

Master of Science FHNW  
in Virtual Design and Construction



---

# Planerische Qualitätsprüfung in der Raumluftechnik mit IFC-Graph

---

**Thesis-Verfasser:** Jonas Heutschi  
**Thesis-Begleitung:** Prof. Lukas Schildknecht  
**Thesis-Expertin:** Michèle Heller  
**Praxispartner:** Gruner AG

## Eigenständigkeitserklärung

"Ich erkläre hiermit,

dass ich die vorliegende Master-Thesis mit dem Titel «Planerische Qualitätsprüfung in der Raumluftechnik mit IFC-Graph» selbst und selbständig verfasst habe,

dass ich sämtliche nicht von mir selbst stammenden Textstellen bzw. Bestandteile eines Werkes (Bilder, Grafiken, Codes, etc.) gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt zitiert und die verwendeten Quellen gut sichtbar erwähnt habe;

dass ich in einem Verzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (KI-Assistenzsysteme wie Chatbots [z.B. ChatGPT], Übersetzungs- [z.B. DeepL] Paraphrasier- [z.B. Quillbot]) oder Programmierapplikationen [z.B. Github Copilot] deklariert und ihre Art der Verwendung offenlege und bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe,

dass ich sämtliche immateriellen Rechte an von mir allfällig verwendeten Materialien wie Bilder oder Grafiken erworben habe oder dass diese Materialien von mir selbst erstellt wurden;

dass das Thema, die Arbeit oder Teile davon nicht bei einem Leistungsnachweis eines anderen Moduls verwendet wurden, sofern dies nicht ausdrücklich mit der Dozentin oder dem Dozenten im Voraus vereinbart wurde und in der Arbeit ausgewiesen wird;

dass ich mir bewusst bin, dass meine Arbeit auf Plagiate und auf Drittautorschaft menschlichen oder technischen Ursprungs (künstliche Intelligenz) überprüft werden kann;

dass ich mir bewusst bin, dass die Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik einen Verstoss gegen diese Eigenständigkeitserklärung bzw. die ihr zugrundeliegenden Studierendendenpflichten der Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik verfolgt und dass daraus disziplinarische (Verweis oder Ausschluss aus dem Studiengang) Folgen resultieren können.“

Vorname Nachname: Jonas Heutschi

Ort, Datum: Neuendorf, 09.01.2026

Unterschrift: .....

## Abstract

Die planerische Qualitätssicherung für raumluftechnische Anlagen (RLT), welche die Prüfung von fachlichen Anforderungen aus Richtlinien, Normen, Best-Practices sowie von Bestellen umfasst, ist trotz der Möglichkeiten von *Building Information Modeling* (BIM) ein weitgehend manueller Prozess. Das Potenzial für eine automatisierte, regelbasierte Prüfung verzweigter Leitungsnetze bleibt in *openBIM* bislang ungenutzt. Die vorliegende Master-These adressiert diese Lücke und untersucht die Forschungsfrage, inwieweit sich der Ansatz von IFC-Graph zur unternehmensinternen Qualitätssicherung von RLT-Fachmodellen eignet. Methodisch wird ein *Mixed-Methods*-Ansatz gewählt, der qualitative Expertengespräche zur Identifikation von Praxisanforderungen mit der Entwicklung eines technischen *Proof of Concept* (PoC) zur Machbarkeitsanalyse kombiniert. Das PoC umfasst die Entwicklung eines Prototyps anhand von drei eruierten Anwendungsfällen, der IFC-Modelle für RLT und Räume mit Planungsdaten in einen einheitlichen *Label Property Graph* überführt und durch semantisches und geometrisches Mapping verknüpft. Dieser Ansatz ermöglicht topologische Graphabfragen auf dem Leitungsnetz und überwindet damit die Limitationen herkömmlicher Model Checker. Die Evaluation zeigt, dass der Erfolg der automatisierten Prüfungen entscheidend von der Vollständigkeit und Qualität der zugrunde liegenden Modelldaten abhängt. Insbesondere fehlende oder redundante Bauteilverbindungen stellten die grösste Herausforderung für topologische Abfragen dar. Die Arbeit demonstriert somit die technische Machbarkeit einer datenbankorientierten Qualitätssicherung für RLT-Systeme in *openBIM-Workflows*, hebt jedoch die Konsistenz der Modelldaten als entscheidende Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung hervor.

### Keywords:

*Building Information Modeling* (BIM), *Label Property Graph* (LPG), *Graph Query Language* (GQL), *Model Checking*, *IFC-Graph*, Raumluftechnik (RLT), Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

## Danksagung

Diese Masterarbeit bildet den Abschluss meines Studiums in *Virtual Design and Construction* an der Fachhochschule Nordwestschweiz. Auf dem Weg von der ersten Idee bis zur fertigen Arbeit durfte ich auf zahlreiche Unterstützung und wertvolle Impulse zählen. Dafür bedanke ich mich bei allen, welche mich inspiriert, unterstützt, gefördert oder gefordert haben, herzlich.

Ein besonderer Dank gilt folgenden vier Personengruppen:

- **Dem Mentoren-Team**, bestehend aus Michèle Heller und Prof. Lukas Schildknecht, für die Ermöglichung der Bearbeitung dieses spannenden Themas in der Masterarbeit.
- **Sämtlichen Fachpersonen**, die sich bereit erklärt und Zeit genommen haben, um ihre Expertise und praktischen Erfahrungen zu teilen.
- **Dem Praxispartner Gruner** für sämtliche mir zur Verfügung gestellten Ressourcen.
- **Meinem persönlichen Umfeld** für das entgegengebrachte Verständnis, Zuspruch in strengeren Phasen sowie das Lektorat.

Ich hoffe, dass auch die Leserinnen und Leser dieser Arbeit von den gewonnenen Erkenntnissen profitieren oder sich gar für weiteres inspirieren lassen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Hintergrund und Problemstellung .....	1
1.2 Forschungsfragen und Zielstellung .....	1
1.3 Abgrenzung der Arbeit.....	2
1.4 Aufbau der Arbeit .....	2
<b>2 Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>3</b>
2.1 Begriffserklärung und Grundlagen .....	3
2.2 Aktueller Stand der Forschung .....	4
<b>3 Methodik</b> .....	<b>6</b>
3.1 Forschungsdesign .....	6
3.2 Datenerhebungs- und Analysemethoden.....	7
3.3 Planungsprozess des Praxispartners .....	14
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>15</b>
4.1 Planerische Qualitätsprüfung in der Praxis .....	15
4.2 Implementierungshürden .....	16
4.3 PoC – Wahl der Anwendungsfälle .....	18
4.4 PoC – Fachliche Beschreibung der Anwendungsfälle.....	19
4.5 PoC – Konzeptidee und Anforderungen .....	20
4.6 PoC – Datenmodelle der Eingabe .....	21
4.7 PoC – Konzeptueller Entwurf.....	24
4.8 PoC – Implementierung .....	27
4.9 PoC – Implementierung der Anwendungsfälle .....	29
4.10 PoC – Evaluierung.....	30
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>35</b>
5.1 Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext .....	35
5.2 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen .....	35
5.3 Reflexion der Methodik und der Ergebnisse .....	36
5.4 Limitationen der Arbeit mit Ausblick .....	36
<b>6 Fazit mit Ausblick</b> .....	<b>38</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XI</b>
<b>Hilfsmittelverzeichnis</b> .....	<b>XII</b>
<b>Anhangs- und Beilagenverzeichnis</b> .....	<b>XIII</b>

## Abkürzungsverzeichnis

<b>A</b>	ACCC	<i>Automated Code Compliance Checking</i>
	AF	Anwendungsfall
<b>B</b>	BCF	<i>BIM Collaboration Format</i>
	BIM	<i>Building Information Modeling</i>
	BS	Brandschutz
	BSK	Brandschutzklappe
<b>C</b>	CAV	<i>Constant Air Volume</i> , konstanter Volumenstrom
	CSV	<i>Comma-separated values</i>
<b>D</b>	DBM	Digitales Bauwerksmodell
<b>E</b>	EnFK	Konferenz Kantonaler Energiefachstellen
<b>F</b>	FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
<b>G</b>	GNN	<i>Graph Neural Network</i>
	GQL	<i>Graph Query Language</i>
<b>H</b>	HLKS	Heizung, Lüftung, Kälte, Sanitär
<b>I</b>	IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
	IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
	IG	Interessengemeinschaft
	ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>L</b>	LPG	<i>Label Property Graph</i>
<b>M</b>	MSc	<i>Master of Science</i>
	MuKE	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
<b>O</b>	OWL	<i>Ontology Web Language</i>
<b>P</b>	PoC	<i>Proof of Concept</i>
	PR	Prüfregel
<b>Q</b>	QS	Qualitätssicherung
<b>R</b>	RDF	<i>Resource Description Framework</i>
	RLT	Raumluftechnik
<b>S</b>	SD	Schalldämpfer
	SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
	SN	Schweizer Norm
	SNR	Schweizer Regel
<b>V</b>	VAV	<i>Variable Air Volume</i> , variabler Volumenstrom
	VDC	<i>Virtual Design and Construction</i>
	VKF	Verein Kantonaler Feuerversicherungen
	VSR	Volumenstromregler
<b>W</b>	W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>

## Glossar

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
<b>B</b> BCF	«Ein von <i>buildingSMART International</i> entwickelter, offener Standard. BCF ist ein herstellernerutrales Datenformat, welches auf dem IFC Standard basiert. Es unterstützt den Austausch von Änderungsanforderungen zwischen verschiedenen Softwareprodukten.» (buildingSMART Switzerland, 2025)
BIM	«Nutzung einer untereinander zur Verfügung gestellten digitalen Repräsentation eines Assets zur Unterstützung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen als zuverlässige Entscheidungsgrundlage.» (buildingSMART Switzerland, 2025)
Brandabschnitt	«Brandabschnitte sind Bereiche von Bauten und Anlagen, die durch brandabschnittsbildende Bauteile voneinander getrennt sind.» (VKF 10-15, 2019, p. 14)
Brandschutzklappe	Eine Brandschutzklappe (BSK) ist ein sicherheitsrelevantes Bauteil in Lüftungsanlagen, das sich im Brandfall selbsttätig schliesst, um die Ausbreitung von Feuer und Rauch über Lüftungsleitungen zu verhindern. (Huber, 2022)
<b>C</b> <i>closedBIM</i>	«Software-abhängiger Datenaustausch von digitalen Bauwerksmodellen mittels geschlossenen, proprietären Dateiformats.» (buildingSMART Switzerland, 2025)
<i>Cypher</i>	Eine deklarative Graph-Abfragesprache, die ursprünglich für die Datenbank Neo4j entwickelt wurde. Sie nutzt das Prinzip des <i>Pattern Matching</i> , um Wissen und Strukturen innerhalb eines Graphen zu beschreiben und effizient zu extrahieren. (Zhu et al., 2026, 2025a)
<b>D</b> DBM	Eine digitale, datenbasierte Abbildung eines Bauwerks, welches aus Objekten mit geometrischen Informationen sowie Attributen und weiteren Parametern besteht.(buildingSMART Switzerland, 2025)
<b>G</b> Graph	«Graphen sind mathematische Strukturen bestehend aus Ecken und Kanten, bei denen die Kanten irgendwelche Beziehungen zwischen den Ecken repräsentieren.» (Fricke & Overhagen, 2025)
Graphdatenbank	Ein Datenbanksystem, das Informationen in Form von Knoten und Kanten speichert, um komplexe interne Beziehungen abzubilden. (Zhu et al., 2023)
<i>Graph Query Language</i>	GQL ist eine ISO-standardisierte Datenbanksprache zur Definition und Abfrage von Graphdaten, die einen einheitlichen, systemunabhängigen Standard für Graphdatenbanken bereitstellt. (Ozsoy et al., 2024)
<b>I</b> IFC	Ein offener, internationaler ISO-Datenstandard (ISO 16739) für den Austausch von Bauwerksinformationen in der Baubranche. Er bildet die semantische Grundlage für den IFC-Graph, indem er Objekte, Eigenschaften und deren Beziehungen definiert. (Zhu et al., 2026)
<i>IFC-Graph</i>	IFC-Graph ist ein Ansatz von Zhu et al. (2023), der digitale Bauwerksmodelle (IFC-Dateien) vollständig in einen Label Property Graph (LPG) konvertiert.

