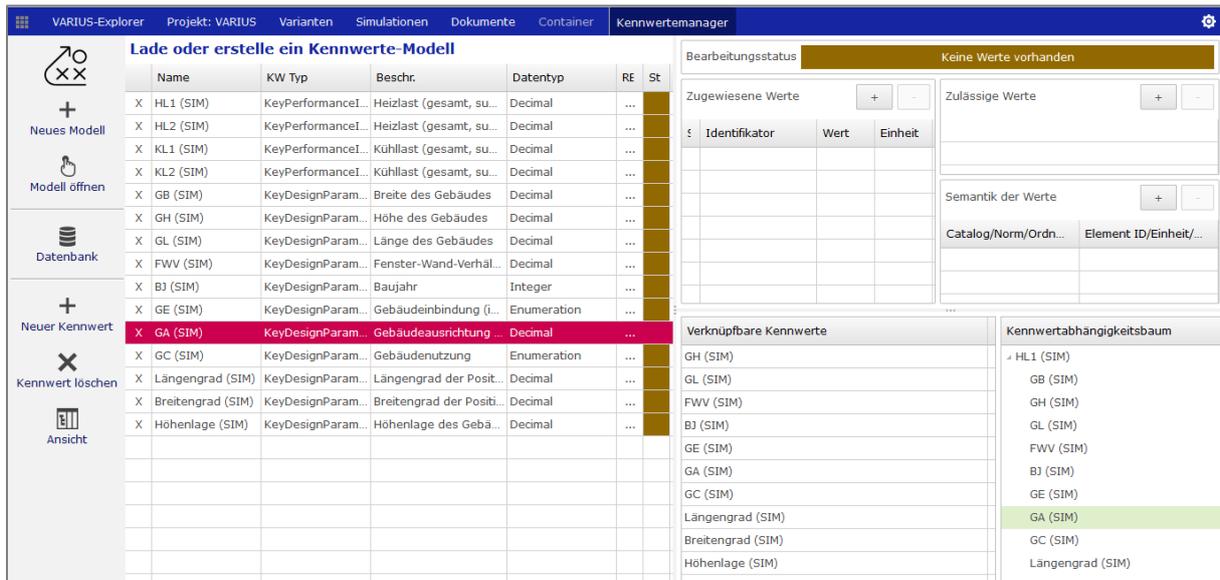


Abbildung 36: Kennwerte-Manager mit importierten Kennwerten

2.2.3 Parameter anlegen

Die Unterscheidung von Varianten geschieht anhand von s.g. Parametern und Kennwerten. Parameter sind dabei Eigenschaften des Bauprojekts, die von vornherein klar sind und über deren Ausprägungen variiert wird – bspw. Parameter „Parksituation“ mit den möglichen Belegungen „Carport“, „Doppelparker“ und „Stellplatz“ oder Parameter „Dachausbau“ mit „nicht ausgebaut“ oder „Penthouse“.

Technisch gesehen sind Parameter spezielle Kennwerte vom Typ „Key Design Parameter“ und werden ebenfalls im Kennwertemanager verwaltet. Von dort wählt der Architekt (1) die Parameter aus, welche später sinnvoll miteinander zu Varianten kombiniert und (2) welche relevanten Kennwerte ermittelt werden sollen (vgl. Abbildung 37). Relevante Kennwerte sind Eigenschaften des Bauprojekts, deren Belegung eine wichtige Eigenschaft einer Planungsvariante zum Zweck des Vergleichs und der Beurteilung darstellt. Diese Belegung ist i.d.R. nicht offensichtlich und muss durch Simulation noch ermittelt werden – bspw. Baukosten der Variante oder Energieverbrauch der Variante.

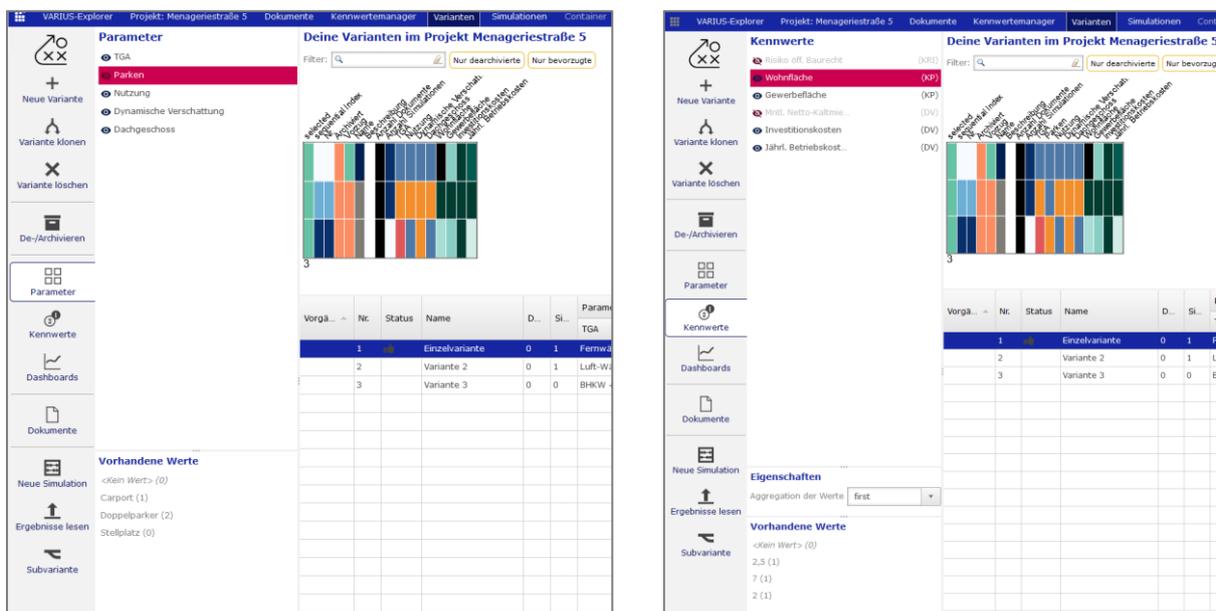


Abbildung 37: Parameter (links) und Kennwerte (rechts) im Variantenmanager

2.2.4 Varianten anlegen und navigieren

Im Variantenmanager können Varianten erstellt, bearbeitet und gelöscht werden (vgl. Abbildung 38). Einen besonderen Stellenwert nimmt die Navigation – also das Anzeigen und Filtern – von Varianten ein. Mit einer Textsuche kann u.a. nach Belegungen von Parametern und Kennwerten gesucht werden.

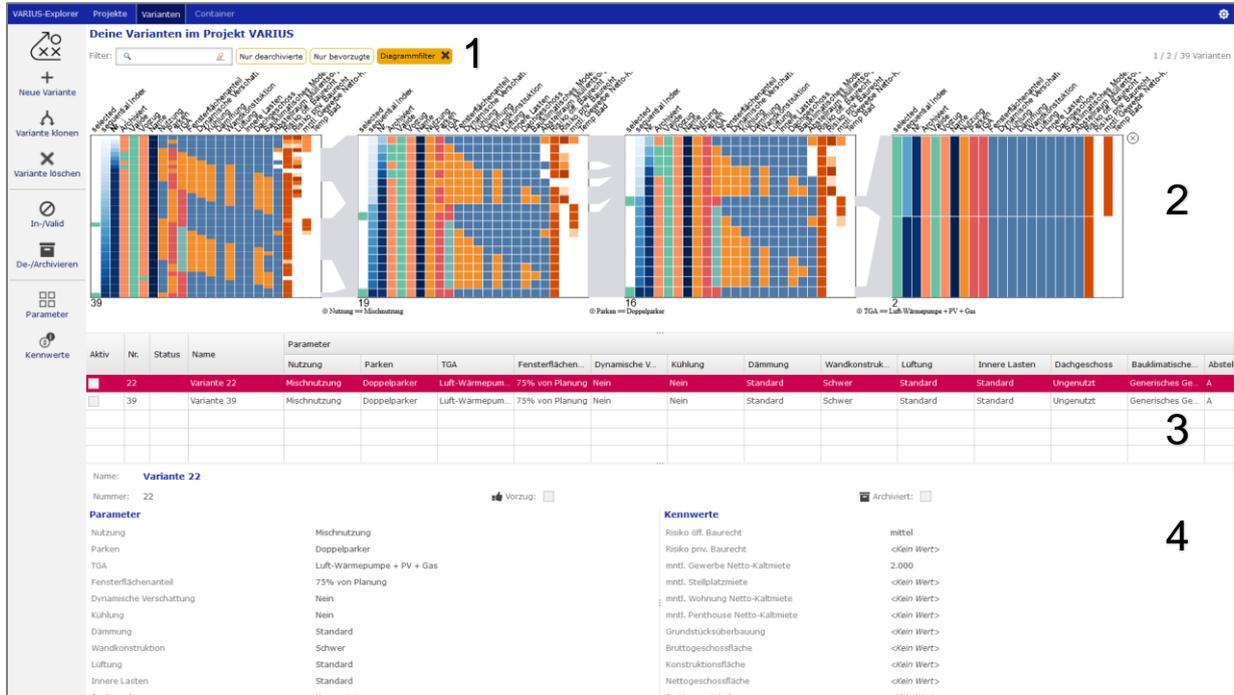


Abbildung 38: Varianten-Manager mit Textfilter (1), Übersichtsdiagramm und -filter (2), Varianten-Tabelle (3) und Bearbeitungsformular (4)

Ein interaktives Diagramm ermöglicht einen Überblick über alle Varianten und erlaubt das gezielte Sortieren und Filtern nach Varianten mit derselben Belegung von Parametern oder Kennwerten. Diese grafische Darstellung aus dem Umfeld der multivariaten Datenanalyse hat sich als besonders geeignet herausgestellt, um einen qualitativen Überblick über alle Varianteneigenschaften gleichzeitig zu erhalten. So können leicht Spitzenwerte oder ungefüllte Kennwertbelegungen entdeckt werden.

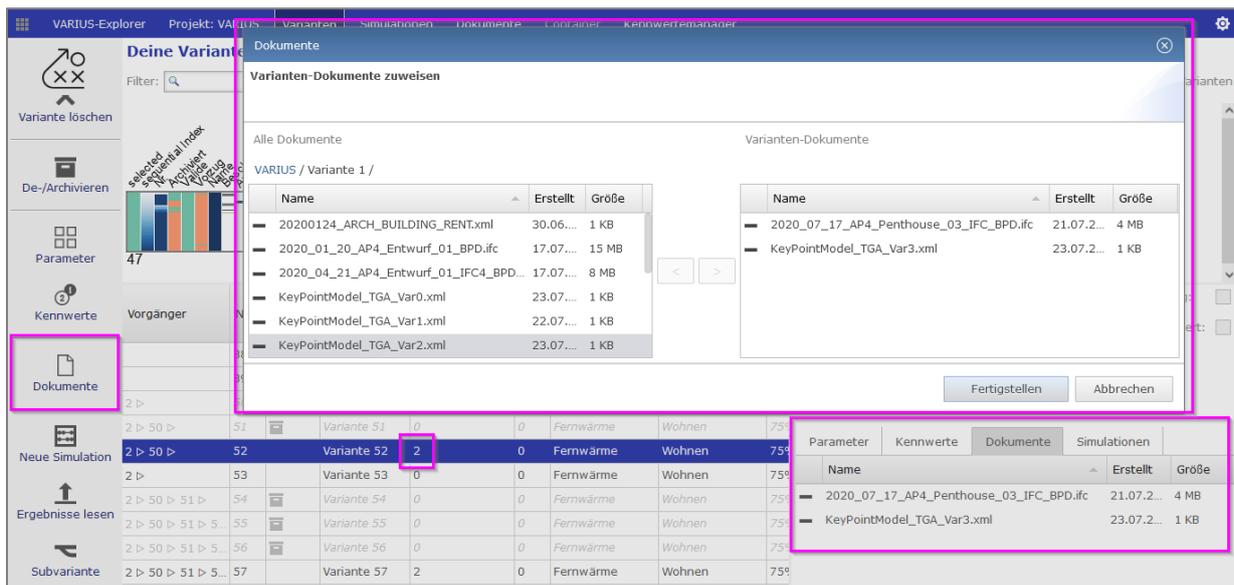


Abbildung 39: Zuordnung von Dokumenten und Fachmodellen zu Varianten

2.2.5 Dokumente importieren und mit Varianten verknüpfen

Jeder Variante können explizite Dokumente aus der projektweiten Dokumentenverwaltung zugeordnet werden (vgl. Abbildung 39). Dies ist insbesondere für Dokumente wichtig, die im weiteren Verlauf für Simulationen benötigt und anderen Partnern übergeben werden sollen. Für das 3D-BIM-Modell (IFC) ist dies ausdrücklich vorgesehen – es wird daher auf einer extra Reiterkarte in einer Vorschau dargestellt.