<b>K</b>	Kante	<i>siehe Graph</i>
	Knote	<i>siehe Graph</i>
<b>L</b>	<i>Label</i>	Eine Markierung zur Einteilung von Knoten und Kanten in Kategorien oder Klassen. Im IFC-Graph werden Labels verwendet, um die Klassenhierarchie der IFC-Entitäten an Knoten zu hinterlegen. (Zhu et al., 2026, 2023)
	<i>Label Property Graph</i>	Ein strukturierter Graph, der aus gerichteten Kanten und Knoten besteht, wobei beide Elemente sowohl Labels als auch Properties enthalten können. (Zhu et al., 2026, 2023)
	Leitungsnetz	Das Leitungsnetz umfasst alle Luftkanäle und Formteile einer Lüftungsanlage, über die die Luft vom Ventilator zu den Räumen und zurückgeführt wird.
	Lüftungsabschnitt	«Einzelne Brandabschnitte gleicher Nutzung mit gleichem Brandrisiko, welche unter Berücksichtigung des Brandschutzkonzeptes, zu Lüftungsabschnitten zusammengefasst werden.» (VKF 10-15, 2019, p. 27)
<b>M</b>	<i>Mapping</i>	Der Prozess der formalen Zuordnung von Elementen eines Datenmodells zu einem anderen.
<b>N</b>	<i>Neo4j</i>	Die im PoC konkret eingesetzte Graphdatenbank-Software.
<b>O</b>	<i>openBIM</i>	Ein herstellerneutraler, kollaborativer BIM-Prozess, der auf offenen Standards basiert und den durchgängigen, interoperablen Austausch von Projektinformationen über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks ermöglicht.
<b>P</b>	<i>Property</i>	Ein Schlüssel-Wert-Paar, das innerhalb eines Knotens oder einer Kante gespeichert wird, um Detailinformationen zu hinterlegen. Im IFC-Graph repräsentieren Properties die intrinsischen Attribute eines Objekts, wie etwa Namen, IDs oder technische Parameter. (Zhu et al., 2025b, 2025a, 2023)
<b>R</b>	Raumlufttechnik	«Raumlufttechnik ist die Gesamtheit der technischen Massnahmen bezogen auf die Konditionierung von Raumluft, die die Behaglichkeit der Menschen innerhalb von Gebäuden herstellen bzw. Aufrechterhalten sollen.» (Casties, 2018, p. 3)
<b>S</b>	Schalldämpfer	Ein Schalldämpfer ist ein Bauteil in Lüftungsanlagen, das den von Ventilatoren oder der Luftverteilung erzeugten Schall reduziert und die Schallübertragung zwischen Räumen begrenzt. (Huber, 2022)
	SIA 382-1	Kurzbezeichnung für die SIA-Norm Mechanische Lüftung in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen (entspricht der Quelle: SN 546382-1, 2025)
<b>T</b>	Topologie; topologisch	«Lehre von der Lage und Anordnung geometrischer Gebilde im Raum.» (Wermke et al., 2012, p. 1067)
<b>V</b>	Volumenstromregler	Ein Volumenstromregler ist ein Regelgerät in raumluftechnischen Anlagen, das den Luftvolumenstrom in einem Kanal konstant oder variabel hält, indem es bei ausreichendem Vor- druck den Durchfluss automatisch anpasst. (Huber, 2022)
	VKF 25-15	Kurzbezeichnung für die Brandschutzrichtlinie - Lufttechnische Anlagen (entspricht der Quelle: VKF 25-15, 2017)

# 1 Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung der Bau- und Planungsprozesse prägt zunehmend die Arbeitsweisen in der Gebäudeplanung. Modellbasierte Ansätze wie *Building Information Modeling* (BIM) eröffnen neue Möglichkeiten zur planerischer Qualitätssicherung. Dabei bezeichnet planerische Qualitätssicherung die Prüfung der Modellqualität auf planerische Kriterien, welche fachliche Anforderungen aus Richtlinien, Normen, *Best-Practices* sowie von Bestellenden umfassen (Preidel, 2025). Die vorliegende Arbeit untersucht dieses Themenfeld im Kontext der Gebäudetechnik, spezifisch der Raumluftechnik.

## 1.1 Hintergrund und Problemstellung

Gebäudetechnische Anlagen sorgen für eine sichere, effiziente und komfortable Nutzung von Gebäuden (Pfeifer & Berlizev, 2025). An ihre Planung und Betreuung stellen sich eine Vielzahl von Anforderungen durch unterschiedliche Interessengruppen. Deren Komplexität steigt durch Harmonisierung und Weiterentwicklung von gesetzlichen Vorgaben und Normen zudem weiter an und fordert die Beteiligten. (von Euw et al., 2022)

Mit dem Aufkommen digitaler Bauwerksmodelle (DBM) hat sich deren Nutzung zu Kollisionsprüfungen und dynamischen Bemessungsverfahren in der Gebäudetechnikplanung etabliert. Planerische Qualitätskontrolle von gebäudetechnischen Anlagen erfolgt dagegen bis heute vorwiegend manuell per Vieraugenprinzip. Durch die Vielzahl an Anforderungen besteht eine Anfälligkeit zu unerkannten Abweichungen. (Dorst, 2021; Spahn & Schaller, 2023)

Ein Indiz der damit einhergehenden Unsicherheit lässt sich in der Branche durch die Zunahme von Mandaten zur Qualitätssicherung beobachten (suissetec, 2024). Zudem raten HLKS-Fachpersonen in einer Branchenumfrage den Verbänden und Behörden zu «strengerer Kontrollen», «Qualitätskontrollen verlangen» und «Planungshilfen erstellen», um die Qualität zu sichern. (Büttner et al., 2020, pp. 28–30).

In der Praxis umfassen Modellprüfungen derzeit vorwiegend grundlegende geometrische und kollisionsbezogene Aspekte. Zukünftig sollen in der Gebäudetechnik nach Pfeifer und Berlizev (2025) durch zusammenhängende datenbankorientierte Arbeitsweisen vielfältige Möglichkeiten zur fachlichen Prüfung erschlossen werden. Allerdings begrenzt sich deren Umsetzung zum jetzigen Zeitpunkt eher auf *closedBIM*-Projekte, da dort eine einheitliche Softwareumgebung vorliegt, die modellinterne Konsistenz und die strukturierte Lesbarkeit der Daten unter den Fachmodellen gewährleistet. Damit bleibt das Potenzial einer besseren Planungsqualität durch planerische Qualitätsprüfung in *openBIM*<sup>1</sup>-Projekten derzeit weitgehend unerschlossen, obschon die Verantwortung dafür klar bei den Fachplanern liegt. (Pfeifer & Berlizev, 2025; Preidel et al., 2021; Spahn & Schaller, 2023)

## 1.2 Forschungsfragen und Zielstellung

Die fehlenden Bauteile, um fachliche Modellprüfung von verzweigten gebäudetechnischen Leitungsnetzen zu erweitern, bildet womöglich *IFC-Graph* und *QL4BIM*. Eine Forschungsgruppe um Zhu hat diese beiden Ansätze in den letzten Jahren aufbauend auf anderen Forschungsarbeiten entwickelt. Sie erlauben digitale Bauwerksmodelle topologisch zu analysieren. Dies erfolgt durch eine vollständige Konvertierung von digitalen Bauwerksmodellen in einem *Label Property Graph* (LPG), welcher anschliessend Abfragen mit *Graph Query Languages* (QGL) zur Analyse erlaubt. (Zhu et al., 2025a, 2025b, 2023)

Da bisher keine Untersuchungen dieser Ansätze für die Gebäudetechnik erfolgt sind, soll dies folgende zentrale Forschungsfrage ändern:

*Inwieweit eignet sich der Ansatz von IFC-Graph, um unternehmensintern die planerische Qualität von raumluftechnischen Fachmodellen sicherzustellen?*

---

<sup>1</sup> openBIM ist eine eingetragene Marke von buildingSMART International (2025)

Zur strukturierten Bearbeitung dieser Forschungsfrage untersucht die Arbeit folgende vier chronologisch geordneten Teilfragestellungen:

- Teilfragestellung 1:** Welche relevanten Anforderungen an RLT-Leitungsnetze sind in der Praxis ungeprüft?  
Ziel *Identifikation von realen Anwendungsfällen*
- Teilfragestellung 2:** Welche technischen und strukturellen Hindernisse schränken die Umsetzung der Regeln in den benutzten Modell-Checkern ein?  
Ziel *Ursachenanalyse der fehlenden Implementierung*
- Teilfragestellung 3:** Inwieweit kann der *IFC-Graph*-Ansatz die technischen Hindernisse durch ein *Proof of Concept* (PoC) überwinden?  
Ziel *Machbarkeitsanalyse durch Entwicklung eines PoC*
- Teilfragestellung 4:** Reduziert der Ansatz mit *IFC-Graph* den Implementierungsaufwand und unter welchen Bedingungen ist eine Integration in bestehende Planungsprozesse praktikabel?  
Ziel *Bewertung der Praxistauglichkeit*

### 1.3 Abgrenzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit untersucht die planerische Qualitätssicherung raumluftechnischer Fachmodelle im Kontext modellbasierter Gebäudeplanung. Der Fokus liegt auf der Analyse und Prüfung von RLT-Leitungsnetzen in digitalen Bauwerksmodellen auf Schweizer Normen und Standards. Die Untersuchung erfolgt anhand des Planungsprozesses des Praxispartners Gruner und ist entsprechend kontextgebunden. Wobei die gewonnenen Erkenntnisse womöglich auf vergleichbare Planungsprozesse in der Gebäudetechnik übertragbar sind.

Methodisch beschränkt sich die Arbeit auf eine qualitative Untersuchung auf Basis von Expertengesprächen sowie auf prototypische Umsetzung eines PoC. Die Validierung des PoC beschränkt sich auf die Praxistauglichkeit und Machbarkeit. Eine quantitative Bewertung von Effizienz- oder Qualitätsgewinnen ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Technisch liegt der Fokus auf dem Einsatz des *IFC-Graph*-Ansatzes und *GQL4BIM* zur Analyse von *openBIM*-Modellen. Eine umfassende Evaluation alternativer Modellprüfungswerkzeuge oder proprietärer *closedBIM*-Lösungen erfolgt nicht. Die entwickelte Lösung dient ausschliesslich der Machbarkeitsbewertung. Somit erhebt sie keinen Anspruch auf eine produktive oder vollständig integrierte Anwendung.