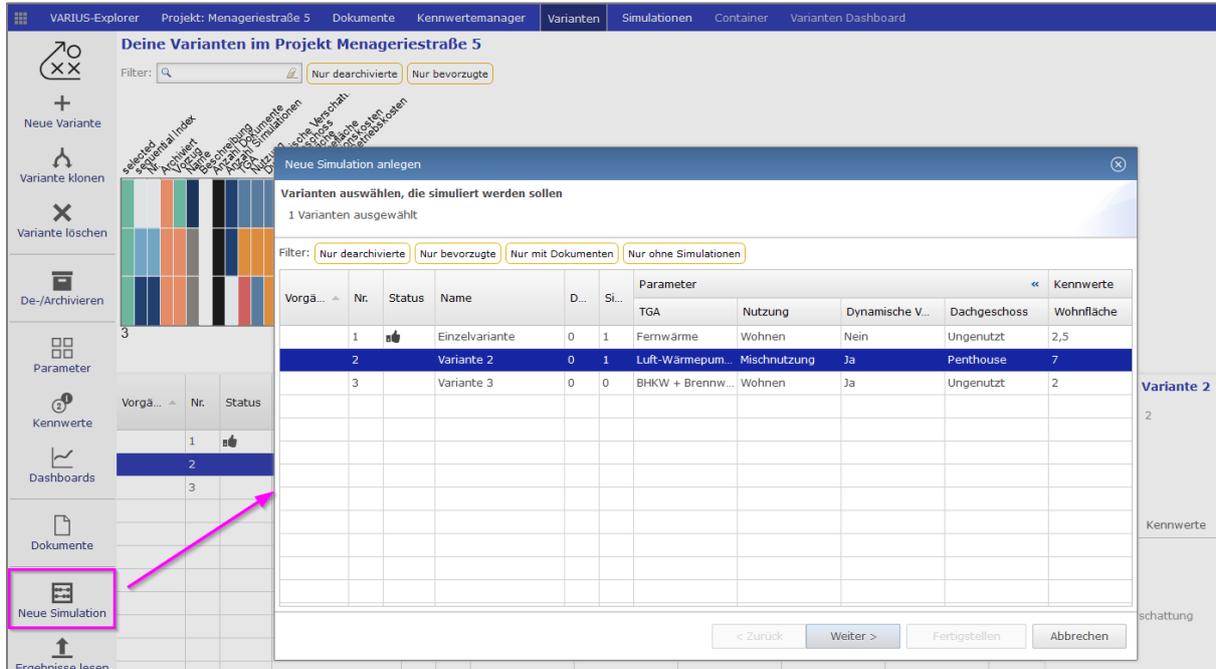


Abbildung 40: Simulation erstellen: Variantenauswahl

2.2.6 Simulationen erstellen und anfragen

Kennwerte, deren Belegung nicht trivial ermittelbar ist, können über Simulationen befüllt werden. Im Projekt wurde eine teilautomatische Einbindung von Energie- und TGA-Simulationen umgesetzt. Die Simulation des Tragwerks wurde in einer Diplomarbeit theoretisch untersucht.

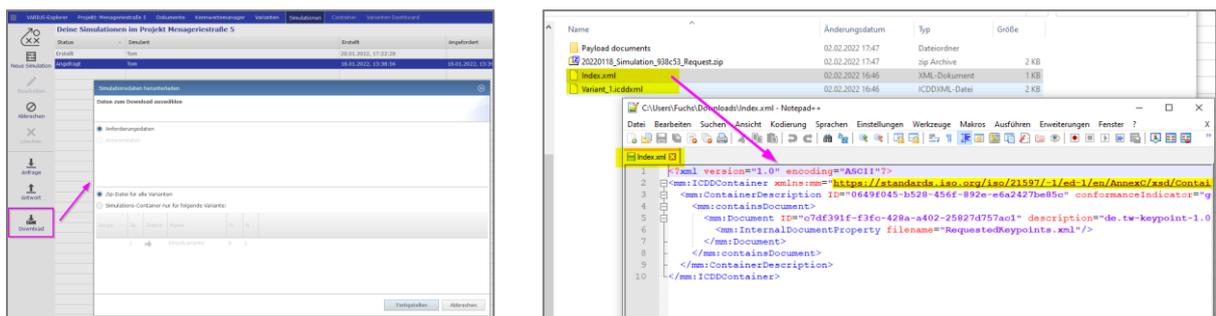


Abbildung 41: Simulationsdaten herunterladen (links) und Multimodell-Containerformat ICDD-XML (rechts)

Über einen speziellen Dialog (vgl. Abbildung 40) können Simulationen erstellt und beim entsprechenden Fachplaner angefordert werden. Die Anfrage besteht dazu aus einem gefilterten Kennwerte-Datenmodell, welches alle Parameter der Variante beinhaltet - sowie die gewünschten Kennwerte deren Belegung noch offen ist und die durch die Simulation ermittelt werden soll. Zusätzlich können Dokumente der Variante verlinkt werden, bspw. das IFC-Modell oder notwendige Details.

Diese verlinkten Fachinformationen werden je Variante als Multimodell im ICDD-Format gespeichert (vgl. Abbildung 41). Innerhalb einer Anfrage können mehrere Varianten gleichzeitig beauftragt werden.

Der Simulant kann sich die Anfrage-Multimodelle dann gebündelt oder einzeln je Variante herunterladen und die Simulation durchführen.

2.2.7 Simulationsergebnisse importieren

Die Durchführung von Simulationen ist Aufgabe der Simulanten. In VARIUS wurde mit dem Kennwerte-Modell eine Möglichkeit geschaffen, Simulationsanfragen und -antworten in Form von Kennwerten digital zu transportieren und weiterzuverarbeiten. Beim Partner TU Dresden wurden u.a. technische Systeme entwickelt, um solche Simulationsantworten automatisiert zu erzeugen.

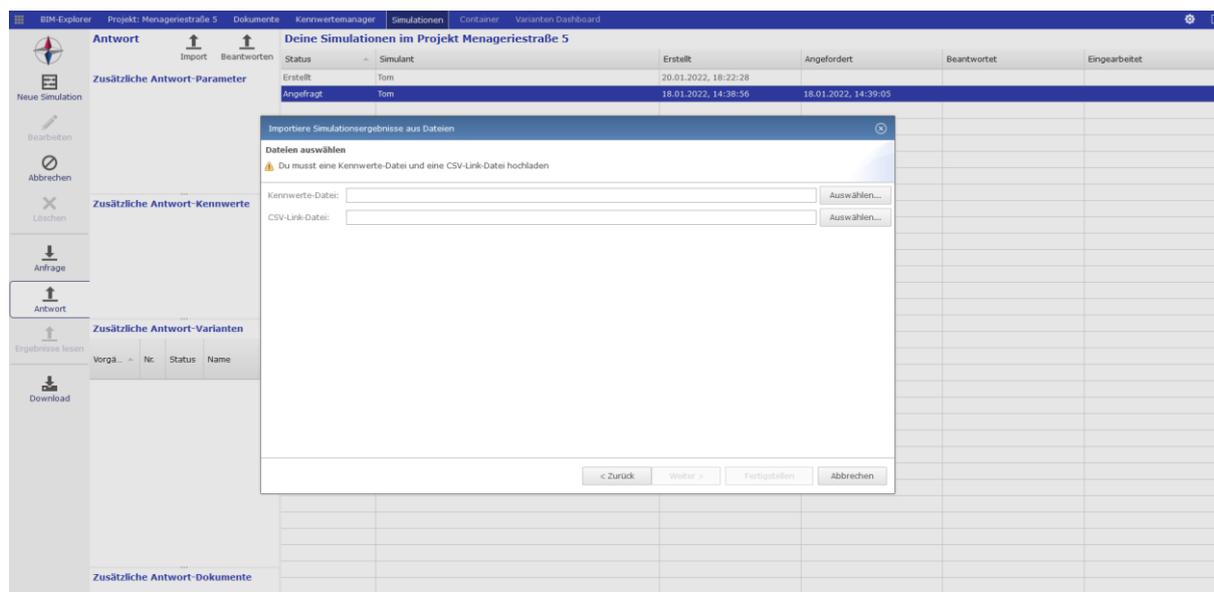


Abbildung 42: Wizard zum Import der Simulationsergebnisse

Eine Simulationsantwort besteht wieder aus einem Multimodell je Variante. Bestandteile des Multimodells sind das Kennwertemodell der Anfrage – nun ergänzt um die konkreten Belegungen der Kennwerte, die IFC-Datei der Anfrage, sowie Links zwischen den Kennwertebelegungen und Bauteilen im IFC-Modell. Diese Links schaffen Transparenz darüber, welches Bauteil welchen konkreten Kennwert besitzt, machen Bauteile untereinander vergleichbar und erhöhen so das Verständnis über die Leistung einer Gebäudevariante.

Um die technische Hürde zur Erstellung solcher Multimodelle für die Partner zu senken, hat TragWerk die Multimodellerzeugung in die Plattform integriert. Als Simulationsergebnis wird daher nur noch die befüllte Kennwerte-Datei sowie die Links zwischen Kennwertbelegungen und IFC-Bauteilen in Form einer CSV-Datei (vgl. Abbildung 42) benötigt. Importierte Simulationsergebnisse werden in einem nächsten Schritt als Kennwertbelegungen in den Variantenmanager übernommen.

2.2.8 Dashboard erstellen

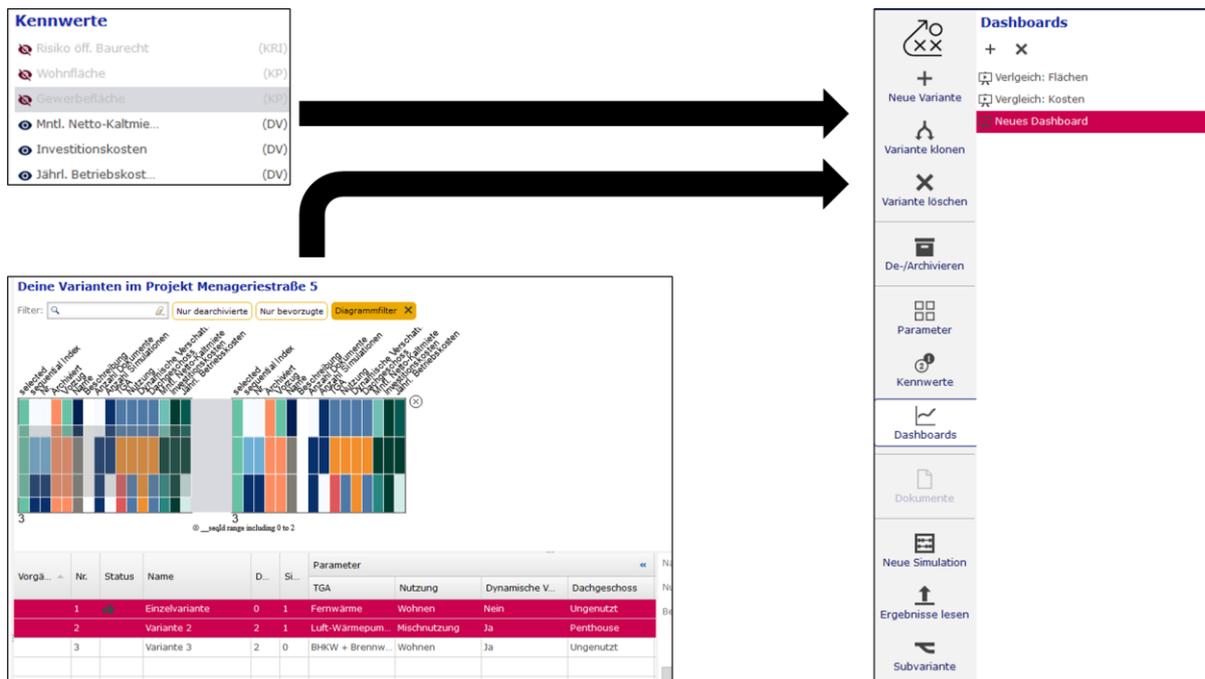


Abbildung 43: Varianten- und Kennwert-Filterung zur Dashboard-Erstellung

2.2.9 Dashboard visualisieren

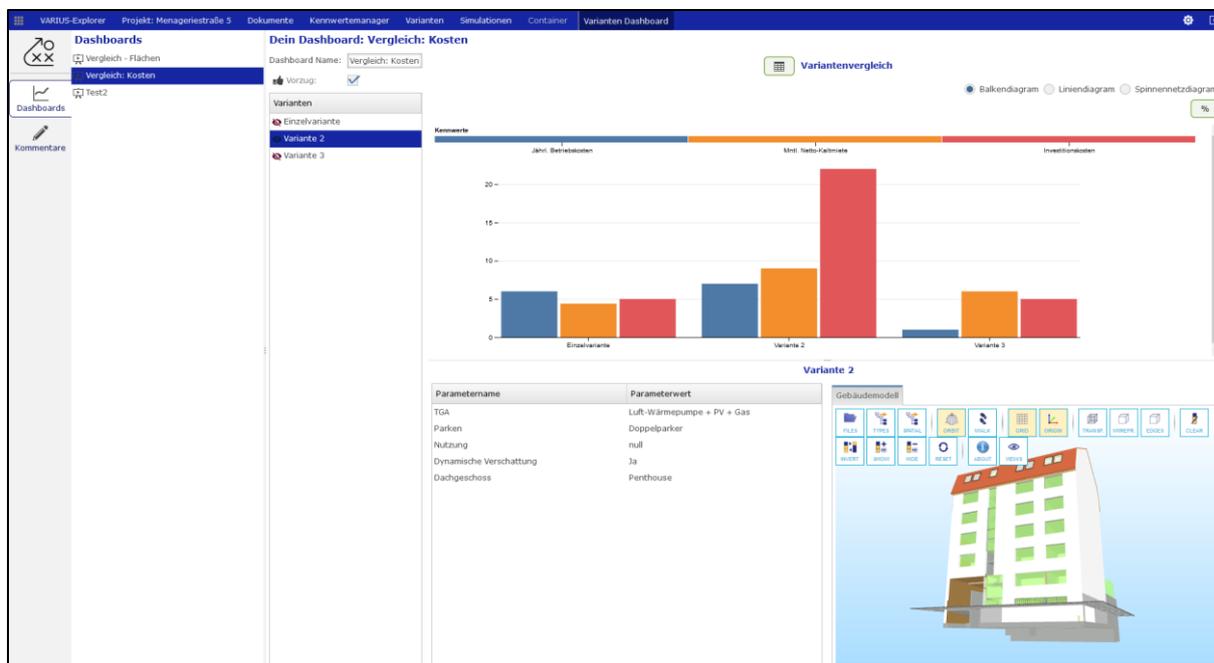


Abbildung 44: Dashboard über drei Varianten mit Fokus auf monetären Daten

2.3 AEC3

2.3.1 Kennwerte-Modell: Schema für Kennwerte und deren Verknüpfungsregeln

Im Rahmen der geplanten Projektaufgaben wurden die Anforderungen der Projektpartner - des Instituts für Bauklimatik mit der Rolle des Bauphysikers und des BauProjekt Dresden mit der Rolle des Bauherrn und Architekten – zusammengestellt und analysiert. Zuerst wurden Recherchen bisheriger Studien durchgeführt, die Themen der KPI (Key Performance Indicators), d.h. der relevanten Kennwerte umfassten. Diese ermöglichen eine fundierte Entscheidung in der Auswahl von Projektvarianten durch die Bauherren oder Architekten. Hier wurden KPIs aus unterschiedlichen Publikationen und weiteren Forschungsprojekten, die im Fokus das BIM-Thema im Energiebereich haben, verglichen. Diese dienen der späteren Abstimmung mit den Projektpartnern aus dem AP 4, die die projektbezogenen Kennwerte definiert haben (s. TA 4.1). Es wurden überdies die Datenaustauschanforderungen, die im Rahmen weiterer Energieprojekte definiert wurden, für die Bestandsanalyse verwendet. Diese ermöglichten einen Einstieg in das Thema des BIM-/Kennwertemanagements im VARIUS Projekt.