### 1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist chronologisch entlang der vier Teilfragestellungen. Zu Beginn behandelt Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen einschliesslich zentraler Begriffe der Arbeit und dem aktuellen Forschungsstand. In Kapitel 3 folgt die Beschreibung des Forschungsdesigns und den angewendeten Methoden zur Untersuchung der Forschungsfragen. Die Ergebnisse sämtlicher Untersuchungen, inklusive der Konzeption, Implementierung und Evaluierung des PoC, stellt Kapitel 4 dar. Kapitel 5 diskutiert die Ergebnisse im wissenschaftlichen Kontext und reflektiert deren Aussagekraft. Abrundend fasst Kapitel 6 die wesentlichen Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf weiterführende Forschungsmöglichkeiten.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Der theoretische Hintergrund umfasst die für die Arbeit relevanten thematischen Grundlagen. Kapitel 2.1 definiert die zentralen Fachbegriffe Raumluftechnik, planerische Qualitätssicherung und Graphdatenbanken. Darauf aufbauend gibt Kapitel 2.2 einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zur Qualitätssicherung in der modellbasierten Gebäudeplanung mit Fokus auf graphbasierte Ansätze zur automatisierten Modellprüfung.

### 2.1 Begriffserklärung und Grundlagen

Für die drei zentralen Begriffe Raumluftechnik, fachliche Qualitätssicherung und Graphdatenbanken erfolgt nachfolgend eine kurze Erläuterung. Ziel ist die Bildung einer gemeinsamen Verständigungsebene. Auf denen basieren sämtliche folgenden Kapitel.

#### 2.1.1 Raumluftechnik

Raumluftechnik (RLT) umfasst sämtliche technischen Massnahmen, welche die physiologische Behaglichkeit und damit das Wohlbefinden der Nutzenden herstellen und aufrechterhalten soll. Dies unterscheidet sie von prozessluftechnischen Anlagen, bei welchen der Produktionsprozess, Sicherheit und Funktion die massgebenden Auslegungsparameter darstellen. (Casties, 2018; SN 546382-1, 2025)

Der grundlegendende geltende Stand der Technik für raumluftechnische Anlagen regeln die folgenden drei Normen und Richtlinien. Die Aufzählung ist nicht abschliessend, da es für diverse Bauteile und Nutzungen weiterführende einschlägige Normen oder Richtlinien gibt. (Huber, 2022; SN 546382-1, 2025)

Die Schweizer Mutternorm für RLT-Anlagen ist die SIA 382-1. Ihr Inhalt regelt neben der Terminologie auch Grundsätze, Anforderungen und Bemessungsvorgaben. Sämtliche Schweizer Lüftungsnormen und -richtlinien sind ihr untergeordnet. (Huber, 2022; SN 546382-1, 2025)

Im Bereich Brandschutz gibt es für luftechnische Anlagen mit der VKF 25-15 eine eigene Richtlinie. Sie gilt für die Aufstellung und den Betrieb von prozess- und raumluftechnischen Anlagen. Einzig Rauch- und Wärmeabzugsanlagen sind mit der VKF 21-15 in einer einschlägigen Richtlinie geregelt. (VKF 25-15, 2017; Huber, 2022)

Im Energiebereich gelten die kantonalen Energiegesetze und -verordnungen. Diese basieren auf den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), welche die Konferenz Kantonaler Energiefachstellen als Grundlage zur Harmonisierung publiziert. Für luftechnische Anlagen gilt hier die Vollzugshilfe EN 105. (EnFK, 2018; Huber, 2022)

#### 2.1.2 Planerische Qualitätssicherung

Kriterien der Qualitätsprüfung lassen sich thematisch in drei Modellebenen aufteilen. Es sind dies die datentechnische, die inhaltliche und die planerische Modellebene. Der datentechnischen Ebene gehören all jene Kriterien an, welche Syntax, Aktualität und technische Integrität bewerten. Die inhaltliche Ebene umfasst Kriterien über die allgemeine, semantische und geometrische Korrektheit. Deren Prüfung stellt die Einhaltung von Namenskonventionen, vollständige Klassifizierung und Attribuierung, korrekte Datentypen und Positionierung sowie Kollisionsfreiheit sicher. Die dritte Ebene beinhaltet planerische Kriterien. Dies umfasst die Prüfung der fachlichen Anforderungen aus Richtlinien, Normen, *Best-Practices* und von Kunden. (Preidel, 2025; Spahn & Schaller, 2023)

Nach Preidel (2025) ist es von essenzieller Bedeutung, die verschiedenen Ebenen und Kriterien als ineinandergreifende Komponenten zu betrachten. Die Basis bildet dabei die technische Integrität des Modells. Sie bildet damit die Grundvoraussetzung für sämtliche Prüfungen. Die inhaltliche Ebene baut darauf auf und stellt die Einhaltung der spezifischen Anforderungen und Anwendungsfälle sicher. Erst nach einer Prüfung von der datentechnischen und inhaltlichen Ebene sind darauf aufbauend planerische Prüfungen sinnvoll. (Preidel, 2025)

### 2.1.3 Graphdatenbanken

Graphdatenbanken sind eine Unterart der *NoSQL*-Datenbanken und speichern die Daten in Graphen, einer vernetzten Struktur bestehend aus Knoten und Kanten, ab. Eine Darstellung von Daten als Graph ist entweder mit dem *Resource Description Framework* (RDF) oder als *Label Property Graph* (LPG) möglich. RDF ist ein W3C-Standard, der die Umsetzung von *Linked Data* im *Semantic Web* ermöglicht, während sich LPG in den letzten Jahren in der Praxis als Standard für *Knowledge Graphen* etabliert hat. Dabei liegen die Stärken von RDF allgemein in der Vernetzung von Daten und der Möglichkeit, Inferenzregeln zu verwenden. Während die Stärken von LPG in der Graphtraversierung und effizienten Pfadabfragen sind. Die Veröffentlichung der ISO 39075 bildet mit GQL die Grundlage für zukünftig harmonisierte Graphabfragen in LPG. (Barrasa et al., 2021; Kondylakis et al., 2025; Pauwels et al., 2017; Zhu et al., 2025a, 2023)

Die beiden Modelle unterscheiden sich technologisch darin, dass RDF alle Daten in sogenannten *Tripelstores* abbildet, wobei ein *Tripel* aus Subjekt-Prädikat-Objekt besteht. Dabei werden auch Objekte und ihre Attribute auf die Ebene einzelner *Tripel* zerlegt, selbst wenn übergeordnete Schemas diese als zusammenhängende Objekte interpretieren. In LPG ist dies nicht nötig, da jeder Knoten und jede Kante mit mehreren *Labels* und *Properties* versehen werden kann, wodurch komplexe Strukturen sich direkt als Einheit modellieren lassen. (Kondylakis et al., 2025; Pauwels et al., 2017; Zhu et al., 2023)

## 2.2 Aktueller Stand der Forschung

Abschnitt 2.2 gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zur Qualitätssicherung in der modellbasierten Gebäudeplanung mit besonderem Fokus auf graphbasierte Ansätze zur Analyse und Prüfung digitaler Bauwerksmodelle.

### 2.2.1 Qualitätssicherung in der modellbasierten Gebäudeplanung

In *openBIM*-Projekten basiert die interdisziplinäre, modellbasierte Zusammenarbeit auf dem Austausch von gewerksspezifischen Fachmodellen, welche zu einem Gesamtmodell zusammengeführt werden. Trotz der Zusammenführung bleibt die Verantwortung für Inhalt und Qualität der einzelnen Fachmodelle bei den jeweiligen Modellautoren. Wobei die Verantwortung nach Spahn und Schaller durch Unterteilung in fachliche und datentechnische Anforderungen auf mehrere Rollen verteilt sein kann. (Preidel, 2025; Spahn & Schaller, 2023)

Da die Bearbeitung der Fachmodelle asynchron und parallel erfolgt, kommt es in der Praxis zeitweise zu Inkonsistenzen. Um eine hohe Qualität, Konsistenz und Verlässlichkeit der Modelle zu gewährleisten, ist eine kontinuierliche Prüfung sowohl der Einzelmodelle als auch des Gesamtmodells erforderlich. Qualitätsprüfung und Modellkoordination sind dabei eng miteinander verknüpft. Einerseits setzt Koordination qualitativ hochwertige Modelle voraus, um frühzeitig Konflikte zu identifizieren oder von vornherein zu vermeiden. Andererseits erfordert Qualitätsprüfung korrekte und vollständige Daten als Prüfgrundlage, wofür eine genügende Koordination zur Vermeidung von Missverständnissen oder Informationslücken erforderlich ist. Dieses Zusammenspiel ist entscheidend, um Planungsfehler frühzeitig zu erkennen und aufwendige Korrekturen in späteren Phasen zu vermeiden. Durch dies und die Verantwortung des Modellautors darf eine Eingangsprüfung durch Dritte nie eine Ausgangsprüfung ersetzen. (Preidel, 2025; Preidel et al., 2021; Spahn & Schaller, 2023)

### 2.2.2 Prüfung von planerischen Anforderungen in der Gebäudetechnik

Etablierte Lösungen und Anwendung zur automatisierten Konformitätsprüfung von digitalen Bauwerksmodellen limitieren sich derzeit auf spezifische Richtlinien und Fachdisziplinen sowie Einhaltung von funktionalen Freiräumen. In der Schweiz stellt die IDC AG mit dem *SwissPackage* für spezifische Normen wie beispielsweise die VSS 40 291 Prüfpackete für Solibri zur Verfügung. Das *SwissPackage* enthält auch erste planerische Prüfregeln für die RLT. (Dorst, 2021; IDC AG, 2025; Preidel et al., 2021)

In Fachbüchern dokumentierte Modellprüfung im Bereich HLKS beschränkt sich vorwiegend auf Kollisionsprüfungen. Zukünftig sollen in der Gebäudetechnik nach Pfeifer und

Berlizev (2025) durch zusammenhängende datenbankorientierte Arbeitsweisen vielfältige Möglichkeiten zur fachlichen Prüfung erschlossen werden. Doch deren Umsetzung begrenzt sich zum jetzigen Zeitpunkt eher auf *closedBIM*-Projekte, da dort eine einheitliche Softwareumgebung vorliegt, die modellinterne Konsistenz und die strukturierte Lesbarkeit der Daten unter den Fachmodellen gewährleistet. (Pfeifer & Berlizev, 2025; Spahn & Schaller, 2023; Tulke & René Schumann, 2021)

Die Breite der geltenden Anforderungen an die Raumluftechnik zeigt die Norm SIA 382-1 auf. Als Mutternorm der RLT in der Schweiz verweist sie auf weitere geltende Normen und Richtlinien. Die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten ergeben eine breite thematische Spannweite. Die Anforderungen reichen von sicherheitsrelevanten Aspekten wie Brand- und Explosionsschutz über energetische Effizianzforderungen, physiologische Behaglichkeit und weitere bis hin zu partikulären und chemischen Reinheitsanforderungen. (Huber, 2022; SN 546382-1, 2025)

### 2.2.3 Graphenbasierte Ansätze zur Qualitätssicherung in der Gebäudeplanung

In der Wissenschaft wird Konformitätsprüfung *Automated Code Compliance Checking* (ACCC) genannt. Forschungsarbeiten der letzten fünf Jahre, welche sich im Feld von Graph-technologien und ACCC befinden, teilen sich in zwei Forschungsbereiche auf.