Die wichtigsten Kennwerte der Projektpartner wurden zuerst gemeinsam in Form einer Exceltabelle abgebildet und anschließend in den Kennwerte-Manager auf Basis von BIMQ der AEC3 Deutschland GmbH übernommen (s. TA 4.1). Zur verbesserten Analyse der Datenaustauschprozesse wurde die Methode der BPMN-Diagramme verwendet, um die Akteure, Prozesse sowie die ausgetauschten Daten effektiv und für alle Beteiligte sichtbar darzustellen. Das erstellte VARIUS-BPMN-Diagramm wurde während eines Jour Fixe als Grundlage für die Diskussion verwendet.

2.3.2 Stammdatenbank für Kennwerte und Regeln im Bereich Energieeffizienz

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde eine weitere Spezifizierung der Umsetzung der Anforderungen durchgeführt. Dafür wurden die analysierten Anforderungen in der BIMQ-Datenbank abgebildet, welche ein effektives und effizientes Datenmanagement ermöglicht. Dafür wurde ein eigenes Konzept erstellt, die die entsprechende Datenstrukturierung und Abhängigkeiten der Kennwerte, potenzielle Hierarchiebildung und Gruppierung der Kennwerte und damit auch die Gestaltung der Stammdatenbank für Kennwerte und Regeln im Bereich Energieeffizienz spezifiziert (TA 2.1). Dabei wurden überdies die mögliche Abbildung der Kennwerte und der Datenaustausch in OpenBIM-Formaten (IFC) weiterhin konzipiert. Dafür wurde u.a. die Schnittstelle mit NANDRAD (inkl. Eingangs- und Ausgangsdaten) abgestimmt (TA 1.4). Darauf basierend wurden die Kennwerte in der Richtlinie "Varius-Kennwertebeispiel" erfasst und schrittweise ergänzt. Zur Abbildung der Anforderungen dienten die Anwendungsfälle Energieberechnung, Energiekostenschätzung, Lebenszykluskostenschätzung. Die Anforderungen wurden zu Fachmodellen und Bauwerkselementen zugeordnet. Die entsprechenden Eigenschaften wie Heizlast, Heizenergiebedarf, Abmessungen wurden zusätzlich auf Input- und Outputanforderungen gegliedert. Als nächstes wurde ein Mapping auf IFC-Standard und Kennwertemodell vorgeschlagen. Dies resultiert aus dem früher abgestimmten Konzept der Abbildung von Kennwerten und weiteren entwurfsrelevanten Daten und ihres Austauschs in OpenBIM-Formaten (IFC). Es wurden neben den regelmäßigen Absprachen auch die bereits existierenden Projektrichtlinien und Kennwerte aus Praxisprojekten verglichen, um den Überblick über mögliche Kennzahlen und Attribute zu vergrößern.

2.3.3 Schnittstelle EnergyPlus / NANDRAD zu Kennwerte-Modell

Zusammen mit den Projektpartner wurde abgestimmt, dass Kennwertemodelle auch alleinstehend (bspw. ohne zusätzliche Gebäudemodelle) für die Kennwert-Informationsprozesse funktionieren sollen. Das bedeutet für Simulationsprozesse, dass die Informationsanforderungen aus dem Kennwertemodell ausgelesen und die Simulationsergebnis-Kennwerte in das Kennwertemodelle eingefügt werden müssen. Die Verwaltung der Kennwerte und manuelle Befüllung können über den Kennwerte-Manager des Partners Tragwerk Software erfolgen. Als Alternative zur Übertragung der Daten können native Formate wie beispielsweise von NANDRAD oder offene Formate wie das international etablierte IFC-

Format verwendet werden. In der durchgeführten Anforderungsanalyse wurden die in der BIM-Praxis erprobte Struktur bestehend aus Fachmodell und Objektklasse als Hauptordnungsmerkmale übernommen und hierin nicht nur die diskutierten Kennwerte, sondern auch die relevanten Entwurfsparameter erfasst. Diese Struktur verwendet die bei den Planungspartnern üblichen Begrifflichkeiten und ist deshalb für den Fachplaner leicht zu verstehen.

Zusätzlich wurden primär für die Kennwerte auch die Abbildung in „technische Systeme“ erfasst, die in der Regel auf allgemein akzeptierten IT-Konventionen wie der Nutzung von englischen Begriffen und dem Verzicht von Leerzeichen beruhen. Neben dem Kennwerte-XML Format können auch alternative Abbildungsformate in der Stammdatenbank dokumentiert werden. Je nach Anwendungsfall kann dann die beste technische Option gewählt werden.

Für die Erfassung energierelevanter Kennwerte wurde zunächst zwischen der Vorplanung und der Entwurfsplanung unterschieden, die sich im Detaillierungsgrad stark unterscheiden. Im Rahmen der Vorplanung wurden beispielsweise nur wenige Entwurfsparameter des Bauwerks ausgewählt, die mit Hilfe, der am Institut für Bauklimatik entwickelten Methoden bereits eine erste Variantenbildung und Abschätzung des Energiebedarfs ermöglichen. Durch die Reduzierung auf wenige Entwurfsparameter und die Beschränkung der Ausgabe auf die wichtigsten Kenngrößen ist der Datenaustausch beispielsweise auch in tabellarischer Form mit Hilfe von Excel vorstellbar und wurde exemplarisch in der Stammdatenbank berücksichtigt. In der gewählten technischen Abbildung des Kennwerte-Modells wurden deshalb auch die Begrifflichkeiten von NANDRAD verwendet, sodass hierüber bereits eine Harmonisierung erreicht wurde. Das IFC-Format und detailliertere Informationen über das vom Architekten geplante Bauwerk werden erst in der Entwurfsplanung verwendet. Die Rückgabe der Kennwerte kann neben dem einfachen Kennwerte-Modell alternativ auch direkt in dem IFC-Modell erfolgen, wurde im Rahme des Projekts aber nicht weiterverfolgt. In diesem Zusammenhang wurde als Alternative der in T1.4 beschriebene Linkansatz untersucht.

Das umgesetzte Prinzip der Stammdatenbank ist in Abbildung 45 dargestellt. Auf oberster Ebene der links zu sehenden hierarchischen Struktur befinden sich die bis jetzt erfassten Fachmodelle. Diesen Fachmodellen werden relevante Objektklassen wie Grundstück, Bauwerk, Raum, etc. zugewiesen und in der nächsten Stufe schließlich mit Entwurfsparametern bzw. Kennwerten versehen. Die weiteren Spalten fügen weiteren Angaben über Eigenschaften und die Abbildung in die verschiedenen technischen Formate hinzu, sodass hierüber auch der Informationsaustausch z.B. über das Kennwertemodell eindeutig beschrieben wird.

Fachmodell	Beschreibung	Typ	Einheiten	Kennwertmodell (xml)	Kennwertmodell (Excel)	IFC 4 Add2
Architekturmodell allgemein	-	Modell				
Architekturmodell für Energieberechnung Entwurfsplan	-	Modell				
Architekturmodell für Energieberechnung Vorplanung	-	Modell				
Grundstück		Element		Site	-	IfcSite
Standort		Gruppe		Location	-	-
Standort: Höhe über NN	für Testbeispiel 1: 113,1 m ü.NN	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	LocationAltitude	-	IfcSite.RefElevation
Standort: nördliche Breite	für Testbeispiel 1: 51,057163	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	LocationLatitude	-	IfcSite.RefLatitude
Standort: östliche Länge	für Testbeispiel 1: 13,714447	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	LocationLongitude	-	IfcSite.RefLongitude
Bauwerk		Element		Building	-	IfcBuilding
Abmessung Bauwerk	-	Gruppe		-	-	-
Gebäudelage	-	Gruppe		-	-	-
Generelle Gebäudeeigenschaften	-	Gruppe		-	-	-
Architekturmodell für Heizungskonzept	-	Modell				
Bauphysikalisches Modell	-	Modell				
Modell Heizungskonzept	-	Modell				
Überschlägiges Energiekostenmodell	-	Modell				

Abbildung 45: Screenshot der Stammdatenbank und der dort erfassten Informationen (nicht alle Informationen sind in der Darstellung enthalten)

2.3.4 Schnittstelle BIM-LV-Container (DIN SPEC 91350) zu Kennwerte-Modell

Die Nutzung des BIM-LV-Containers wurde mit Hilfe von vorhandener Software (DBD-BIM für ArchiCAD und ORCA AVA) am Beispiel des Pilot-Planungsprojekts durch AEC3 erprobt und dem Partner Tragwerksoftware für die weitere Implementierung zur Verfügung gestellt. Diese Tests haben zwei wesentliche Ziele verfolgt:

1. Erprobung effizienter, BIM-basierter Methoden zur Ermittlung der gewünschten Kostenkennwerte
2. Erstellung der Verlinkung der Kostengrößen mit dem BIM-Modell zur nachvollziehbaren Visualisierung der Kostenkennwerte (Darstellen, Navigieren und Filtern im Varius-Explorer)

Der Schwerpunkt der Tests durch AEC3 lag auf der BIM-basierten Mengenermittlung und Bemusterung. Verschiedene Ansätze wurde dafür erprobt und mit einfachen, überschläglichen Berechnungsverfahren des Partners BauProjekt verglichen. Ziel der Untersuchung war, aussagekräftige und ausreichend genaue Kostenkennwerte bei möglichst geringem Aufwand zu ermitteln. Die im Pilot-Planungsprojekt entwickelten Varianten haben sich mitunter nur in der Dachkonstruktion unterschieden, sodass hier vor allem auch die Möglichkeit untersucht wurde, sich nur auf die Kostendifferenz der Varianten zu fokussieren. Dieser Ansatz wurde am Ende favorisiert, weil der Aufwand für eine vollständige Bemusterung trotz vielerlei Auswertungsfunktionen (Gruppierung gleichartiger Bauteile, automatisierte Mengen und Massenermittlung) dennoch recht aufwendig bleibt. In Abstimmung mit der Dr. Schiller & Partner GmbH wurde die Optimierung dieser Methode innerhalb des Projektes vertiefend untersucht.

Die Abbildung 46 und Abbildung 47 zeigen die Nutzung von DBD-BIM und ORCA-AVA, wobei auch der Informationsaustausch über den BIM-LV-Container erprobt wurde.

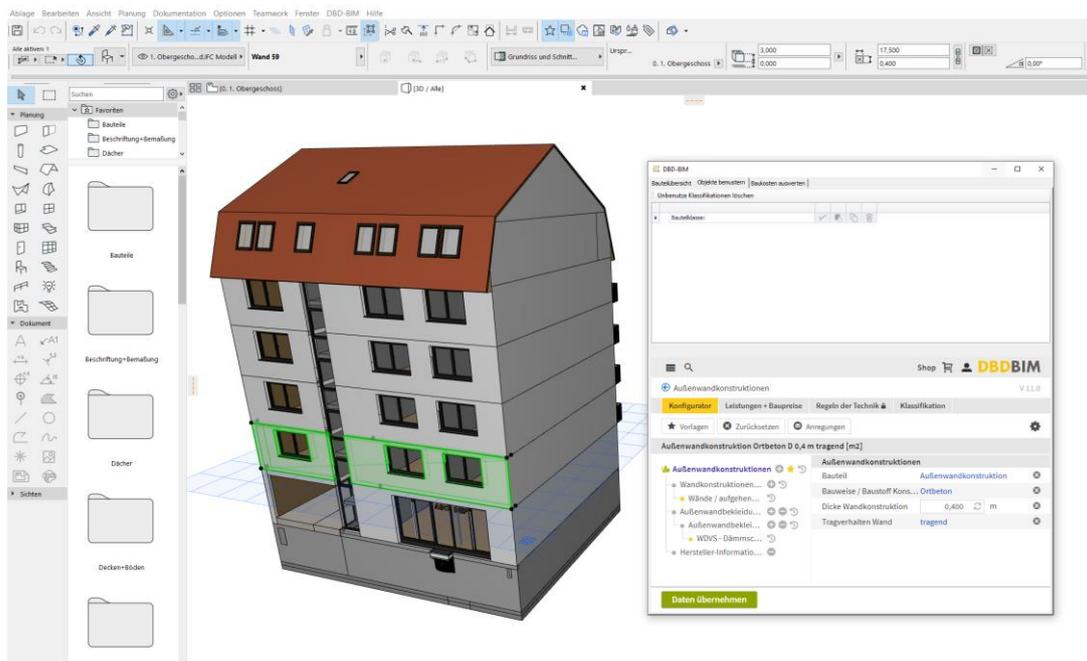


Abbildung 46: Bemusterung des Architekturmodells mit dem DBD-BIM Aufsatz für ArchiCAD

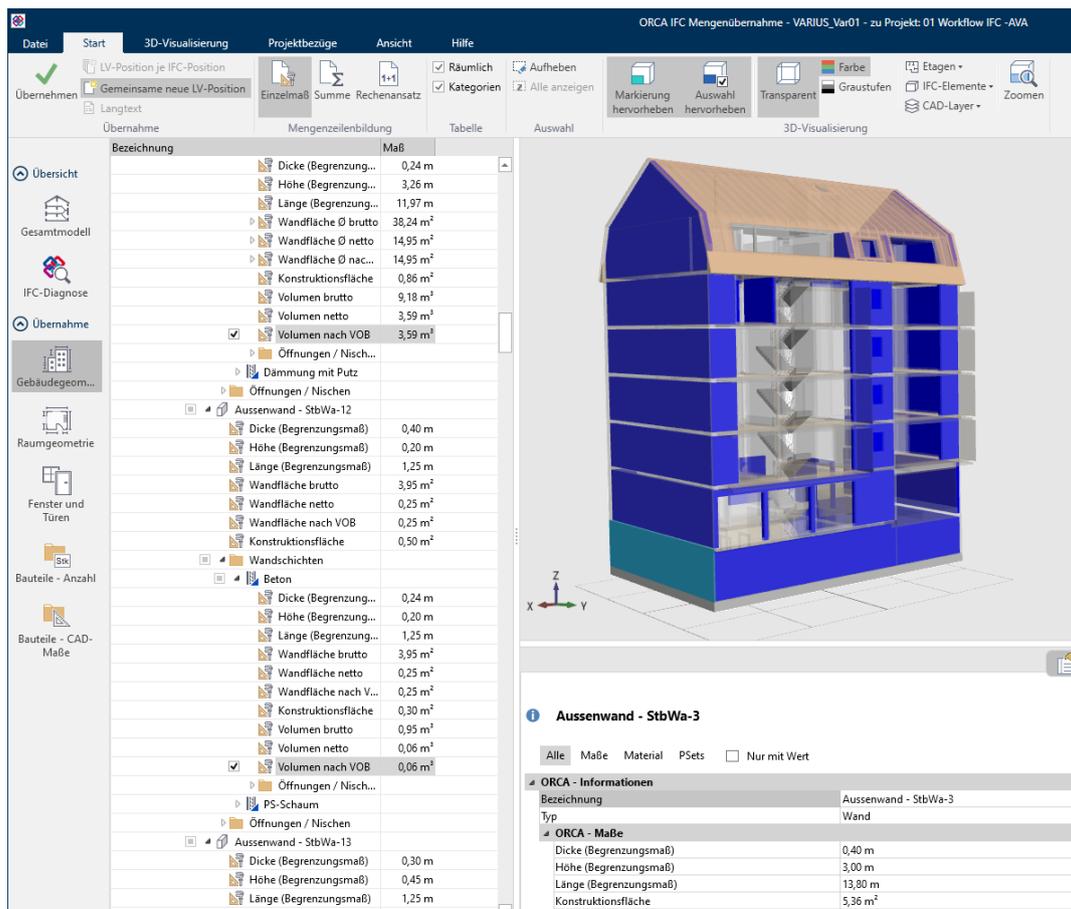


Abbildung 47: Massen- und Mengenermittlung mit ORCA AVA

2.3.5 VARIUS-Explorer Kennwertemanager Software-Applikation

In der mit Tragwerksoftware abgestimmten Varius-Softwarearchitektur wurde die Trennung der Varius-Stammdatenbank von AEC3 und dem Varius-Explorer inkl. projektbezogenem Kennwertemanager von Tragwerksoftware vorgesehen. Die Stammdatenbank fungiert somit als projektneutrale Informationsquelle, aus der sich der Bauherr und Projektmanager alle notwendigen Informationen auswählen und bei Bedarf ergänzen kann. Hierfür stehen ihm entsprechende Filterfunktionen zur Verfügung, sodass er schnell die für ihn relevanten Kennwerte und notwendigen Abhängigkeiten ermitteln kann. Hierfür wurde eine Schnittstelle zwischen der Stammdatenbank und dem Varius-Explorer umgesetzt. Das prinzipielle Zusammenspiel der beiden webbasierten Systeme ist in Abbildung 48 dargestellt. Auf diese ist prinzipielle auch möglich, die gewählten Kennwerte für das Projektmanagement und die Steuerung der verschiedenen Fachplaner zu nutzen (siehe Abbildung 49).

STEP 1 Kennwerte aus Stammdatenbank auswählen

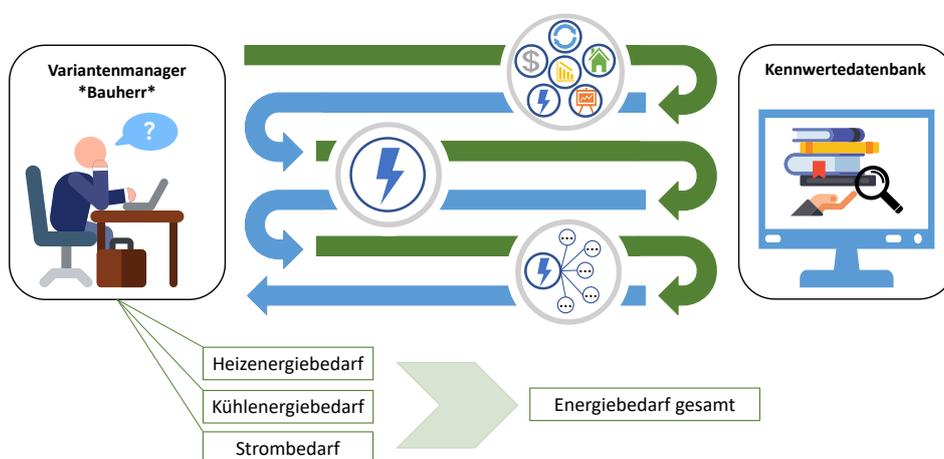


Abbildung 48: Auswahl der Kennwerte nach individuellen Kriterien des Bauherrn

STEP 2 Projekttablauf festlegen

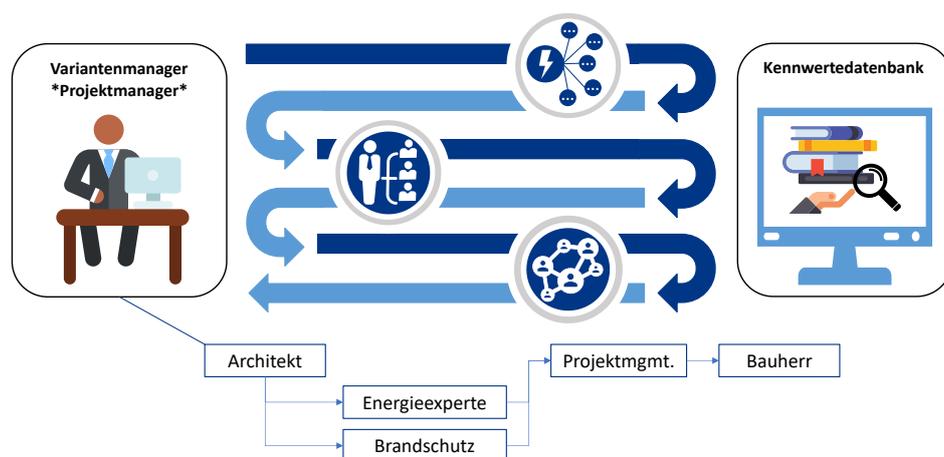


Abbildung 49: Nutzung der Kennwerte für das weitere Projektmanagement

2.3.6 Verlinkung von Kennwerte-Modell mit IFC-Daten

Auf technischer Ebene wurde ein ID-basiertes Verfahren (Verwendung eindeutiger Identifikatoren) mit Tragwerksoftware abgestimmt, was eine Verlinkung und spätere Visualisierung der Kennwerte aus dem Kennwertemodell in das IFC-Modell ermöglicht. Ziel dabei ist, diese Verlinkung direkt aus der Simulation abzuleiten und das Multimodell automatisch zu erzeugen. In der Stammdatenbank werden diese Beziehungen bereits auf Klassenebene dokumentiert (z.B. als Energiebedarf des Gebäudes, der Wohneinheit oder eines einzelnen Raumes) und können in der Verlinkung berücksichtigt werden.

AEC3 war in dieser TA unterstützend aktiv.

2.3.7 Variantenmodell: Schema zur Komposition multimodellbasierter Varianten

Die Arbeiten in diesem Arbeitspaket wurden vorwiegend durch den Projektpartner TragWerk Software GmbH durchgeführt. AEC3 war unterstützend bei der Definition der unterschiedlichen Anforderungen aktiv. Dies umfasste unter anderem kosten- oder energierelevante semantische Daten, welche für multimodellbasierte Varianten von Bedeutung sind.

2.3.8 GUI zur Kennwertevisualisierung

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden die allgemeine Programmoberfläche, die erweiterte Suchfunktionalität sowie die API umgesetzt. Entsprechende Grundlagen wurden bereits in der Anforderungsanalyse gelegt, sodass im Rahmen der iterativen Umsetzung bereits eine Validierung erfolgte. Für die Prüfung der möglichen Suchanfragen wurden umfangreiche Testszenarien erstellt und vor allem auch die Performance der Suchfunktionalität optimiert.

Die Oberfläche mit der erweiterten Suchmöglichkeit ist der nachfolgenden Abbildung gezeigt.

The screenshot shows the VARIUS - Kennwerte - V 2.1 interface. At the top, there is a navigation bar with options like 'Meine Projekte', 'Einstellungen', 'Vorlagen', 'Projektkonfiguration', 'Projektanforderungen', 'Dokumentation', 'Sprache', and 'Mitt'. Below this, the main interface is titled 'Varius - Kennwerte - V 2.1' and includes tabs for 'Anforderungstabelle', 'Suchen & Filtern', 'Mehrfachzuweisung', 'Anforderung Import', and 'Excel Import/Export'. The 'Suchen & Filtern' tab is active, showing a search bar and several filter panels: 'Optionen', 'Suche nach Typ', 'Suche in Spalten', 'Suche in Mappings', and 'Erweiterte Optionen'. The 'Suche nach Typ' panel is expanded, showing options like 'Modell', 'Element', 'Gruppe', 'Geometrie', 'Eigenschaft', and 'Wert'. Below the search panels, there is a table with columns: 'Fachmodell', 'Code', 'Beschreibung', 'Typ', 'Einheiten', 'Kommentar', and 'Leistungsbild'. The table contains data for 'Architekturmodell für Heizungskonzept', 'Grundstück', 'Identifikation', 'Standort', and 'Bauwerk'.

Fachmodell	Code	Beschreibung	Typ	Einheiten	Kommentar	Leistungsbild
Architekturmodell für Heizungskonzept	-	-	Modell	-	-	Architekt
Grundstück	01	-	Element	-	-	-
Identifikation	-	-	Gruppe	-	-	-
Beschreibung	-	Individuelle, textliche Beschreibung des Bauteils	Eigenschaft	Text	-	-
Nummer	-	Eindeutige, menschen- und maschinenlesbare Nummer des Bauteils	Eigenschaft	Identifizierungszeichen	-	-
Standort	-	-	Gruppe	-	-	-
Standort: Höhe über NN	-	-	Eigenschaft	Länge	-	-
Standort: nördliche Breite	-	-	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	-	-
Standort: östliche Länge	-	-	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	-	-
Bauwerk	02	-	Element	-	-	-
Gebäudelage	-	-	Gruppe	-	-	-
Fernwärmeanschluss vorhanden	-	Ist ein Fernwärmeanschluss vorhanden (Wahr) oder nicht (Falsch).	Eigenschaft	Wahr/Falsch	-	-
Gasanschluss vorhanden	-	Ist ein Gasanschluss vorhanden (Wahr) oder nicht (Falsch).	Eigenschaft	Wahr/Falsch	-	-

Abbildung 50: BIMQ Oberfläche mit Suchfunktionalität

2.3.9 Planungsbegleitendes Kennwerte-Management

Die für die Vorplanung tabellarisch erfassten Anforderungen für die Energiesimulation wurden bereits in der ersten Phase in die Stammdatenbank überführt und mit den Partnern bzgl. der zusätzlich erforderlichen Informationen und der empfohlenen Struktur abgestimmt. Diese Vorarbeiten wurde als Grundlage genutzt, um diese und weitere Kennwerte und Entwurfparameter in die Stammdatenbank einzupflegen. Folgende Anforderungen wurden nach der vereinbarten Struktur in Zusammenarbeit mit den Partnern BauProjekt und dem Institut für Bauklimatik in der Stammdatenbank ergänzt:

- Architekturmodell allgemein: Abbildung architektonischer Anforderungen und externer Auflagen
- Architekturmodell für Energieberechnung in der Entwurfsplanung: Erweiterung der Anforderungen aus der Vorplanung zur Auswertung von BIM-Modellen
- Architekturmodell für das Heizungskonzept: Anforderungen der Architektur für die Heizungsplanung
- Bauphysikalisches Modell: Entwurfparameter und Kennwerte aus der bauphysikalischen Berechnung durch die Methoden des IBK
- Modell für das Heizungskonzept: Ökologische und ökonomische Kennwerte für die Heizungsanlage
- Baukostenmodell: Projektbezogene Baukosten-Kennwerte gegliedert in Kostengruppen nach DIN 276
- Überschlätiges Energiekostenmodell: Inputanforderungen von geschätzten Gebäude-Energiekosten und Energiepreisen

Die Abbildung 51 zeigt einen Auszug aus der Stammdatenbank am Beispiel des bauphysikalischen Modells. Die Trennung in Eingabe- und Ausgabewerte wurde beibehalten und kann für die Filterung der Kennwerte verwendet werden. Die Abbildung der Entwurfparameter auf das IFC-Modell wurde beispielhaft eingepflegt. Da die Entwurfparameter nicht im Fokus der späteren Auswertung und Filterung stehen, wurden das Prinzip nur exemplarisch mit den Partnern diskutiert.