Die Ersten beschäftigen sich mit semantischem *Mapping* und *Graph Neural Network* (GNN), einer Form des *Deep Learning*. Sie zeigen auf, wie die Semantik von DBM den Begrifflichkeiten in regulatorischen Anforderungen durch Mapping mit GNN zugeordnet werden können. Dies bildet die Basis für Modellabfragen mit natürlicher Sprache. (Yin et al., 2023; Zhang & El-Gohary, 2023)

Die zweite Gruppe beschäftigt sich mit *Knowledge Graphen*. Technologisch unterteilt sie sich in zwei Subgruppen. Denn die Arbeiten verwenden mit *Ontology Web Language* (OWL) eine Sprache des *Semantic Web* oder mit *Label Property Graph* ein Datenmodell moderner Graphdatenbanken. Thematisch beschäftigen sie sich dabei entweder mit der Anreicherung und Korrektur von DBM oder mit der Modellabfrage und -validierung. Wobei sich die untersuchten Anwendungsfälle und Fachmodelle in den Arbeiten überwiegend auf die Architektur beschränken. (Barrasa & Webber, 2024; Li et al., 2025; Lilis et al., 2025; Wang et al., 2024; Wu et al., 2025; Zhu et al., 2025a, 2023)

Eine Arbeit sticht thematisch durch ihren gebäudetechnischen Anwendungsfall hervor. Ihr Forschungsergebnis «*Geometric Relation Checking*» stellt die in Abbildung 1 dargestellte Methode vor, welche geometrische Auswertungen verwendet, um Bauteile der Gebäudetechnik unter anderem mit den Architekturräumen und damit zwei isolierte Modelle miteinander zu verbinden. Technologisch stützt sie sich diese auf OWL ab. (Lilis et al., 2025)

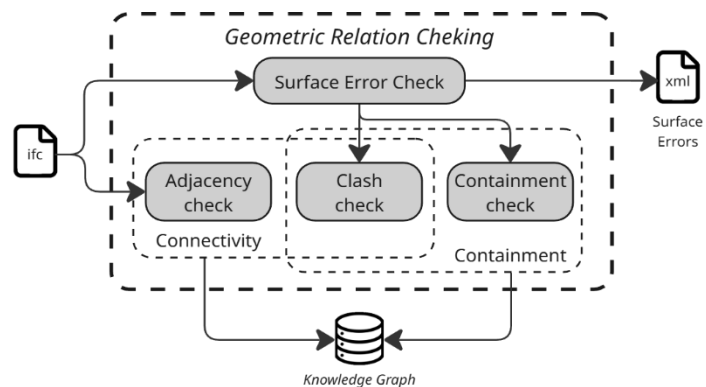


Abbildung 1: *Geometric Relation Checking* durch geometrische Auswertung (in Anlehnung an Lilis et al., 2025, p. 10)

Weiter sticht eine Forschungsgruppe um Zhu mit drei publizierten Arbeiten besonders hervor. Mit *IFC-Graph* und *GQL4BIM* veröffentlichten sie in den letzten Jahren aufbauend auf anderen Forschungsarbeiten einen neuen Ansatz, um digitale Bauwerksmodelle zu analysieren. Ihre Auswertungen erfolgen auf den im IFC abgebildeten alphanumerischen, semantischen und topologischen Informationen. Deren vollständige Abbildung in einem LPG erlauben Modellabfragen und -analysen mit QGL. Aktuell beschränken sich seine im *Journal Automation in Construction* veröffentlichten Anwendungsfälle auf einzelne Fachmodelle der Architektur. (Zhu et al., 2025a, 2025b, 2023)

### 3 Methodik

Dieses Kapitel dokumentiert die methodische Vorgehensweise der Arbeit. Es dient zur systematischen Bearbeitung der Forschungsfragen. Nachfolgend wird zunächst das Forschungsdesign erläutert. Anschliessend erfolgt die Dokumentation der eingesetzten Methoden zur Datenerhebung und -analyse, des Untersuchungsgegenstandes sowie der Bewertung der Forschungsqualität.

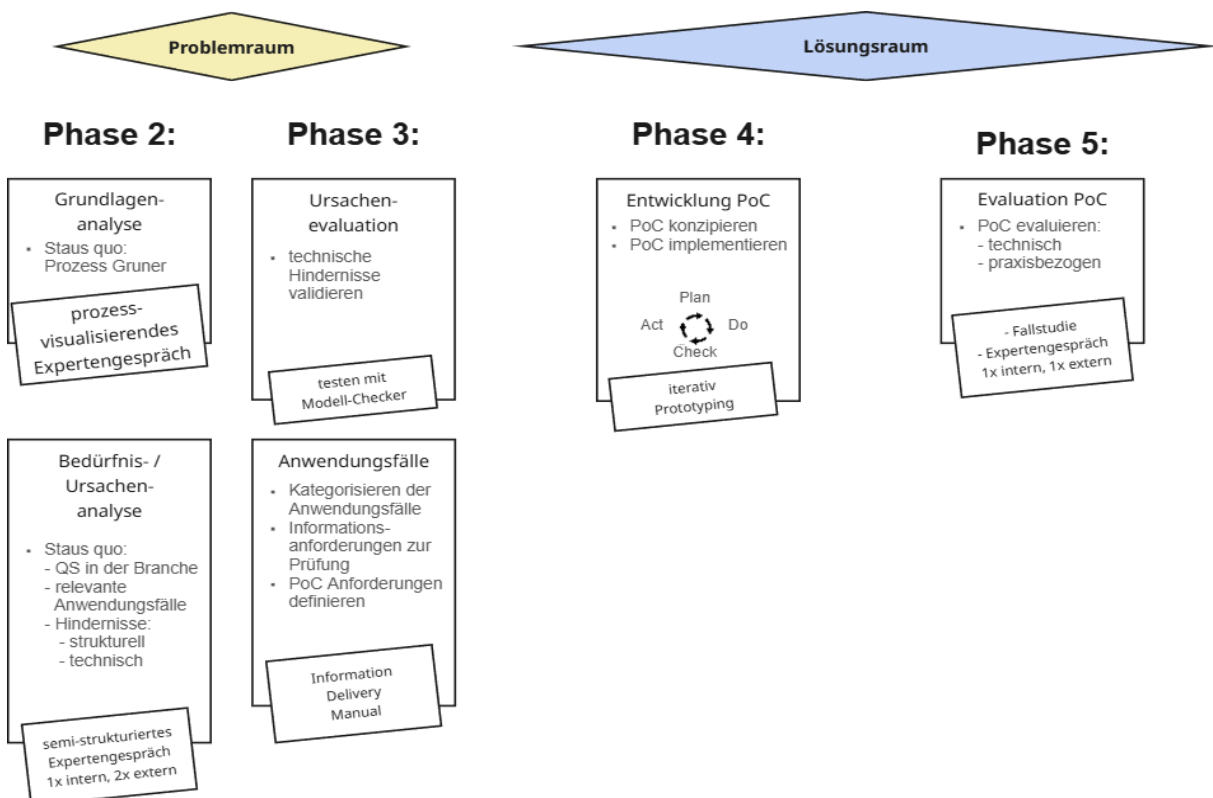
#### 3.1 Forschungsdesign

Ziel dieser Arbeit ist die praxisnahe und explorative Untersuchung der in Kapitel 1.2 formulierten zentralen Forschungsfrage. Die Bearbeitung der Forschungsfrage erfolgt entlang vier Teilfragestellungen, welche systematisch aufeinander aufbauen. Methodisch kombiniert die Arbeit qualitative Methoden zur Datenerhebung und explorative Methoden zur Untersuchung der Machbarkeit. Damit liegt mit *Mixed-Methods* ein hybrides Forschungsdesign vor.

Methodisch lehnt sich das Forschungsdesign zudem an den Prinzipien von *Design Thinking* an und gliedert sich in einen Problemraum und einen Lösungsraum. Beide Räume teilen sich, wie Abbildung 2 zeigt, in 2 Phasen auf. Zudem findet eine initiierende Phase 1 mit der thematischen Vorbereitung und eine nachgelagerte Phase 6 zur Dokumentation statt.

Die Phasen 2 und 3 bilden den Problemraum. In der zweiten, divergierenden Phase erfolgt die interne und externe Datenerhebung. Ziel ist die Erfassung des internen Planungsprozesses sowie die Identifikation praxisrelevanter Prüfgebiete und bestehender technischer Hindernisse bei der Modellprüfung. In der dritten, konvergierenden Phase werden die identifizierten technischen Hindernisse validiert und für die Prüfgebiete konkrete Prüffälle ausgearbeitet und kategorisiert.

Die Phasen 4 und 5 bilden den Lösungsraum. In der Vierten wird ein PoC konzipiert und implementiert. Das PoC baut auf drei methodisch gewählten Prüfgebieten mit unterschiedlicher Kompliziertheit auf und wird anschliessend in Phase 6 durch eine Fallstudie kombiniert mit zwei Expertengespräche validiert.



**Abbildung 2:** Der Bildausschnitt aus zeigt die Phasen 2 bis 5 mit ihren Arbeitsblöcken, eingesetzten Methoden und Zuordnung in den Problem- oder Lösungsraum.

## 3.2 Datenerhebungs- und Analysemethoden

Die in den sechs Phasen des Forschungsansatzes verwendeten Datenerhebungs- und Analysemethoden werden nachfolgend vertieft erläutert. Sie bilden die methodische Grundlage der ausgearbeiteten und grösstenteils in Kapitel 4 dokumentierten Ergebnissen.

### 3.2.1 Systematische Literaturrecherche

Das **Ziel** der systematischen Literaturrecherche ist es, den aktuellen Stand der Forschung sowie bestehende Forschungslücken im Bereich der graphbasierten Qualitätssicherung digitaler Bauwerksmodelle zu identifizieren. Auf dieser Grundlage wird die in Kapitel 1.2 formulierte, zentrale Forschungsfrage abgeleitet und eingeordnet. Die systematische Recherche bildet zudem die Datengrundlage der *State of the Art* in Kapitel 2.2.

Die Durchführung der systematischen Literaturrecherche orientiert sich dazu an drei **Recherchefragen**. Diese adressieren (1) die Definition und Umsetzung der Qualitätssicherung in der modellbasierten Gebäudeplanung, (2) bestehende Ansätze der planerischen Qualitätssicherung in der Gebäudetechnikplanung sowie (3) graphbasierte Technologien und Methoden zur Analyse digitaler Bauwerksmodelle.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen kommt eine frageabhängige **Suchstrategie** zum Einsatz. Für Recherchefrage 1 kombiniert die Recherche eine *Keyword-Suche* mit *Citation Pearl Growing*, um sowohl grundlegende Fachliteratur als auch zentrale Autoren und Schlüsselpublikationen zu identifizieren. Recherchefrage 2 bearbeitet die Recherche durch eine freie Recherche in Verbindung mit einer ergänzenden *Keyword-Suche*, wodurch der dokumentierte *Status quo* der Branche abgebildet wird. Zusätzlich berücksichtigt die Recherche graue Literatur, insbesondere Veröffentlichungen von Fachverbänden. Für Recherchefrage 3 nutzt die Recherche einen *Building Block Approach* in Kombination mit *Citation Pearl Growing*, um aktuelle, forschungsnaher Publikationen zu graphbasierten Analyseansätzen möglichst vollständig zu erfassen.

Die **Durchführung** der Literaturrecherche umfasst Abfragen in den wissenschaftlichen Datenbanken OpenAlex, Scopus, IEEE Xplore und Swiscovery. Diese Auswahl stellt eine breite fachliche Abdeckung der Disziplinen Bauwesen, *Building Information Modeling* und Informatik sicher und ermöglicht zugleich den Zugriff auf internationale als auch deutschsprachige Literatur. Die abgefragten Datenbanken unterscheiden sich abhängig der Forschungsfragen.

Für den *Building Block Approach* der Recherchefrage 3 nutzt die Recherche datenbankspezifisch angepasste Suchanfragen auf Titel- und Abstract-Ebene. In der **Auswertung** führt die Arbeit die Suchergebnisse zusammen, entfernt Duplikate und analysiert die verbleibenden Beiträge in einem mehrstufigen *Screening-Verfahren*. Das vollständige Protokoll der Literaturrecherche, einschliesslich Suchstrings, Filterkriterien und Ausschlussgründe, ist in Anhang A2 dokumentiert.