Fachmodell	Beschreibung	Typ	Einheiten	Kennwertemodell (xml)	LPH3-EnB2_In	LPH3-EnB2_Out
Architekturmodell allgemein	-	Modell	-	-	-	-
Architekturmodell für Energieberechnung Entwurfsplanung	-	Modell	-	-	-	-
Architekturmodell für Energieberechnung Vorplanung	-	Modell	-	-	-	-
Architekturmodell für Heizungskonzept	-	Modell	-	-	-	-
Bauphysikalisches Modell	-	Modell	-	-	-	-
Grundstück	-	Element	-	Site	-	-
Standort	-	Gruppe	-	Location	X	-
Gebäudeausrichtung	Gebäudeverdrehung von Nord (0°) Richtung O	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	BuildingOrientation	-	-
Standort: Höhe über NN	-	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	LocationAltitude	X	-
Standort: nördliche Breite	-	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	LocationLatitude	X	-
Standort: östliche Länge	-	Eigenschaft	ebener Winkel (Grad, Minute und Sekunde)	LocationLongitude	X	-
Wetterdaten	-	Gruppe	-	-	-	X
Horizontale Globalstrahlung	-	Eigenschaft	-	-	-	X
Relative Umgebungsluftfeuchtigkeit	-	Eigenschaft	-	-	-	X
Umgebungsdruck	-	Eigenschaft	-	-	-	X
Umgebungstemperatur	-	Eigenschaft	-	-	-	X
Bauwerk	-	Element	-	Building	-	-
Abmessung Bauwerk	-	Gruppe	-	-	-	-
Eigenschaften Energiebezug	-	Gruppe	-	-	-	X
Dynamischer Gebäude-Raumheizenergiebedarf	-	Eigenschaft	-	-	-	X
Dynamischer Gebäude-Raumkühlenergiebedarf	-	Eigenschaft	-	-	-	X
Dynamischer Gebäude-Trinkwasserenergiebedarf	-	Eigenschaft	-	-	-	X
Gebäude-Heizlast	Maximaler Jahreswert für Heizlast des Gebäud	Eigenschaft	Leistung,W	HeatingLoad	-	X
Gebäude-Kühlenergiebedarf	Jahreswert für Kühlenergiebedarf des Gebäude	Eigenschaft	Energie,J	CoolingEnergyDemand	-	X
Gebäude-Kühllast	Maximaler Jahreswert für Kühllast des Gebäude	Eigenschaft	Leistung,W	CoolingLoad	-	X
Gebäude-Raumheizenergiebedarf	Jahreswert für Heizenergiebedarf des Gebäude	Eigenschaft	Energie,J	HeatingEnergyDemand	-	X

Abbildung 51: Screenshot der Stammdatenbank mit Informationen des Bauphysikalischen Modells

2.3.10 Objektplanung mit Varianten

Die in Abstimmung mit dem Projektpartner BauProjekt Dresden bereitgestellten IFC-Modelle wurden in mehreren Schritten angepasst und optimiert. Dies beinhaltete eine Verbesserung der geometrischen Ausprägung, räumlichen Struktur und des alphanumerischen Informationsgehaltes. Weiterhin wurden die zu Beginn im IFC2x3 Schema verfügbaren Modelle in das IFC4 Schema überführt. Somit standen

die IFC-Modelle in jeder Variante entweder im IFC2x3 oder im IFC4 Schema zur Verfügung. Die Anpassungen des alphanumerischen Informationsgehaltes umfassten erweiterte baustoffbezogene Daten wie Material, bauphysikalische Kennwerte, monetäre Kennwerte sowie spezifische Angaben zur Identifikation jedes IFC-Elementes (Codierung, Bauteiltypen etc.).

Zusätzliche zu den IFC-Basismengen wurden die vom verwendeten Modellierungswerkzeug ViCADO erzeugte Mengenangaben exportiert. Dies ermöglichte eine direkte Gegenüberstellung zwischen den im Standard exportierten IFC-Basismengen und den in der nativen Software berechneten Mengen. Ein Vorteil der programintern Berechnungen ist die Fülle an zusätzlichen mengenbasierten Informationen wie die Angabe von Öffnungen eines Elementes oder detaillierte Schichtangaben. Diese Daten eignen sich ebenfalls zur Weiterverarbeitung in Bezug auf einen teilautomatisierten Mengen- und Kostenvergleich der unterschiedlichen Varianten. Hierauf wird im Arbeitspaket „TA 4.4 – Variantenauswertung und Entscheidungsprozesse“ näher eingegangen.

Die vom Projektpartner BauProjekt Dresden entwickelten Gebäudemodellvarianten unterscheiden sich in ihren geometrischen Ausprägungen sowie in der Art der verwendeten Materialien. Für den kostenoptimierten Entscheidungsprozess ist hier die genaue Aufteilung der verwendeten Flächen hilfreich. Um diese Grundlage bereitzustellen, erfolgte eine komplette Zonierung der IFC-Modelle in den drei unterschiedlichen Varianten. Somit war eine genaue Zuweisung von Räumen zu Wohn- und Gewerbeeinheiten möglich. Kostenparameter lassen sich auf diese Weise leicht mit einzelnen Zonen verknüpfen. Vorstellbar ist auf dieser Grundlage eine Klassifizierung nach spezifischen Kriterien wie Ausstattungsgrad, Zustand und anderen monetär relevanter Parametern. Diese zusätzlichen Informationen können dem Bauherrn als wichtige Entscheidungsgrundlage bei der Variantenauswahl dienen und ermöglichen so eine noch genauere kostenbasierte Gegenüberstellung. Die nachfolgende Abbildung zeigt das Modell in der Variante 2 mit Zonierung der Räume zu Wohn- und Gewerbeeinheiten.

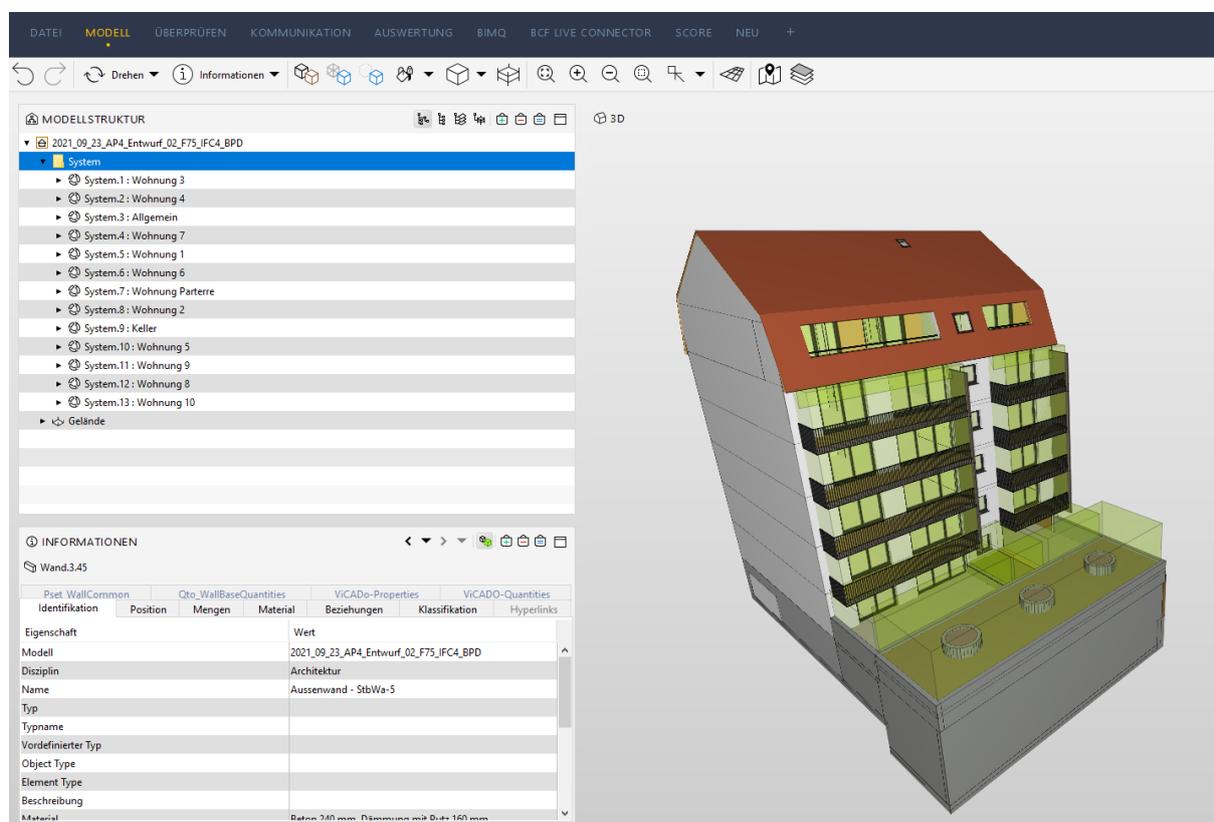


Abbildung 52: Aktualisiertes IFC-Modell in der Variante 2 mit Zonierung und erweiterten alphanumerischen Informationsgehalt

2.3.11 Variantenauswertung und Entscheidungsprozesse

Im Arbeitspaket, TA 1.4 – Schnittstelle BIM-LV-Container (DIN SPEC 91350) zu Kennwerte-Modell, wurde bereits Grundlagen für die Verlinkung der Daten gelegt. Im Vordergrund stand die Erprobung BIM-basierter Methoden zur Ermittlung der gewünschten Kostenkennwerte sowie die Verlinkung der erforderlichen Kostengrößen mit dem BIM-Modell. Hierzu wurden die Softwaretools ORCA-AVA und DBD-BIM gegenübergestellt. Die Ergebnisse waren Grundlage für die Variantenauswertung und Entscheidungsprozesse. Im Hinblick auf einen konsistenten Workflow der teilautomatisierten Mengenermittlung und Kostenschätzung, zeigten sich hier noch folgende Schwachstellen:

- Zuordnungsfehler bei der automatischen Mengenermittlung
- Erhöhter Aufwand des Variantenvergleichs

Bei beiden Softwarelösungen kommt es infolge falschinterpretierter Bauteilzuweisungen zu Fehlern in der teilautomatisierten Mengenermittlung. Dies kann nur zum Teil auf die Qualität des IFC-Modells zurückgeführt werden. Auch ein präferierter kostenbasierter Variantenvergleich ist nur mit einem erhöhten Mehraufwand möglich. Projektziel ist es jedoch, dass einzelne Varianten schnell und vergleichsweise unkompliziert miteinander verglichen werden können. Im Rahmen dieser Zielsetzung sollte der Workflow mit dem Tool DBD-BIM intensiver untersucht werden.

Die hier gewonnenen Erkenntnisse führten allerdings nicht zum gewünschten Ergebnis. Nachfolgend fand ein Meeting mit dem Hersteller des Softwaretools DBD-BIM der Firma Dr. Schiller & Partner GmbH statt, bei welchem die Problematik erläutert und weitere wichtige Fragen abgeklärt werden sollten. Dies umfasst unter anderen die Fragestellung nach einer möglichen Minimierung des Aufwands bei der Variantenbemusterung, Einsatz von Bemusterungsvorlagen oder die Möglichkeiten der Datenübergabe an andere Softwareprodukte. In Abstimmung mit der Firma Dr. Schiller & Partner GmbH wurde ein weiteres Softwaretool vorgeschlagen (DBD-Connect), welches die Anforderungen der im Projekt gesetzten Zielstellung erfüllen soll.

Auf Basis der im Arbeitspaket „TA 4.2 – Objektplanung mit Varianten“ zur Verfügung gestellten IFC-Modelle, wurde ein Vergleich der drei unterschiedlichen Varianten mit DBD-Connect durchgeführt. Die ersten Tests mit der teilautomatisierten Mengen- und Kostenschätzung lieferte bereits gute und brauchbare Ergebnisse. Jedoch kam es aufgrund unterschiedlichster Probleme in Bezug auf die Modellierung, IFC-Klassifizierung und der Fülle an übertragenen alphanumerischen Informationen, zu abweichenden und verfälschten Ergebnissen.

Die größte Fehlerdichte trat hier bei der vom Projektpartner BauProjekt Dresden festgelegten IFC-Klassifizierung von Wänden auf. Diese wurden gemäß Standard korrekt auf IfcWall gemappt. Einige Wände wurden allerdings auf die IFC-Klasse IfcWallStandardCase gemappt. Diese Klasse definiert eine Standardwand mit bestimmten Randbedingungen an die geometrische Darstellung. Somit wird diese Definition für Wände verwendet, welche vertikal extrudiert, gekrümmt oder geschnitten werden. Das Problem lag hier konkret darin, dass die Software DBD-Connect diese Wände entweder nicht erkennt oder in einer falschen Darstellung interpretiert. Das Resultat sind verfälschte Mengenangaben, welche sich unweigerlich auf eine ebenfalls verfälschte Kostenschätzung überträgt. Hierbei muss erwähnt werden, dass dieses Problem IFC2x3 spezifisch ist, da die Definition IfcWallStandardCase im IFC4 Schema nicht existiert. Das Thema wurde mit der Firma Dr. Schiller & Partner GmbH diskutiert, um sicherzustellen, wie die IFC-Klasse IfcWallStandardCase vom Programm korrekt interpretiert werden kann.

Eine weitere Fehlerquelle betraf die nicht korrekte Modellierung von Elementen. Hier kam es zum Teil zu Bauteilüberschneidungen, welche falsche Mengenangaben lieferten. Jede Überschneidung wurde damit zu den wirklichen Mengen aufaddiert. Diese kleinen Abweichungen wirken für das einzelne Element irrelevant, können jedoch in ihrer Summe zu größeren Differenzen führen. Währenddessen Bauteilüberschneidungen in den ersten IFC-Modellen noch die Regel waren, konnten diese Fehler in späteren IFC-Exports bis auf wenige Ausnahmen beseitigt werden.

Eine weitere Verbesserung in Bezug auf eine genauere Mengen- und Kostenberechnung konnte durch die zusätzlichen Angaben des alphanumerischen Informationsgehaltes der Modelle erzielt werden. Beispielsweise war es jetzt möglich genauere Angaben zu verwendeten Materialien bereitzustellen. Die weitere Angabe von internen Mengenberechnungen der Modellierungssoftware ViCADo, führte ebenfalls zu einem genaueren Gesamtergebnis. Die im fünften Projektabschnitt vorgenommenen Optimierungen der verschiedenen IFC-Modelle, liefern somit präzisere und realistischere Ergebnisse. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Darstellung aller im IFC-Modell klassifizierten Wände. Diese wurden weiterhin vier Qualitätstypen zugeordnet, welche jeweils mit unterschiedlichen Kostenparametern versehen sind. In der Darstellung ist ebenfalls zu sehen, dass es im IFC4 Import nicht zu den beschriebenen Problemen in Bezug auf die geometrische Interpretation einzelner Bauelemente kommt. Alle Wände werden von der Software DBD-Connect korrekt erkannt und abgebildet. Der Aufwand aktualisierte IFC-Modelle einzuladen ist sehr gering, da für eine Zuweisung von Qualitätstypen und spezifischen Kostenparametern immer eine bereits erstellte Vorlage verwendet werden kann.

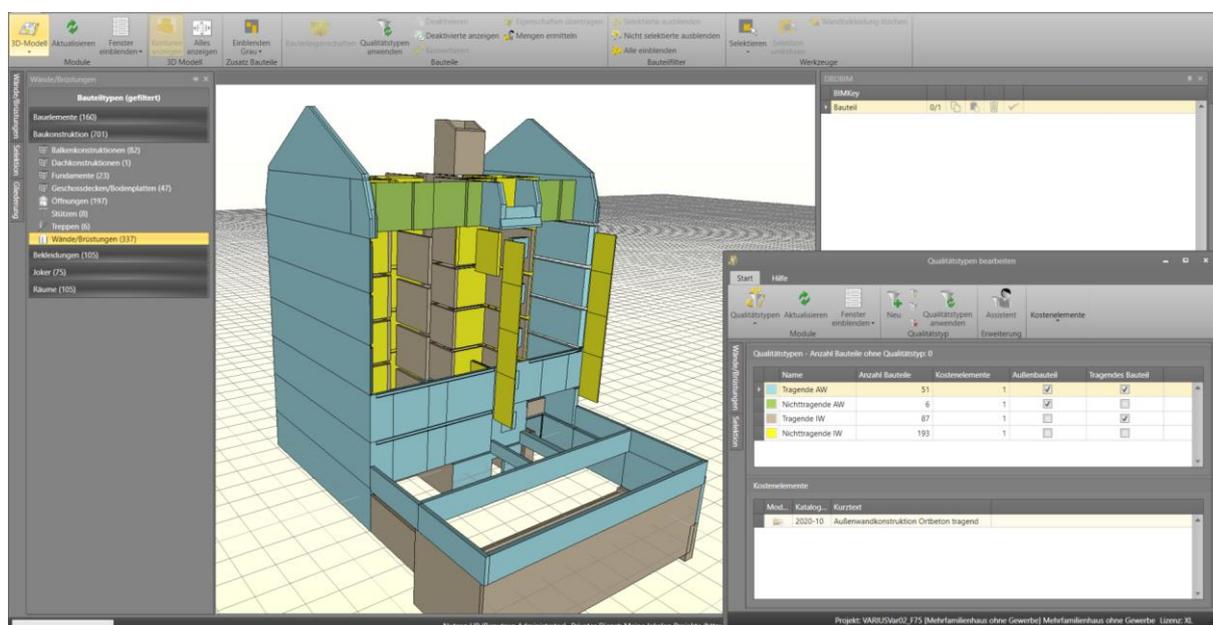


Abbildung 4: IFC-Modell in der Variante 2 mit unterschiedlich zugewiesenen Qualitätstypen

2.3.12 Validierung des KP-Modells

Die Validierung des KP-Modells fiel in den Aufgabenbereich des Instituts für Bauklimatik der TU-Dresden. AEC3 war unterstützend bei der Überprüfung der Informationsanforderungen und Konsistenzprüfung der verschiedenen Filterabfragen, tätig.

2.3.13 Iterative Nutzerevaluierung und Softwareanpassung

Zum Projektende wurde die Benutzeroberfläche der Datenmanagementsoftware BIMQ grundlegend überarbeitet. Dies umfasst nicht nur die im Arbeitspaket „TA 3.2 – GUI zur Kennwertvisualisierung“ beschriebenen Anpassungen und Verbesserungen der Such und Filterfunktionalität, sondern ebenfalls aller anderen dem Anwender zur Verfügung stehenden Bereiche. Der Fokus lag auf einer möglichst praxisnahen und intuitiven Umsetzung. Tabellen, Funktionsbereiche und grafische Unterstützungen wurden verbessert und führen zu einer schnelleren und effektiveren Arbeitsweise. Dies wird durch eine zusätzliche Optimierung des benötigten Platzbedarfs komplementiert, wodurch mehr Informationen strukturiert und übersichtlich angezeigt werden können. Weitere Verbesserungen konnten im Bereich der Performance erzielt werden. Diese spiegelt sich im Wesentlichen in der Schnelligkeit des Seitenaufbaus oder dem Ausführen von Befehlen wider. Die Performance hat somit direkten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und Effektivität der Arbeitsprozesse.

2.4 BauProjekt Dresden

Dieses Kapitel präsentiert das Entwicklungsergebnis in stark verkürzter Form anhand eines beispielhaften VARIUS-Prozesses für den systematisierten Variantenvergleich komplexer Fragestellungen im Bauwesen. Der Prozess hat allgemeingültigen Charakter und lässt sich zukünftig auf verschiedenste Themengebiete erweitern.

Der VARIUS-Prozess läuft in vereinfachter Form wie folgt ab:

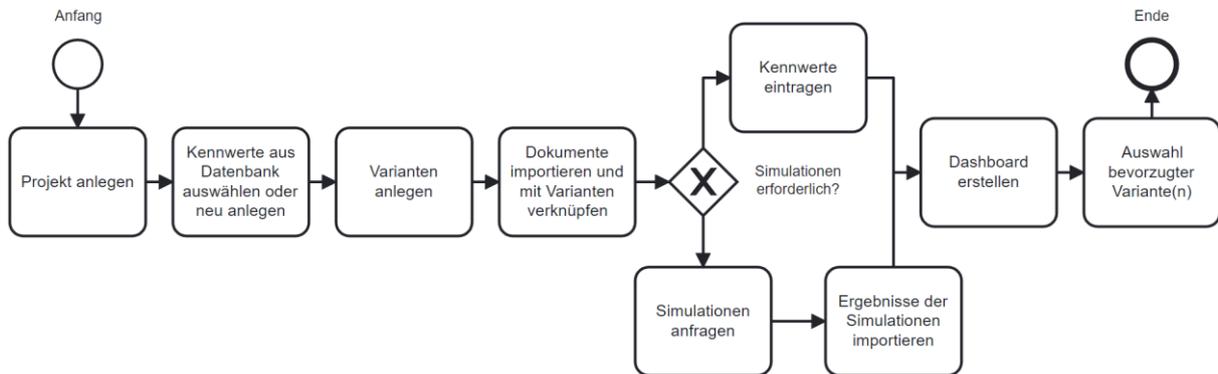


Abbildung 53: Vereinfachter Ablauf des VARIUS-Prozesses

Der dargestellte Ablauf gestaltet sich in der praktischen Anwendung oft iterativ und nicht so idealisiert linear. Je nach Kenntnisstand werden zu einem späteren Zeitpunkt häufig neue Kennwerte, Dokumente und Varianten hinzugefügt, auch zusätzliche Dashboards erstellt.

Vor Projektbeginn besteht die Notwendigkeit, sich als Projektteilnehmer zu registrieren und ein Login für die webbasierte Anwendung freigeschaltet zu bekommen.

2.4.1 Projekt anlegen

Ausgangspunkt für den Einsatz der VARIUS-Software ist in aller Regel die Notwendigkeit einer Bauherrenentscheidung für den Fortgang eines Projektes. Hierbei kann es sich beispielsweise um die Auswahl zwischen verschiedenen Gebäudeentwürfen oder Heizsystemen handeln. Da beim Prozess und der entwickelte Softwareanwendung der Anspruch der Allgemeingültigkeit im Vordergrund stand, sind auch andere Fragestellungen im Bauwesen möglich.

Der Demonstrator nutzt das für VARIUS entwickelte Beispielprojekt eines fiktiven Wohn- und Geschäftshauses der BAUPROJEKT DRESDEN GMBH mit seinen drei Entwurfsvarianten.



Abbildung 54: von links nach rechts: Entwurf 1 (mit Carport, ohne Penthouse), Entwurf 2 (mit Tiefgarage, ohne Penthouse), Entwurf 3 (mit Carport und Penthouse)

VARIUS Abschlussbericht

In einem ersten Schritt wird ein neues Projekt zusammen mit einer kurzen Beschreibung in der Projektverwaltung angelegt. In der Projektliste sind alle aktiven sichtbar. Das zu bearbeitende Projekt ist auszuwählen.



Abbildung 55: Ausschnitt aus der Projektverwaltung

2.4.2 Kennwerte anlegen

Die Kennwerte werden im sogenannten „Kennwertemanager“ verwaltet. Die notwendigen Kennwerte ergeben sich aus dem angestrebten Variantenvergleich und sind mit den dafür notwendigen Fachplanern abzustimmen.

Die Auswahl von im Bauwesen typischen Kennwerten ist aus einer angebundnen Stammdatenbank möglich. Hierfür wird die Software BIMQ der AEC 3 DEUTSCHLAND GMBH (Projektpartner), genutzt.

Kennwerte, welche dort noch nicht vorhanden sind, lassen sich projektspezifisch anlegen.

Jedem Kennwert sind entsprechende Eigenschaften zuzuweisen. Wesentlich sind hierbei die Art des Kennwertes und der entsprechende Datentyp. Dadurch entscheidet sich auch, welche Kennwerte als veränderliche Parameter innerhalb der Varianten dienen.



Abbildung 56: Ausschnitt aus dem Kennwerte-Manager

2.4.3 Varianten anlegen

Der Variantenmanager ist das Herzstück der Softwareanwendung. Die Varianten werden hierbei in Tabellenform angelegt und verwaltet.

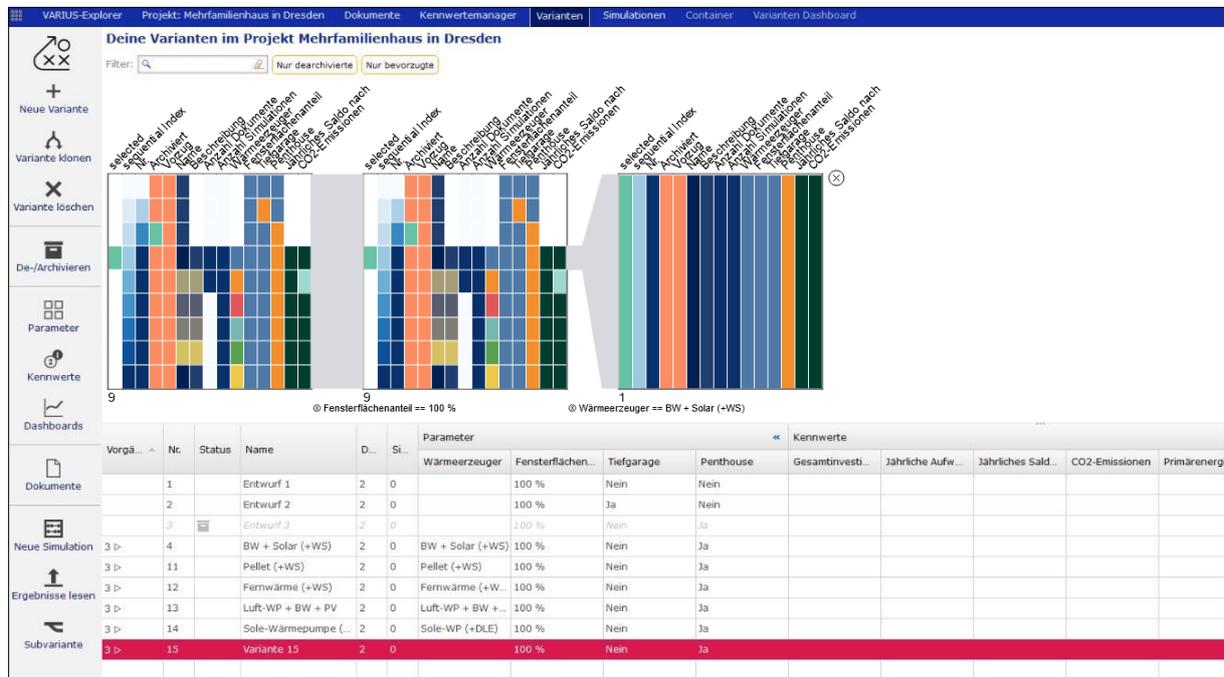


Abbildung 57: Ausschnitt aus dem Varianten-Manager

Es existieren Filter- und Sortierfunktionen, die teilweise grafisch unterstützt sind. Bestimmten Varianten kann ein Vorzug eingeräumt werden.

Eine Archivfunktion ermöglicht die Reaktivierung bereits verworfener Konfigurationen zu einem späteren Zeitpunkt.

Bestimmte Aspekte können durch die Erstellung von Subvarianten näher beleuchtet werden.

Die zentrale Datenverwaltung wird komplettiert durch Kommentarfunktionen und dem Verknüpfen hochgeladener Dokumente.

2.4.4 Dokumente importieren

Das Importieren von Dateien in die Dokumentenablage ist zu jedem Zeitpunkt möglich. Bereits nach dem Anlegen des Projektes oder von Kennwerten kann es sinnvoll sein, entsprechende IFC- Dateien, Entwurfsskizzen, Animationen oder Datenblätter in einer selbst zu wählenden Ordnerstruktur Schritt für Schritt hochzuladen.

Spätestens nach dem Anlegen der geplanten Varianten sind alle für anschließende Simulationen notwendige Dateien vollständig einzupflegen und den Varianten zuzuordnen.

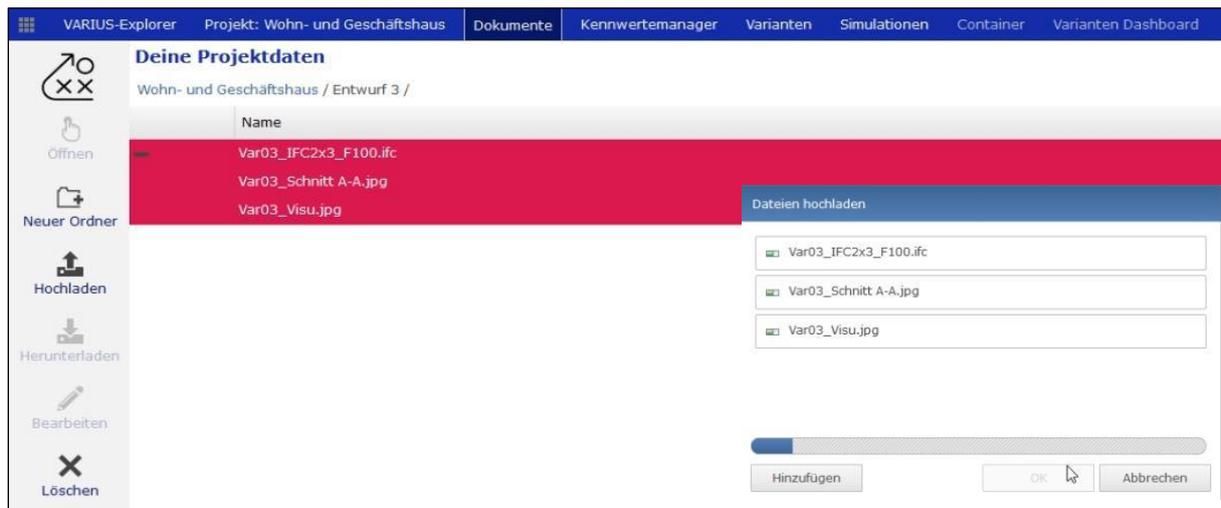


Abbildung 58: Ausschnitt aus der Dokumentenablage

2.4.5 Simulationen anfragen und importieren

Für selektierte Varianten ist die Anfrage von Simulationen zum Befüllen bestimmter fachspezifischer Kennwerte möglich. Hierfür steht eine Anbindung mit Export- und Importfunktionalität für Softwareentwicklungen des Bauklimatikinstitutes der TU-Dresden mit den Schwerpunkten Energiesimulationen und Heizsystemauswahl zur Verfügung.