### 3.2.2 Prozessvisualisierende Expertengespräche

Das **Ziel** der prozessvisualisierenden Expertengespräche liegt in der Erfassung des internen Planungsprozesses des Praxispartners. Der wesentliche Vorteil dieser Gesprächsart ist die gemeinsame, parallele Visualisierung, die dabei unterstützt, ein gemeinsames Verständnis zu schaffen und Missverständnisse frühzeitig aufdeckt. Die Anzahl der durchzuführenden Gespräche begrenzt sich, begründet durch limitierte zeitliche Ressourcen, auf drei Stück.

Das **Sampling** (siehe Anhang A3) kombiniert die Maximierungs- mit der Minimierungsstrategie. Die Maximierungsstrategie zielt darauf ab, durch die Auswahl unterschiedlicher Rollen eine möglichst breite inhaltliche Abdeckung zu erreichen. Durch die limitierte Anzahl an Gesprächen erfolgt je Rolle jeweils ein Gespräch. Die berücksichtigten Rollen sind Fachplaner\*in Lüftung, Spezialist\*in Simulation und BIM-Koordinator\*in.

Die Ansicht der Minimierungsstrategie ist erfahrene Gesprächspersonen auszuwählen, um sicherzustellen, dass sie mit dem internen Planungsprozess vertraut und beruflich erfahren sind. Die gewählten Kriterien und deren Absicht wiedergibt Abbildung 3.

Sampling-Kriterien						
Minimierungsstrategie				Maximierungsstrategie		
Businessunit	Erfahrung in Grossprojekt	Berufserfahrung	Zugehörigkeit Unternehmen	berufliche Rolle		
BSBE	Mitglied Projektteam von Grossprojekt	> 5 Jahre	> 5 Jahre	min. 1x Fachplaner*in RLT	min. 1x Spezialist*in Simulation	min. 1x BIM-Koordinator*in
übereinstimmender Planungsprozess	abgestimmte Planungsabläufe	praktische Erfahrung	gefestigte interne Abläufe	Vielfalt der Rollen und Perspektiven, denn alle haben andere Aufgaben		

**Abbildung 3:** Die dargestellten Kriterien des Sampling der prozessvisualisierenden Expertengespräche maximieren die Rollenvielfalt unter Sicherstellung von beruflicher Erfahrung beim Praxispartner.

Zur **Vorbereitung** der Gespräche erfolgt neben der Anfrage und der Terminfindung die Ausarbeitung der Einverständniserklärung (siehe Anhang A4), der Gesprächsleitfäden (siehe Anhang A5) sowie einem leeren BPMN-Diagramm übereinstimmend mit den Leitfragen des Gesprächs. Zwischen den Gesprächen erfolgt jeweils eine Auswertung, damit die nachfolgenden Gespräche sich auf den bereits ermittelten Planungsprozess stützen können.

Die **Durchführung** der Gespräche erfolgt in den Besprechungsräumlichkeiten des Praxispartners. Zur Visualisierung stehen in allen Gesprächen Miro- und Whiteboard zur Verfügung. Die Gespräche beinhalten nach dem Gesprächseinstieg und Einholung der Einverständniserklärung zwei Schritte. Im Ersten erfolgt die Erfassung des Sequenzflusses sowie den beteiligten Rollen, Tätigkeiten und Softwares. Der Zweite ergänzt den Informationsfluss zwischen den Tätigkeiten. Als Gesprächsergebnis geht jeweils ein gemeinsam visualisierter Planungsprozess in Form eines BPMN-Diagrammes (siehe Anhang A6) hervor.

In der **Nachbereitung** der Gespräche erfolgt neben der Aufbereitung des gesamten Planungsprozesses (siehe Anhang A7), die Abstraktion dessen zur besseren Übersicht (siehe Anhang A8) sowie die Überführung in eine Softwarelandschaft mit Rollen und Tätigkeiten (siehe Anhang A9). Beschrieben wird der Planungsprozess in Kapitel 3.3.

### 3.2.3 Semi-strukturierte Expertengespräche

Das **Ziel** der semi-strukturierten Expertengespräche liegt in der praxisnahen Datenerhebung. Aus den Gesprächen sollen dabei Informationen zum Status quo der planerischen Qualitätssicherung in der Branche sowie Prüfgebiete und deren potenzielle Implementierungshürden hervorgehen. Die Anzahl der durchzuführenden Gespräche begrenzt sich, begründet durch limitierte zeitliche Ressourcen, auf vier Stück.

Das **Sampling** der semi-strukturierten Expertengespräche (siehe Anhang A10) kombiniert die Maximierungs- mit der Minimierungsstrategie. Die Maximierung erfolgt, um aus den auf vier Stück begrenzten Expertengesprächen eine maximierte Perspektivenvielfalt zu erhalten. Unterschiedliche Arbeitgeber und berufliche Rollen stellen dies sicher. Die Expertise wird durch mindestens fünf Jahre berufliche Erfahrung sichergestellt. Zudem müssen die Fachpersonen in Unternehmen mit mehr als 100 Angestellten tätig sein, da in solchen potenziell eher Ressourcen für digitale und prozesstechnische Entwicklungen zu erwarten sind. Die gewählten Kriterien und die Absicht deren wiedergibt Abbildung 4.

Samplingkriterien						
Minimierungsstrategie		Maximierungsstrategie				
Grösse Arbeitgeber	Berufserfahrung	Arbeitgeber		berufliche Rolle		Verbandstätigkeit
>100 Angestellte	> 5 Jahre im Umfeld HLKS	max. 1 Person Planung Ausführung	min. 4 verschiedene Arbeitgeber	min. 1 Person BIM-Koordination	min. 2 Person Planung RLT	min. 1 Person aktives Mitglied
interne Entwicklung / Optimierung	praktische Erfahrung	kennet wiederkehrende Fehler in Ausführung	unterschiedliche Planungsprozesse	andere Perspektive auf Hindernisse	identifizieren von Anwendungsfällen	breite Branchenvernetzung / -wissen

**Abbildung 4:** Die dargestellten Kriterien des Sampling der semi-strukturierten Expertengespräche maximieren Perspektivenvielfalt unter Sicherstellung von beruflicher Erfahrung.

Zur **Vorbereitung** der Gespräche erfolgt neben der Suche von Fachpersonen, die Ausarbeitung der Einverständniserklärung (siehe Anhang A11) sowie der Gesprächsleitfäden (siehe Anhang A12).

Die **Durchführung** der Gespräche erfolgt vor Ort in Besprechungsräumen an den Arbeitsstätten der Fachpersonen. Die zentralen Themenblöcke sind „Status quo der planerischen Qualitätssicherung“, „Anforderungen an die Raumlufttechnik“ und „Implementierungshürden“. Die Initiierung dieser Themen erfolgt durch erzählgenerierende Fragen, worauf durch die Charakteristik von semi-strukturierten Expertengesprächen individuell auf die Antwort der Fachpersonen eingegangen wird. Aufrecht- und Steuerungsfragen dienen dazu die erwünschten Informationen zu gewinnen. Je nach Rolle und Arbeitgeber sind Themen oberflächlicher oder vertiefter zu gewichten, um bestmöglich von der Expertise und Erfahrung der Fachperson zu profitieren. Die gewählte Gesprächsform gewährleistet die dazu benötigte Flexibilität. Aus dem Gespräch geht eine Audiodatei hervor, welche nachbereitend ausgewertet wird.

Die **Nachbereitung** der Gespräche umfasst die Auswertung der Audioaufnahmen. Daraus resultiert je Gespräche eine Aktennotiz (siehe Anhang A13). Begründet durch limitierte zeitliche Ressourcen erfolgt keine kodierte Auswertung. Die Ergebnisse fliessen in den *Status quo* (siehe Kapitel 4.1) und Implementierungshürden (siehe Kapitel 4.2) der Arbeit mit ein.

### 3.2.4 Validierung der technischen Hürden

Die Validierung der technischen Hürden erfolgt mit dem **Ziel**, eine potenzielle Blindstelle zwischen genutzten Programmfunktionen und den tatsächlichen Programmfunktionen zu identifizieren. Eine solche könnte vorliegen, da sich Anwendungen stetig weiterentwickeln und Anwendenden, welche im beruflichen Alltag ihnen bekannte Funktionen und Abläufe nutzen, unbekannt sind.

Das Vorgehen zur Validierung teilt sich in drei Arbeitsschritte. Der Erste, die **Vorbereitung**, beinhaltet die Planung der Herangehensweise der Untersuchung. Diese umfasst unter Konsultation von Herstellerunterlagen wie Betriebshandbuch und Video-Tutorials. Dies gewährleistet eine strukturierte Untersuchung unter Einbezug der aktuellen, öffentlichen zugänglichen Grundlagen.

Anschliessend an die Vorbereitung folgt als zweiter Arbeitsschritt die **Durchführung** basierend auf der definierten Herangehensweise. Die Dokumentation startet parallel zur Durchführung und bildet den dritten Arbeitsschritt die **Nachbereitung**. Die Dokumentation beinhaltet die Herangehensweise, Analyse der Ergebnisse und die Erkenntnisse. Diese sind je untersuchter technischer Hürde strukturiert und liegen der Arbeit in Anhang A14 bis Anhang A16 bei. Die Ergebnisse beschreibt Kapitel 4.2.

### 3.2.5 Systematische Wahl der Prüffälle

Das **Ziel** der systematischen Wahl der Prüffälle liegt darin, für den PoC drei unterschiedlich anspruchsvolle Prüffälle auszuwählen, welche für die Praxis und auch die Forschungsfrage relevant sind. Dazu erfolgt die Kombination von Tools aus dem *Information Delivery Manual* zur Erfassung der erwarteten Informationsanforderungen sowie Tools aus dem *Lean Management* zur methodischen Kategorisierung, Vorauswahl und definitiven Wahl der Prüffälle. Die Ausarbeitung läuft im nachfolgend beschriebenen und in Abbildung 5 visualisierten Prozess bestehend aus fünf seriellen Schritten ab.

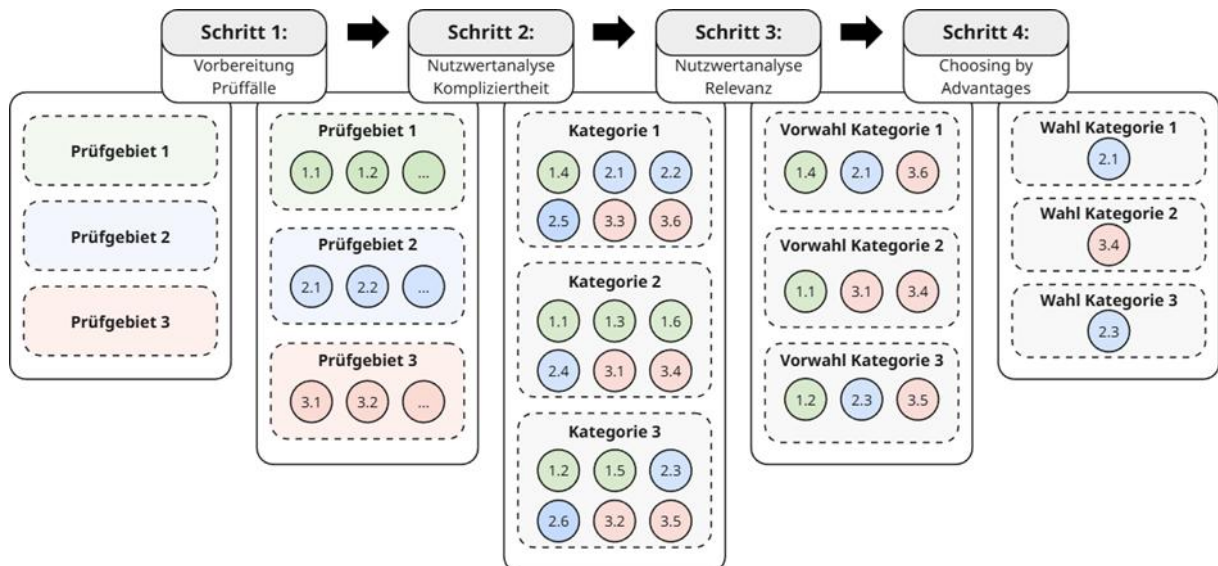


Abbildung 5: Ablauf der systematischen Wahl der Anwendungsfälle für das PoC

Als **erster Schritt** findet für die aus den Expertengesprächen identifizierten Prüfgelände die Recherche der geltenden Anforderungen, Brainstorming von möglichen Prüffragen statt. Daraus resultiert eine Auswahl von weiter betrachteten **Prüffällen** je Prüfgelände. Vorbereitend für den zweiten Schritt spielt sich für diese die Ausarbeitung der erwarteten Informationsanforderungen ab. Orientiert am *Information Delivery Manual* erfolgt dies tabellarisch und hält neben den Informationsquellen die Relationen zwischen Bauteilen und Attribute von Bauteilen fest.

Um für den PoC drei unterschiedlich anspruchsvolle Prüffälle zu definieren, folgt im **zweiten Schritt** eine **Kategorisierung**. Methodisch eignet sich diese durch eine Nutzwertanalyse in Anlehnung an Belton und Stewart (2002). Die Nutzwertanalyse passiert mit dem Fokus auf Kompliziertheit, wobei die Bewertung dieser aus den erwarteten Informationsanforderungen resultiert. Die drei Kategorien Anzahl Attribute, Anzahl Relationen und Anzahl Datenmodelle fließen in die Bewertung mit ein. Die drei Kategorien bleiben dabei ungewichtet und die Punktevergabe erfolgt je Kategorie durch eine proportionale Funktion, wobei die Steigung dem Kehrwert eines Drittels des maximalen Wertes je Kategorie beträgt. Sortiert nach der Gesamtpunktzahl geschieht die Einteilung in drei Kategorien. Kategorie 1 umfasst die weniger kompliziert erwarteten Prüffälle und Kategorie 3 die komplizierter erwarteten Prüffälle.

Zur Reduktion der Anzahl Prüffälle in der abschliessenden Wahl findet im **dritten Schritt** eine **Vorauswahl** durch eine Nutzwertanalyse bezüglich Relevanz statt. Die Methodik lehnt sich wiederum an Belton und Stewart (2002) an. Hier wird die Relevanz anhand der Anwendung der Prüffregel sowie der Grundlage der Prüffregel bewertet. Die Schlüssel zur Punkteverteilung sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Tabelle 2 enthalten. Je Kategorie werden die drei Prüffälle mit der höchsten Punktzahl weiterverfolgt. Bei Punktegleichstand entscheidet die höhere Punktzahl aus der Nutzwertanalyse Kompliziertheit aus Schritt 3. Ist auch diese identisch, dann kommt die weitere Betrachtung aller gleichaufliegenden zustande.

**Tabelle 1:** Punkteverteilungsschlüssel für die normative Grundlage der Prüfung

Normative Grundlage	Punkte
Anlage	1
Lüftungsabschnitt	2
Zone	2
Zone und Medium	2
Raum	3
Leitungsbauteil	4

**Tabelle 2:** Punkteverteilungsschlüssel für die Häufigkeit der Prüfung

Häufigkeit der Prüfung	Punkte
Hersteller	1
Anforderung	2
Funktion	2
SIA	3
VKF	3
MuKE	3

Als **vierter Schritt** wählt durch ein *Choosing by Advantages* nach Suhr (1999) die weiter betrachteten Prüffälle methodisch aus. Das CBA umfasst die vier Faktoren Verfügbarkeit der Datengrundlage, Relevanz in der Praxis, normative Relevanz, wissenschaftliche Relevanz sowie die Machbarkeit. Bevorzugt wird dabei eine hohe Datenverfügbarkeit, eine hohe Praxisrelevanz für den Praxispartner, eine höhere Ebene in der Normenhierarchie, eine hohe thematische Übereinstimmung mit dem Thema Graph sowie eine hohe Machbarkeit durch klare Formulierungen und einheitliche Vorgaben. Die Bewertung der Relevanz für die Praxis erfolgt im Gespräch mit der Thesis-Expertin. Nach Formulierung und Wertung der Vorteile entscheidet die Punktzahl über Wahl zur weiteren Betrachtung. Je Kategorie wird der Prüffall mit der höchsten Punktezahl weiterverfolgt.

Die **Nachbereitung** dokumentiert die zusammengestellten Ergebnisse tabellarisch im Kapitel 4.3. Die Ergebnisse der einzelnen Zwischenschritte liegen in folgenden Anhängen bei:

- Anhang A17: Prüffälle und erwartete Informationsanforderungen
- Anhang A18: Kategorisierung durch Nutzwertanalyse Kompliziertheit
- Anhang A19: Vorwahl durch Nutzwertanalyse Relevanz
- Anhang A20: Wahl durch Choosing by Advantages
- Anhang A21: Zusammenstellung des Gesamtergebnisses

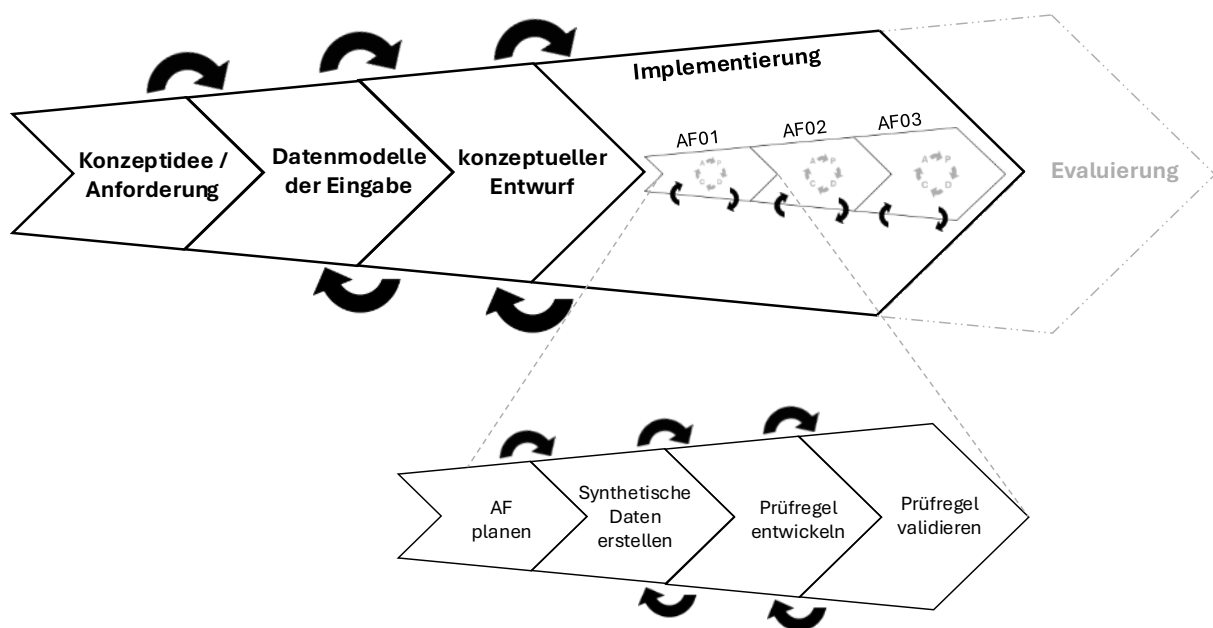
### 3.2.6 Entwicklung PoC

**Ziel** des PoC ist die Untersuchung der Machbarkeit anhand der Teilfragestellung 3 und der drei gewählten Anwendungsfälle. Methodisch findet die Entwicklung durch iteratives *Prototyping* mit dem PDCA-Zyklus statt, um der explorativen Fragestellung mit zu Beginn unvollständigen Spezifizierung von Anforderungen mit einem agilen Vorgehen zu begegnen.

Die **Entwicklung** des PoCs und der Anwendungsfälle startet, wie Abbildung 6 zeigt, mit einer Konzeptidee und der Definition der Anforderungen. Es folgt die Analyse und Spezifikation der Datenmodelle der Eingabe, welche, wo möglich, auf dem Planungsprozess des Praxispartners basieren. Darauf bauen der konzeptuelle Entwurf und die Implementierung auf, wobei dennoch schrittübergreifende Iterationen zugelassen sind. Sie sind gar erwünscht, um gewonnene Erkenntnisse einzubinden.

Der konzeptionelle Entwurf und dessen Implementierung ergibt sich anhand der definierten Anwendungsfälle. Die Anwendungsfälle werden seriell von niedriger zu höherer Kompliziertheit bearbeitet, wodurch eine stetige Steigerung der Anforderungen resultiert. So entwickelt sich das PoC iterativ mit den Anwendungsfällen kontinuierlich weiter.

Auf einen Anwendungsfall bezogen bedeutet dies, dass in der *Plan*-Phase die Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalls geplant und im PoC-Entwurf miteingebunden werden. Die *Do*-Phase umfasst die Erstellung von synthetischen Daten, welche sowohl regelkonforme als auch regelverletzende Konfigurationen enthalten. Diese werden in der *Do*-Phase zudem zur Entwicklung der Prüfregel verwendet. In der *Check*-Phase wird durch *Testing* die Anforderung des Anwendungsfalls geprüft, bevor in der *Act*-Phase gewonnene Erkenntnisse in die nächste Iteration einfließen, wobei dies stets auch Änderungen in davorliegenden Arbeitsschritten beinhalten kann.



**Abbildung 6:** Methodisches Vorgehen zur Entwicklung des PoCs

In der **Nachbereitung** geschieht wiederum die Dokumentation der Ergebnisse. Dokumentiert sind die Ergebnisse zwischen Kapitel 4.4 und 4.9. Zudem liegen Ergebnisse in den Anhängen zwischen Anhang A22 und Anhang A30 bei.

### 3.2.7 Evaluierung PoC

**Ziel** der Evaluierung des PoC ist die Bewertung seiner Praxistauglichkeit. Sie eruiert, unter welchen Bedingungen eine Integration in bestehende Planungsprozesse praktikabel ist und ob der Implementierungsaufwand reduziert wird.

Die Evaluierung konzentriert sich dafür auf vier **Aspekte**:

- Vollständigkeit und Korrektheit der Prüfergebnisse
- Implementierungsaufwand im bestehenden Planungsprozess
- Interoperabilität der Ergebnisse durch Bereitstellung im BCF-Format
- Einschätzung des Anwendungsinteresses durch Fachpersonen

Methodisch erfolgt die Evaluierung in zwei ergänzenden Schritten. Der erste Schritt besteht in einer **Fallstudie**, die auf realen, vom Praxispartner zur Verfügung gestellten, Projektunterlagen basiert. Diese ermöglicht eine praxisnahe Überprüfung der Funktionalität und Anwendbarkeit des PoC. Zur Durchführung werden die Daten aufbereitet und, falls erforderlich, fehlende Unterlagen ergänzt. Anschliessend wird das PoC auf die Projektdaten angewendet, und die Ergebnisse werden anhand der Kriterien wie Vollständigkeit, Korrektheit, Implementierungsaufwand und Interoperabilität ausgewertet.