Informationen und Ergebnisse werden im IFC-Modell an die entsprechenden Bauteile adressiert.

Die Schnittstelle lässt sich zukünftig hinsichtlich anderer Softwareprodukte erweitern. Alternativ ist immer auch das händische Eintragen von Ergebnissen im Variantenmanager möglich.

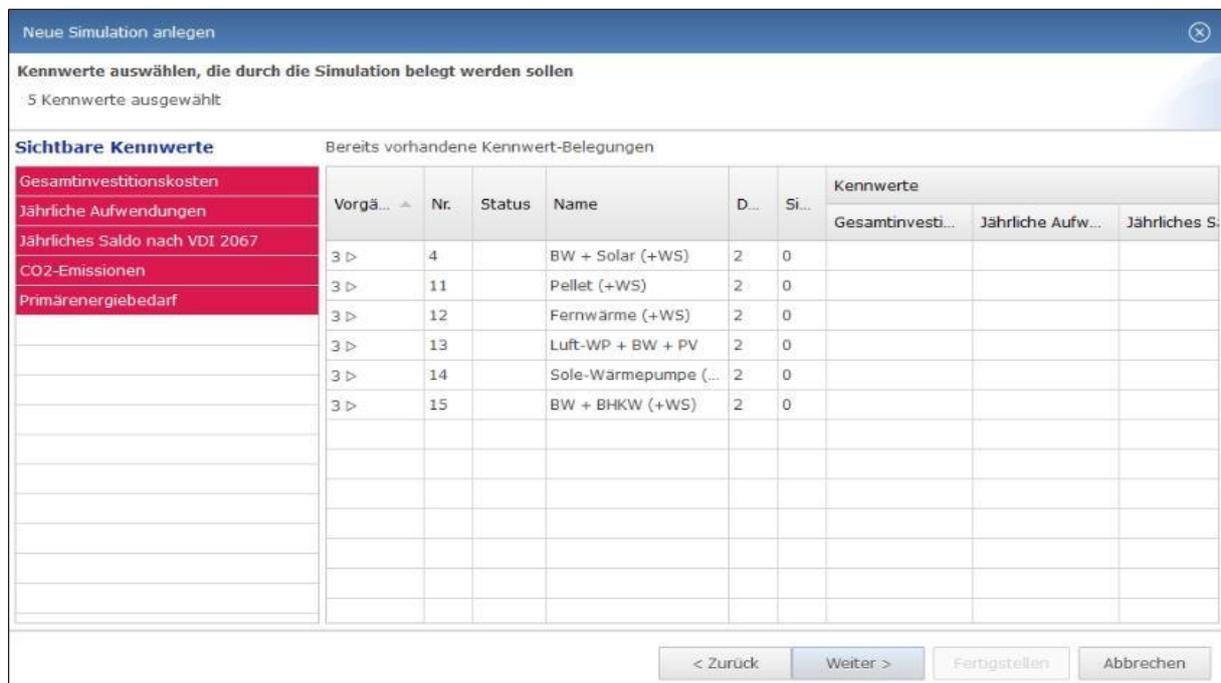


Abbildung 59: Ausschnitt aus dem Simulationsmanager

2.4.6 Präsentation

Sind alle Kennwerte durch Import von Simulationsergebnissen oder durch händisches Eintragen für die zu untersuchenden Varianten im Variantenmanager belegt, so können die Daten mithilfe von unterschiedlichen Dashboards der Bauherrschaft präsentiert werden. Hierfür ist zunächst eine Auswahl an Varianten zu treffen und auf Knopfdruck ein Dashboard zu erzeugen.

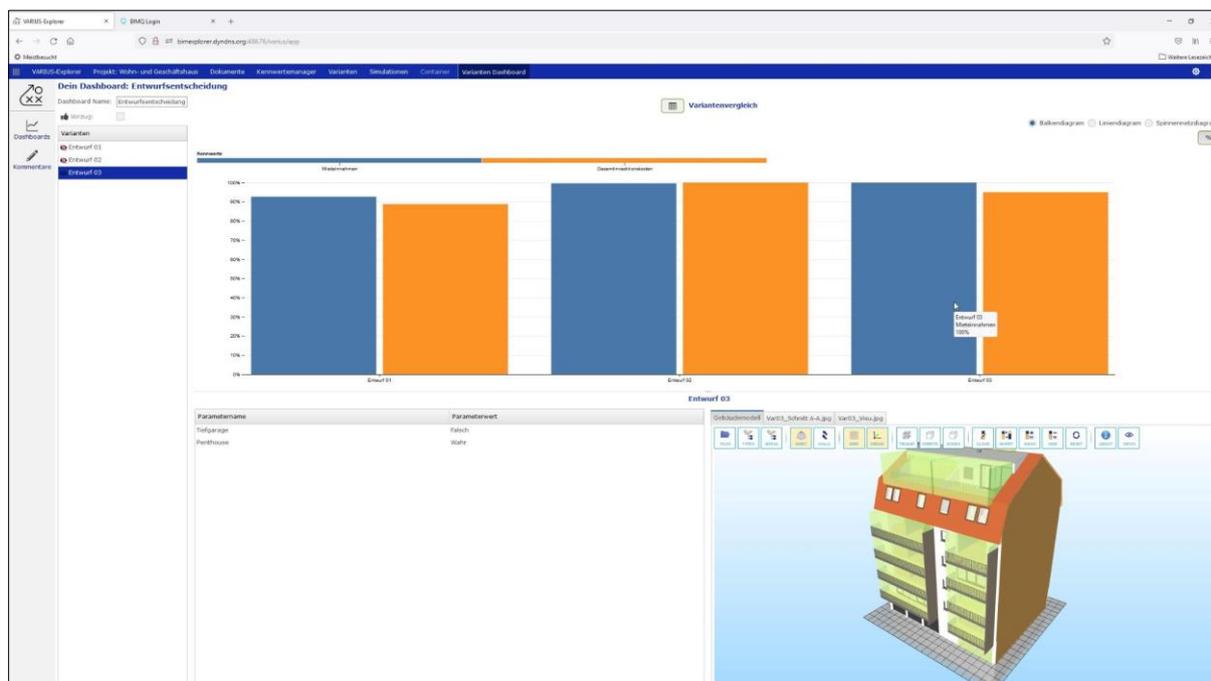


Abbildung 60: Beispiel Dashboard

Für die Präsentation stehen unterschiedliche Diagrammtypen zur Verfügung. Haben angewählte Kennwerte stark unterschiedliche Zahlengrößen, so sorgt eine Normierungsfunktion auf Wunsch für eine Gegenüberstellung auf Prozentbasis.

Die Präsentation wird mithilfe variantengebundener IFC-Modelle und die Darstellung von Skizzen und Animationen unterstützt.

Die Bauherrschaft hat die Möglichkeit, einer oder mehrerer Varianten den Vorzug zu geben. Diese Entscheidung wird in den Variantenmanager für das Planungsteam übernommen. Per Chatfunktion besteht die Möglichkeit, Fragen und Anmerkungen auszutauschen.

2.4.7 Fazit

Mit dem VARIUS-Explorer steht eine Softwareanwendung zu Verfügung, welche webbasiert lauffähig ist und das Arbeiten im Projektteam bei komplexen Variantenvergleichen ermöglicht. Die Anwendung zeichnet sich durch ihre zentrale Datenhaltung und einen schematisierten Prozess mit Hilfsmitteln zur Kennwertdefinition über eine angebundene Stammdatenbank aus.

Die Anwendung ist abgestimmt auf Maßnahmen zur Energieeffizienz, könnte zukünftig jedoch auch auf andere Themenbereiche übertragen werden.

Eine Dokumentenverwaltung ermöglicht den Datenaustausch und die Zuordnung von Informationen zu den Varianten. Für das Bauwesen ist speziell das IFC-Modell und daran geknüpfte Informationen implementiert worden.

Der zentrale Variantenmanager mit den vielfältigen Sortier-, Filter-, Archiv- und Kommentarfunktionen sorgt für eine übersichtliche und strukturierte Ablage großer Datenmengen.

Einfach zu erzeugende Dashboards sorgen für eine prägnante webbasierte Präsentation für die Bauherrschaft inkl. Informationsrücklauf über die Entscheidung.

Die Vorteilhaftigkeit der VARIUS-Anwendung zeigt sich vor allem mit steigender Anzahl an Kennwerten und Varianten. Projekte lassen sich somit über einen längeren Zeitraum übersichtlich managen.

Der VARIUS-Explorer ist Teil der BIM-Initiative und leistet einen Beitrag zum Ausbau der dringend erforderlichen Digitalisierung im Bauwesen, um den immer komplexeren Anforderungen effektiv begegnen zu können.

3 DARSTELLUNG ANDERER WESENTLICHER EREIGNISSE

3.1 Eingesetzte Methoden, Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Als wesentliche Methode zur Qualitätssicherung ist die Verzahnung von eingehender Literaturrecherche zur Entwicklung des Kennwerte-Modells (Arbeitspaket 1) mit der praktischen Anwendung durch die Variantenbildung und Simulation (Arbeitspaket 4) zu nennen. Für die erfolgreiche Realisierung der Arbeitspakete wurde eine iterative Arbeitsmethode eingesetzt. Diese war sowohl im Fall der Programmieraufgaben als auch den planungsbegleitenden Managementaufgaben erforderlich, um die entsprechenden Daten abzufragen, abzubilden und Schritt für Schritt zu ergänzen und zu präzisieren.

Dabei sind wiederkehrende Arbeitstreffen und dreimonatig absolvierte Jour Fixe die Grundlage für die Anwendung der „Design Thinking“-Methode. Diese Methode beruht auf dem Ansatz, dass Entwicklungsprozesse besser gelöst werden können, wenn Projektpartner unterschiedlicher Disziplinen gemeinsam in einem die Kreativität fördernden Umfeld zusammenarbeiten. Da im VARIUS-Projekt Anwendungen entwickelt werden, die für die große Bandbreite unterschiedlicher Auftraggeber im Planungsprozess geeignet und anwendbar sein soll, ist die angewandte Methodik von besonderer Bedeutung für eine erfolgreiche Umsetzung.

Hierfür wurden regelmäßige Absprachen mit Projektpartnern durchgeführt, die während der Pandemie im Onlineformat stattfanden. Vorteilhaft erwies sich hierbei die Möglichkeit, sich kurzfristig abzusprechen und Inhalte anschaulich über geteilte Bildschirme zu erklären. Die TUD führt überdies als Koordinator ein Risikomanagement zur Absicherung organisatorischer Risiken durch.

3.2 Ergebnisse und Dokumentation

Die Dokumentation der Ergebnisse und Zwischenergebnisse des Projektes erfolgt vorwiegend digital. Maßgeblich werden die Beiträge zur Entwicklung des VARIUS-Explorers mittels pptx-Präsentationen erläutert, die Kennwerte mittels xls-Dateien gegliedert und weitere Ausführungen im doc-Format vorgehalten. Darüber hinaus sind diverse Simulationsberechnungen in den nativen Formaten der jeweiligen Softwareanwendungen auf der gemeinsamen Arbeitsplattform hinterlegt.

Im Verantwortungsbereich des Projektpartners AEC3 erfolgt überdies eine Dokumentation der daraus abzuleitenden Ergebnisse in Form einer VARIUS-Projektrichtlinie mithilfe der Datenbank BIMQ. Diese Projektrichtlinie wird gemäß der Projektplanung schrittweise im Rahmen des gesamten Projektzeitraums fortgeschrieben. Die Projektrichtlinie kann bereits in verschiedenen Formaten exportiert werden, als PDF-Datei oder im IFC- oder mvdxml-Format.

Trotz der coronabedingten Einschränkungen und der daraus entstandenen Verzögerungen des Projektablaufs wurde die Öffentlichkeitsarbeit insbesondere zum Projektende intensiviert. Neben der Projektwebseite umfasste dies die Fertigstellung eines gemeinsamen Flyers, einer Zeitschriftenveröffentlichung in der Fachzeitschrift „Build-Ing.“, einem Partnerinterview sowie kurzen Screencast-Dokumentation. Im November 2021 konnte das Projekt im Rahmen der BIMWorld einem breiteren Publikum präsentiert werden. Trotz der strengen Auflagen und eingeschränkter Publikumszahlen war die Resonanz hierauf sehr positiv.

3.3 Beachtung von Grundsätzen/Querschnittsaufgaben

Die Betrachtung der energierelevanten Kennwerte und Schwerpunktlegung auf die Anwendungsfälle: Energieberechnung, Energiekostenschätzung und Lebenszykluskostenschätzung entspricht der Zielsetzung des Vorhabens: Beitragsleistung zum nachhaltigen Bauen und energieeffizienten Betreiben von Wohngebäuden und demzufolge zum Grundsatz Umwelt und Ressourcenschutz.

Aspekte wie Geschlecht, Herkunft oder körperliche Beeinträchtigung spielen keine Rolle. Alle Kooperationspartner setzen die Gleichstellung von Frauen und Männern sowie die Chancengleichheit und Nichtdiskriminierung in ihren Unternehmen um. Bei der Auswahl der Projektbearbeiter/innen wurden ausschließlich der Qualifikationen sowie Kompetenzen des Personals und dessen Erfahrungen auf dem Vorhabensgebiet in Betracht gezogen.