Zusätzliche quantitative Testfälle, etwa das gezielte Einfügen von Fehlern zur Überprüfung der Prüfergebnisse, waren angedacht, konnten aufgrund auftretender Herausforderungen während der Fallstudie zeitlich nicht mehr umgesetzt werden.

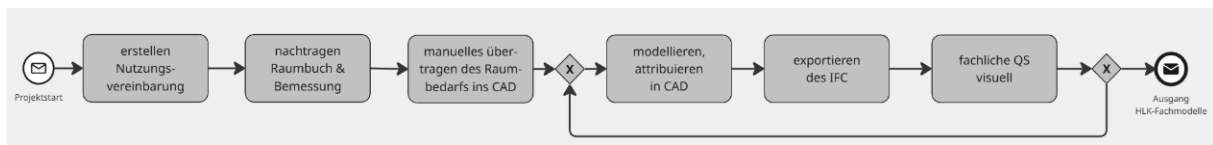
Der zweite Schritt sind **semi-strukturierte Expertengespräche**, welche qualitative Einschätzungen zur Praxistauglichkeit und zum Anwendungsinteresse ermitteln. Es werden zwei Fachpersonen einbezogen, die unterschiedliche berufliche Rollen und Arbeitgeber repräsentieren, mindestens fünf Jahre Erfahrung besitzen und in Unternehmen mit mehr als 100 Mitarbeitenden tätig sind. Davon ist zudem eine Person beim Praxispartner angestellt. Diese Auswahl kombiniert Maximierungs- und Minimierungsstrategien, um eine möglichst breite Perspektivenvielfalt zu gewährleisten. Die Gespräche werden leitfadengestützt durchgeführt und bei Zustimmung audioaufgezeichnet. Die Nachbereitung passiert durch Erstellung von Aktennotizen. Eine detaillierte kodierte Analyse findet aufgrund begrenzter Ressourcen nicht statt.

Die **Nachbereitung** der Evaluierung dient der Auswertung der Fallstudienresultate sowie der Dokumentation der Expertengespräche. Die Ergebnisse beschreibt Kapitel 4.10. Ergänzend befinden sich im Anhang A31 bis Anhang A35 weitere zugehörige Unterlagen zur Durchführung der Fallstudie und der Gespräche.

### 3.3 Planungsprozess des Praxispartners

Der Planungsprozess des Praxispartners Gruner bildet die zentrale Ausgangslage dieser Arbeit. Die darin enthaltenen Tätigkeiten, eingesetzten Artefakte sowie die bestehende Anwendungslandschaft definieren die Rahmenbedingungen für die spätere Entwicklung des PoC. Die Erhebung des Planungsprozesses erfolgt mit den in Kapitel 3.2.2 beschriebenen prozessvisualisierenden Expertengesprächen mit einem Fachplaner Lüftung, einem BIM-Koordinator sowie einem Spezialisten für thermische Gebäudesimulation.

Abbildung 7 zeigt den erfassten Planungsprozess eines Fachplaners Lüftung als Ausschnitt aus dem abstrahierten Gesamtprozess (siehe Anhang A8). Die Abbildung illustriert, dass sich nach dem Projektstart die Erstellung der Nutzungsvereinbarung und Bemessung in einem Raumbuch basierend auf Excel abspielt. Nach diesen beiden Schritten liegt ein Datenbruch vor, da die Fachplanenden die Ergebnisse vorwiegend manuell in die Modellierungssoftware Trimble Nova 18.3 übertragen. Diesen Schritt bezeichnet der Planer selbst als zeitaufwendig. Basierend auf den übertragenen Daten ereignet sich die Modellierung und Attribuierung. Nach dem Export der Modelle als IFC erfolgt eine visuelle Qualitätssicherung. Abhängig der Abgabe findet diese durch den Fachplaner selbst oder bei Phasenabschluss durch den Projekt- oder Abteilungsleiter statt. (Fachplaner Lüftung, 2025a)



**Abbildung 7:** Der abstrahierte Planungsprozess des Fachplaners Lüftung

Die Expertengespräche zeigen zudem, dass Trimble Nova über eine Tabellenschnittstelle verfügt, welche einen bidirektionalen Datenaustausch zwischen Excel und Trimble Nova mit CSV-Dateien ermöglicht. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass für sämtliche Räume entsprechende Objekte in Trimble Nova angelegt und über den gesamten Projektverlauf konsistent gepflegt werden. Alternativ besteht ein weiterer *Workaround*, bei dem in Autodesk Revit erstellte DWG-Zeichnungen in Trimble Nova hinterlegt werden. (BIM-Koordinator, 2025a; Fachplaner Lüftung, 2025a; Spezialist Simulation, 2025)

Neben den beteiligten Fachplanenden sind insbesondere der BIM-Koordinator und der Spezialist Simulation in den Zusammenhang mit dem beschriebenen Planungsprozess involviert. Der BIM-Koordinator verantwortet die Verwaltung des Raumbuchs, des Projekts in Trimble Nova sowie der zugehörigen Skripts. Darüber hinaus betreut er das Solibri-Projekt, koordiniert die Leitungsnetze mit Kollisionsprüfungen und übernimmt den Austausch und Verwaltung digitaler Bauwerksmodelle sowie BCF-Issues. (BIM-Koordinator, 2025a)

Die aktuell eingesetzten Raumbücher basieren auf Excel. Parallel dazu laufen Bestrebungen zur Einführung einer zentralen Datenverwaltung, um gewerkspezifische Excel-Lösungen zu ersetzen und die vorliegenden Datensilos aufzubrechen. Ziel ist es, Fehlerquellen zu minimieren und die Datenkonsistenz über alle Gewerke hinweg zu verbessern. (BIM-Koordinator, 2025a)

Der Spezialist für thermische Gebäudesimulation ist weniger direkt in den Planungsprozess der Lüftung eingebunden. Seitens des Gewerks Lüftung benötigt er primär Anlagen- und Rauminformationen zur Parametrierung der Simulation. Neben weiteren projektspezifischen Daten ist stets ein Raummodell erforderlich, welches als Grundlage für das Simulationsmodell dient. Die Simulationsergebnisse fließen überwiegend in die Planung der Heizung und Klimakälte ein. Auch bei Projekten ohne Simulation ist für die Heizlastberechnung ein Raummodell erforderlich. Entsprechend liegt für jedes Projekt ein Raummodell vor. (Spezialist Simulation, 2025)

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Planerische Qualitätsprüfung in der Praxis

Zur Erhebung der aktuellen Praxis der planerischen Qualitätssicherung erfolgt, wie in Abschnitt 3.2.3 beschrieben, die Durchführung von vier semi-strukturierte Expertengesprächen. Gemäss den Samplingkriterien arbeiten die beruflich erfahrenen Fachpersonen in vier unterschiedlichen Betrieben mit über 100 Angestellten. Die in der Planung in Ingenieurbüros oder ausführenden Unternehmen angestellten Fachpersonen sind in der BIM-Koordination oder Planung RLT tätig, wobei eine Person fachlich in einem Branchenverband aktiv mitwirkt.

Die Auswertung der Gespräche zeigt, dass sich der **Status quo** in den Unternehmen bezüglich planerischer Qualitätssicherung unterscheidet (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025). Seitens des ausführenden Unternehmens findet eine vollständige Nachmodellierung mit manueller Prüfung aller relevanten Anforderungen statt. Diese aufwendige Massnahme soll die Standards für die firmeneigene Produktion sichern. Zudem kontaktieren Kunden bei auftretenden Problemen als erstes vorwiegend den Ersteller. Dieser Problematik wird mit dem zusätzlichen Aufwand vorgebeugt. (Unternehmer Lüftung, 2025)

Die Planenden verwenden zur Qualitätssicherung teils vorbeugende Massnahmen in der Autorensoftware. Zudem geschehen bei den Planenden bei Phasenabschlüssen fachliche Kontrollen unter Einbezug interne gewerkspezifischen QS-Checks anhand von Checklisten mit projektexternen Fachspezialisten oder visueller Vieraugenkontrolle. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025)

Drei der vier Unternehmen wenden dabei Modell-Checker wie Solibri oder Revitso an, wobei keine Regeln, sondern Kategorisierungen respektive Suchgruppen zur visuellen Einfärbung von Elementen verwendet werden. Dies dient zur Unterstützung bei der visuellen Kontrolle. Eine nachgelagerte regelbasierte, planerische Qualitätsprüfung der Fachmodelle ist bei keinem der vier Unternehmen etabliert. Damit sind die Schilderungen aus der Praxis kongruent mit den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche in Kapitel 2.2.2. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025)

Die Auswertung der Expertengespräche identifiziert zusätzlich die **praxisrelevanten Prüfgebiete**. Dabei handelt es sich um thematische Schwerpunkte, bei denen die Fachpersonen in der praktischen Anwendung einen erhöhten Bedarf an qualitätssichernden Prüfmassnahmen wünschen. Pro Fachperson gehen jeweils die drei priorisierten Anwendungsfälle in die Auswertung ein. Aufgrund der unterschiedlichen Granularität der Antworten weist Tabelle 3 mit 18 Nennungen mehr Nennungen auf als die ursprünglich zu erwartenden zwölf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei der Nennung eines Oberthemas, die entsprechenden Unterthemen in der Auswertung mitberücksichtigt werden. Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen, dass das Unterthema Luftgeschwindigkeit von sämtlichen Fachpersonen als relevant eingestuft wird. Darüber hinaus besteht ein mehrfach genanntes Interesse an den Themen Auslegung von Komponenten, Brandschutz sowie MuKEn. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025)

**Tabelle 3:** Ergebnis der von den Fachpersonen genannten praxisrelevanten Prüfgebieten

Thema	Unterthema	Anzahl Nennungen
MuKEn	Allgemein	●●○○
	Luftgeschwindigkeit	●●●●
Auslegung Komponenten	Allgemein	●●○○
	Volumenstromregler	●●●○
	Auslässe	●●●○
Brandschutz	Allgemein	●●●○
Attribuierung	Allgemein	●○○○

## 4.2 Implementierungshürden

Weiter gehen aus den Expertengesprächen Erkenntnisse über Implementierungshürden hervor. Diese teilen sich in strukturelle und technische Hürden auf, wobei technische Hürden funktionale Limitationen durch Software oder Schnittstellen bezeichnet. Die strukturellen Hürden umfassen dagegen prozessuale und organisationale Themen. Während die strukturellen Hürden in der Arbeit nicht weiter vertieft werden, erfolgt für die technischen Hürden eine Validierung gemäss der in Kapitel 3.2.4 beschriebenen Methodik.