Die Querschnittsaufgaben wie „Soziale Innovation“ und/oder „Transnationale Zusammenarbeit“ wurden im Projektantrag nicht berücksichtigt und aus dem Grund hier nicht näher betrachtet.

3.4 Verwandte Forschung

Im Berichtszeitraum wurde keine Kenntnis von verwandter Forschung erhalten.

TragWerk betreute bis September 2020 extern die Diplomarbeit von Lukas Illigmann am Institut für Baukonstruktion der TU Dresden: „BIM-basierte Variantenauswertung - Gebäude-Variations-Analyse durch Simulation“. Dort wurde die VARIUS-Systematik untersucht, angewandt und durch Baustatik-Simulationen ergänzt. Im Ergebnis wurde aus Sicht des Projekts die Relevanz und Anwendbarkeit der VARIUS-Methodik bestätigt.

4 VERGLEICH MIT DEM ARBEITSPLAN

Es ergeben sich keine Änderungen in der Zielsetzung. Lediglich in der technischen Umsetzung der Forschungsziele wurde auf die sich im Projekt neu ergebenden Erkenntnisse reagiert:

Bei Antragstellung und Projektbeginn wurde noch davon ausgegangen, dass es sich bei den VARIUS-Software-Komponenten um gemischte Desktop- und Webapplikation handelt. Im Zuge der gemeinschaftlichen Projektarbeit ergab sich jedoch die Erkenntnis, dass eine zentrale webbasierte Anwendung mit Sichten auf Varianten, Simulationen und Kennwerte besser geeignet ist, die VARIUS-Prozesse für den Nutzer verständlich abzubilden. Dem wird durch TragWerk Software Rechnung getragen und Kennwert-Manager, Varianten-Manager und VARIUS-Explorer in einer gemeinsamen Web-Plattform entwickelt bzw. integriert. Davon unberührt bleiben die Softwarekomponenten der Partner AEC3 und TUD – diese Anwendungen werden über Datenaustausch in den VARIUS-Prozess integriert.

Die Beschreibung der Funktionalität des VARIUS-Explorers wurde angepasst, um die Stellung als Bauherren-Tool zur Entscheidungsunterstützung hervor zu heben:

*Entwickeln einer **Softwarelösung** zur Entscheidungsunterstützung: Visualisieren und Präsentieren von Kennwertemodellen und deren Links über mehrere Varianten – **VARIUS-Explorer**.*

5 ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN UND VERWERTUNG

5.1 Anwendungsmöglichkeiten der Projektergebnisse

Ein übergeordnetes, allgemeines Ziel bleibt die Erhöhung der positiven gesellschaftlichen, regionalen und gesamtwirtschaftlichen Impulse, die Wahrnehmung der Notwendigkeit bauphysikalischer Simulation, die Erhöhung der Gebäudeenergieeffizienz bei anspruchsvoller Architektur, die Ausrichtung von BIM-Informationsprozessen auf Bauherren-Entscheidungsprozesse sowie die Wahlfreiheit existierender Bausoftwaressysteme durch Datenaustausch mit hoher Interoperabilität. Das Entwicklungsergebnis fördert, neben der Verankerung des BIM-Informationsprozesses in der alltäglichen Bauplanung, folgende Ansätze:

- die Verbreitung von Simulationen auch bei typischen Bauprojekten und in der früheren Phase durch die Demonstration mit Hilfe des VARIUS-Explorers und der energieeffizienten Kennwerte
- die Senkung der Kosten für Simulationen durch Nutzung eines Konzeptes von generischen Gebäuden, CO₂-Einsparungen, Verbreitung des open BIM-Ansatzes durch Integration von softwareneutralen Datenformaten in dem VARIUS-Explorer und damit keine Bindung an bestimmte Software.

Die im Projektantrag erwähnten Ziele auf der gesellschaftlichen Ebene können damit mit den vorgeschlagenen Lösungen und der Vermarktungsstrategie direkt und indirekt bewirkt werden.

Die entwickelte Methodik und die erstellte Softwareanwendung sind, je nach hinterlegter Stammdatenbank bzw. individuell erstellten Kennwerten, in vielen Bereichen des Bauwesens zur Steigerung der Effizienz einsetzbar. Hiermit können Gebäude, neben der im Entwicklungsvorhaben betonten Energieeffizienz, beispielsweise auch hinsichtlich ihres Materialeinsatzes, ihres Flächenverbrauches oder ihrer Nachhaltigkeit leichter optimiert werden. Dies dient der Schonung von Ressourcen und unterstützt einen umweltgerechten Planungsprozess. Die leichte Adaption auf neue Themengebiete ist ein Herausstellungsmerkmal des Entwicklungsergebnisses.

Die im Projekt verfolgte spezifische Ausrichtung auf den Vergleich von Energieeffizienzmaßnahmen dient zielgerichtet der Verminderung des Energieverbrauchs und der Ressourcenschonung. Mit der entwickelten Schnittstelle zu einem realitätsnahen Simulationsprogramm und der Möglichkeit, Ergebnisse unterschiedlicher Heizungssysteme darzustellen, sind passgenauere Energiekonzepte für jedes Gebäude möglich.

Die wesentlichen Anwendungsmöglichkeiten der Projektergebnisse liegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Bereich der Projektplanung. Der fertiggestellte Kennwertemanager erlaubt es, Kennwerte und Kenngrößen eines Gebäudeentwurfs zu organisieren, zu dokumentieren und zu serialisieren. Grundsätzlich kann der Kennwertemanager auch bereits verwendet werden um projektbegleitend Kennwerte zu führen und auszuwerten, jedoch stehen viele Features zur Verlinkung und Visualisierung erst dann zur Verfügung, wenn die Integration in den VARIUS-Explorer abgeschlossen ist. Des Weiteren ist es bereits möglich sich eine Kennwertmodelldatenbank aufzubauen. Dies geht zurzeit lediglich manuell und soll durch die Anbindung an die BIMQ-Plattform automatisiert werden.

Der Variantenmanager ist im Prinzip fertiggestellt und könnte alleinstehend benutzt werden, um ein systematisches Variantenmanagement beliebiger Bauplanungsprojekte zu ermöglichen. Die Weiterentwicklung fokussiert sich auf die Integration des Kennwertemanagements und der teilautomatisierten Unterstützung der VARIUS-Prozesse.

Der VARIUS-Explorer hat eine Phase erreicht, in dem mit ihm die Konzepte und Methoden des VARIUS-Projektes anschaulich präsentiert werden können. Während er noch keinen Stand hat, bei dem eine

gesamtes Planungsvorhaben begleitet werden kann, wird er bereits intern beim Projektpartner TragWerk Software zu Präsentationszwecken verwendet.

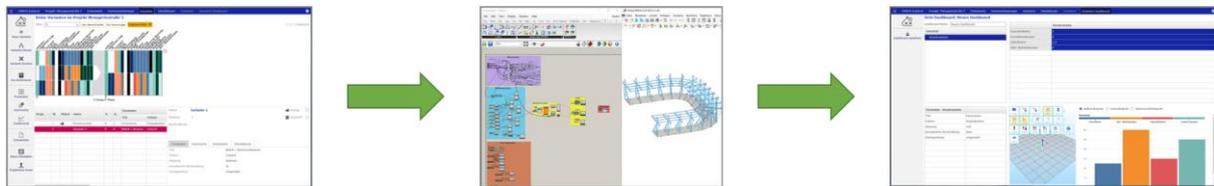


Abbildung 61 VARIUS in der Baustatik für FEM-Varianten bei TragWerk Ingenieure

Bei TragWerk Ingenieure wird zurzeit eine Masterarbeit zur parametrischen geometrischen Modellierung von Tragwerken betreut. Die vielversprechenden Ergebnisse könnten eine zukünftige firmeninterne Anwendung von VARIUS erlauben. VARIUS würde dabei zur systematischen Verwaltung von Tragwerkparametern und daraus kombinierten Varianten genutzt. Die Simulation erfolgt dann mit Hilfe der externen Softwarekette Dlubal RFEM + Grasshopper – einer Finite-Elemente-Software sowie einer Software zur algorithmischen 3D-Modellierung mit grafischer Programmierumgebung. Die Ergebnisse der FEM-Simulation werden im Anschluss zu Kennwerten verdichtet und mit VARIUS präsentiert (vgl. Abbildung 61).

5.2 Geplante wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse

5.2.1 TragWerk Software

Die bisher erreichten Projektergebnisse sind vor allem für die beratenden Aufgaben von TragWerk, in dem sich unsere Kenntnisse über Daten- und Informationsstrukturierung erweitert und verbessert haben, wertvoll. Das Kennwertemodell bietet dazu eine neutrale Plattform zur Strukturierung von Planungsinformationen. Der Variantenmanager ist im Prinzip zwar schon alleinstehend nutzbar – jedoch in der bisherigen Weise nur für ambitionierte Anwender von Interesse. Für einen wirtschaftlichen Erfolg sieht TWS die Anbindung an 3D- und alphanummerische Planungsdaten als unumgänglich. Dazu wurde bereits begonnen, den Kennwerte- und Variantenmanager in den VARIUS-Explorer zu integrieren.

Weiterhin ist denkbar, zusätzlich zum geplanten Softwarevertrieb die VARIUS-Plattform auch selbst als Software as a Service (SaaS) zu betreiben.

Im Berichtszeitraum hat sich mehr und mehr herausgestellt, dass die Beherrschung des VARIUS-Prozesses eine Expertise des Konsortiums an sich darstellt. Dadurch ergeben sich weitere Verwertungsmöglichkeiten in Hinblick auf Übernahme eigener Bauplanungsvorhaben durch das Konsortium oder die Betreuung und Beratung mit Variantenanalyse und Simulation beauftragter Dritter. Durch die Projektpartner TUD und BPD wurden daher im 1. Halbjahr 2021 erste Kontakte zu potentiellen Auftraggebern aufgenommen um die Marktchancen dieser Idee auszuloten. Im November 2021 initiierte TragWerk eine Projektpräsentation für STRABAG Real Estate.

5.2.2 AEC3

Die geplante wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse untergliedert sich im Wesentlichen in drei Bereiche:

- Umsetzung neuer Funktionalitäten in BIMQ, die den Prozess des Kennwertemanagements unterstützen und mit dem BIM-Ansatz kombinieren.
- Aufbau einer Stammdatenbank für das Kennwertemanagement sowie Sammlung von Erfahrungen an praxisnahen Beispielen, die das Beratungsgeschäft von AEC3 erweitern.
- Konzeptionelle Entwicklung kostenbasierter Variantenvergleiche, welche schnell und möglichst unkompliziert durchführbar sind.

Die frühzeitige Untersuchung von Varianten, insbesondere in Kombination mit neuartigen Simulationsverfahren, lässt sich sehr gut mit dem BIM-Ansatz kombinieren. Die AEC3 Deutschland GmbH sieht in dieser Kombination ein großes Potential, das im Rahmen von Varius praxisnah erprobt, weiterentwickelt und als Demonstrationsbeispiel für Kundengespräche aufbereitet wurden. Die erstellten Stammdaten dienen vor allem auch als Anschauungsbeispiel und sind auf individuelle Projektbedürfnisse mit Hilfe von BIMQ anpassbar. Für die Vermarktung der erweiterten BIMQ-Funktionalität gibt es aus Sicht von AEC3 zwei Szenarien: (1) Vermarktung von BIMQ in Kombination mit der bei den Projektpartnern Tragwerk und IBK entstandenen Software und (2) Vermarktung von BIMQ als eigenständiges Tool zur Erfassung der Kennwerte des Bauherrn und deren Integration in den BIM-basierten Planungsprozess.

5.2.3 BauProjekt Dresden

Die aktuelle Planungspraxis im Bauwesen ist geprägt von dezentraler Informationshaltung, weswegen selbst wichtige Bauherrenentscheidungen oft auf lückenhafter Informationsbasis getroffen werden. Die Daten stehen hierbei meist nur in Form von für Einzelszenarien händisch aufbereiteten Exceltabellen und Grafiken zur Verfügung. Diese Arbeitsweise ist fehleranfällig und aufgrund der fehlenden dynamischen Darstellung meist wenig anschaulich.

Mit dem VARIUS-Explorer steht zukünftig ein Werkzeug bereit, mit welchem die BAUPROJEKT DRESDEN GMBH die Bauherrschaft durch die Verdichtung von fachlichen Expertisen an zentraler Stelle sehr viel effektiver und anschaulicher bei Investitionsentscheidungen unterstützen kann. Dadurch erhöht sich auch die Rechtssicherheit für den Fall des Vorwurfes von Beratungsfehlern.

Mit der Software ist es möglich, die nach der Honorarordnung gesondert zu vergütenden „Besondere Leistungen“ auf effektive Art und Weise anzubieten. Dies betrifft vor allem die Untersuchung von alternativen Lösungsansätzen einschließlich einer belastbaren Kostenbewertung, die Bewertung der Nachhaltigkeit oder Studien zur Wirtschaftlichkeit. Die mit dem VARIUS-Explorer ermöglichte anschauliche Auswertung komplexer Fragestellungen auf breiter Informationsbasis ist hierbei ein Alleinstellungsmerkmal in der Planungsbranche.

Bisherige Anfragen am Markt stießen auf hohes Interesse bei Immobilienentwicklern, Gebäudeverwaltern und Wohnungsgesellschaften. Die zusätzlichen Planungskosten, die sich nachweislich durch die spätere Kostenersparnis infolge der Projektoptimierung amortisieren, waren jedoch wiederholt Diskussionsgegenstand und stellten stets eine gewisse Hürde für die Beauftragung dar, weshalb die BAUPROJEKT DRESDEN GMBH die Umsatzerwartung aus dem Projektergebnis gegenüber dem Projektantrag zunächst gesenkt hat. Die aktuellen Energiepreissteigerungen werden diese Vorbehalte beseitigen, so dass mittelfristig eine gute Umsatzentwicklung mit diesem zeitgemäßen Planungswerkzeug erwartet wird.

6 ANHANG

BPMN-Diagramm VARIUS-Prozess