### 4.2.1 Strukturelle Hürden

Als strukturelle Hürden lassen sich aus den vier Gesprächen sechs Themen erkennen. Dies sind der Zeit- und Ressourcenmangel, unklare Zuständigkeit, Wissens- und Kompetenzlücken, fragmentierte Toollandschaft, unzureichende Datenverfügbarkeit und fehlender wahrgenommener Mehrwert. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025)

Mehrere Aussagen weisen darauf hin, dass Modellierung unter hohem Termindruck zu eingeschränkter Pflege von Attributen führt. Qualitätssicherung scheitert dann weniger an fehlendem Willen als an fehlender Zeit. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b)

Es besteht keine klar definierte Rolle, die für die Erstellung, Pflege und Weiterentwicklung von Prüfregelein verantwortlich ist. Aussagen wie «Es fühlt sich niemand zuständig» verdeutlichen die unklare Zuständigkeit, welche eine Idee vor deren Umsetzung hindert. (Fachplaner Lüftung, 2025b)

Auch sind fachliche wie auch technische Wissenslücken vorhanden. Während Fachpersonen über tiefes Fachwissen verfügen, sind sie oft weniger toolaffin. Koordinator\*innen beherrschen Tools, wobei ihnen das fachspezifische Wissen fehlt. Eine fehlende Übersetzung zwischen Fachwissen und Toolkompetenz verhindert die Erstellung fachlicher Prüfregelein. Zudem ist kritisches Denken und allgemein Grundlagen zur Modellprüfung zu schulen, um blindem Modell und Softwarevertrauen vorzubeugen. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025)

Häufige Planänderungen, unvollständige Attribuierung und hypothetische Grundlagen führen dazu, dass Modelldaten nicht konsistent sind. Attribute werden zudem nicht gepflegt, wenn sie aktuell keinen direkten Nutzen ergeben. Eine inkonsistente und unvollständige Datenbasis verhindert eine automatisierte Qualitätssicherung. (Projektleiter Lüftung, 2025)

Die Vielzahl an Plattformen und modellprüfenden Tools, deren Nutzung oft durch Projektvorgaben bestimmt wird, erschwert eine einheitliche und skalierbare Implementierung von Prüfmechanismen besonders bei Ausführenden. Allerdings trifft dies auch bei Planenden zu, weshalb sie mehrere unterschiedliche Tools für ein Projekt verwenden. (BIM-Koordinator, 2025b; Unternehmer Lüftung, 2025)

Gewisse Aussagen deuten auch darauf hin, dass Qualitätssicherung nur dann vertieft betrieben wird, wenn ein Mehrwert erkennbar ist oder sie vom Bauherrn eingefordert wird. Solange Prüfungen keinen unmittelbaren wirtschaftlichen Anreiz zeigen, scheint keine Motivation vorzuliegen, um die Qualitätssicherung zu verbessern, insbesondere da für eine breite Abdeckung eine Vielzahl an Normen und Richtlinien einzuarbeiten wäre. (BIM-Koordinator, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025)

### 4.2.2 Technische Hürden

Neben den strukturellen Hürden sprechen die Experten in den Gesprächen drei technische Hürden an. Es sind dies die IFC-Import-Schnittstelle, IFC-Export-Schnittstelle sowie die Limitationen der Prüfplattformen im Bereich der Prüfregelein. Zu den drei Hürden gehen aus den Gesprächen und der Validierung die folgenden Erkenntnisse hervor. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025)

Der IFC-Import ist eingeschränkt, da grundsätzlich keine Bearbeitung von IFC-Objekten nach dem Import in Trimble Nova 18.2 möglich ist. Die Validierung (siehe Anhang A14) hat dazu für zwei unterschiedliche Importmöglichkeiten die Anpassungen an Geometrie und Attributwerten getestet. Einzige Ausnahme bilden Räume, für diese besteht die Möglichkeit, Raumpolygone zu erzeugen und in Geschosszeichnungen zu veröffentlichen. Dies erlaubt eine abschliessende Bearbeitung. Die Validierung zeigt hier abschliessend, dass bei der Ermittlung

der Position der Bauteile stets nur ein Raum angezeigt wird. Für die Qualitätssicherung bildet dies bei der Planung mit *Scan2BIM*, Bestandesmodellen sowie bei der Trennung von Mieter- und Grundausbau eine Hürde. Auch führt es zu einer Nachmodellierung beim Unternehmer, um die Produktionsstandards einzupflegen, da ohne proprietäre Datei für ihn keine geometrische Änderung möglich ist.

Die zweite Hürde liegt beim IFC-Export. Gemäss dem BIM-Koordinator (2025b) bestehen in diesem Bereich abhängig der Autorensoftware Einschränkungen beim Export von zentralen Informationen für Prüfreden. Als zentrale Informationen sind gemäss Gesprächsverlauf Flussrichtung sowie System zu verstehen. Die Validierung (siehe Anhang A15) untersucht dazu den Export mit IFC4 von Geometrie, Elementverbindungen, System, Flussrichtung sowie Geschossübergängen für drei verschiedene Modellzustände. Die drei Modelle unterscheiden sich gemäss Tabelle 4 in der Modellierung von Geschossübergängen und durchgeführten Leitungsberechnungen. In der Validierung sind keine Unterschiede im Export der Geometrie und der Bauteilverbindungen erkennbar. Die Bauteilverbindungen erfolgen durch die Verbindung (*IfcRelConnectsPortToElement*) der Bauteile (*IfcDistributionElement*) mit Anschlüssen (*IfcDistributionPort*). Die Verbindung zweier solcher Anschlüsse entsteht durch die Verbindungsentität (*IfcRelConnectsPorts*). Die Systeme, in Trimble Nova als Medium bezeichnet, werden im DBM als *IfcSystem* abgebildet. Die Flussrichtung wird bei keinem der Exporte ausgegeben. An der dazu vorgesehenen Position in der Entität *IfcPort* ist durchgängig *NOTDEFINED* eingetragen. Als letztes zeigt die Validierung, dass ohne die Modellierung von Geschossübergängen diese im Modell dennoch vorhanden sind. Der IFC-Export erkennt diese selbst. Bei einem Export mit modellierten Geschossverbindung, unabhängig davon, ob das Modell berechnet ist oder nicht, findet ein Export von einem *IfcVirtualElement* am Anschluss statt. Zwischen geschossverbindenden Bauteilen liegt dann keine Verbindung vor. Ein Export von einem berechneten Modell mit Geschossverbindungen kann einzig bei Ausschluss von *IfcVirtualElement* erfolgen.

**Tabelle 4:** Zusammenstellung der Ergebnisse aus der technischen Validierung

	Export 1	Export 2	Export 3
Leitungsnetz berechnet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geschossverbinder modelliert	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Export Geometrie	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Export Bauteilverbindung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Export Systeme	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Export Flussrichtung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Export Geschossübergang	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Die dritte technische Hürde sind die Limitierungen der Prüfplattformen in Bereich der Prüfreden. Dass verschiedene Prüfplattformen unterschiedliche Limitationen und Stärken haben, kommt zur Sprache, da Revizto gemäss BIM-Koordinator (2025b) kein Exkludieren kennt. Deswegen weicht er für die Prüfung von Aussparungen auf Solibri aus. Die Validierung (siehe Anhang A16) dieser technischen Hürde beschränkt sich auf Solibri als meist genanntes Tool sowie dessen Erweiterung *SwissPackage* der Firma IDC AG, welches gemäss Recherche fachliche Prüfreden umfasst. Die Validierung zeigt, dass nur wenige Regeln Beziehungen nutzen und der Fokus stärker auf Geometrie und Attributen liegt. Solibri enthält sieben Regeln, welche wahrscheinlich Verbindungen nutzen. Meist begrenzt sich die verwendete Verbindung auf die Verknüpfung zwischen Geschoss und Raum. Einzig die Pfadsuche zwischen Räumen und Ausgängen erscheint umfassender. Die Regeln liegen als *Grey-Box* vor und geben keinen weiteren Einblick, ob die Pfade durch Geometrie oder Relationen ermittelt werden. Sie lassen sich damit nur bedingt verändern und einzig für diesen Anwendungsfall nutzbar. Das *SwissPackage* beschränkt sich gemäss der Validierung auf Regeln mit Geometrien und Attributen. Beziehungen finden keine Anwendung. Dies schränkt Qualitätsprüfung insofern ein, da sich keine Prüfreden auf Basis der Topologie des Leitungsnetzes formulieren lassen.

### 4.3 PoC – Wahl der Anwendungsfälle

Für die sechs identifizierten Prüfgebiete (siehe Kapitel 4.1) erfolgt eine systematische Ausarbeitung und Wahl (siehe Kapitel 3.2.5) der Prüffälle für das PoC. Aus der Bearbeitung resultieren 26 Prüffälle. Tabelle 5 enthält für diese die Zusammenstellung des Gesamtergebnisses der durchgeführten Kategorisierung, Vorauswahl und Wahl. Detailliertere Unterlagen der Erarbeitung liegen der Arbeit in Anhang A17 bis Anhang A21 bei.

**Tabelle 5:** Gesamtergebnis der Kategorisierung, Vorauswahl und Wahl der Prüffälle für den PoC

Prüffall	Kategorisierung			Vorauswahl		Wahl
	Punkte	Nutzwertanalyse Kompliziertheit	Zugeteilte Kategorie Kategorie	Punkte Nutzwertanalyse Relevanz	Platz Vorauswahl	Punkte Choosing by Advantages
1a Strömungsgeschwindigkeit MuKen	1.9		Kategorie 1	7	1	40.0
6a Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen	2.9			5	2	45.0
6b An- und Abströmstrecke SD	2.9			5	3	15.0
6c Prüfung Grobdimensionierung SD	2.7			5	-	-
3c Motorklappe in AUL- und FOL- Strang	2.9			4	-	-
3a Ansauggeschwindigkeit Aussenluft	2.7			4	-	-
3b Ausstrittsgeschwindigkeit Fortluft	2.7			4	-	-
2d Mehrzonenanlagen durchgehend mit VSR	2.0			4	-	-
2e Keine seriellen VSR	2.0			4	-	-
6d Telefonieschall	5.7			Kategorie 2	6	1
5b Nutzungsspezifischer Betrieb	6.1		5		2	45.0
2a Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch	6.1		4		3	65.0
2c Schalldämpfer nach VSR zu lärmempfindlichen Räumen	6.1		4		3	45.0
3d Klassifizierung der FOL	6.1		4		3	15.0
3g Prüfung Grobdimensionierung Auslass	5.0		4		-	-
2f Plausibler Regelbereich	5.0		3		-	-
2g Anströmstrecke VSR	4.2		3		-	-
2h Dämmschale VSR	3.6		3		-	-
5c Thermische Dämmung	8.4		Kategorie 3		7	1
1b Strömungsgeschwindigkeit SIA	6.9			7	2	10.0
4b Einbau Brandschutzklappen	8.6			5	3	35.0
4a Transitleitungen	7.1			5	-	-
3e Übereinstimmung Volumenstrom zwischen Auslässen zu Raumbuch	6.3			5	-	-
3f Übereinstimmung Lüftungsanlage zwischen Modell und Raumbuch	6.1			5	-	-
2b Regelbereich übereinstimmend mit Raumbuch	6.9			4	-	-
5a Temperatur-Effizienz von Wärmerückgewinnung	6.9			4	-	-

Vereinfachend werden die gewählten drei Prüffälle als Anwendungsfälle (AF) bezeichnet und im nächsten Abschnitt fachlich beschrieben. Zudem sind ihnen die Nummern der Kategorie zugeteilt, womit nachfolgende Kombinationen resultieren.

- AF01: Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen
- AF02: Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch
- AF03: Einbau von Brandschutzklappen

#### 4.4 PoC – Fachliche Beschreibung der Anwendungsfälle

Nachfolgende Abschnitte beschreiben den fachlichen Kontext der drei in Kapitel 4.3 gewählten Anwendungsfälle des PoC.

##### **AF01: Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen**

Komponenten in Lüftungsanlagen verursachen Schall. Beispielsweise sind dies Motorengeräusche bei der Luftförderung durch Ventilatoren oder Strömungsgeräusche bei Widerständen wie bei Volumenstromreglern. Während Volumenstromregler (VSR) stets im Leitungsnetz eingebaut sind, können Ventilatoren zudem direkt in Luftaufbereitungsanlagen verbaut sein. Um die Schallausbreitung zu reduzieren, werden Schalldämpfer (SD) eingebaut. Sie dämpfen Geräusche vorwiegend durch Schallabsorption und lassen sich im Gerät oder Leitungsnetz platzieren. Nach SIA 382-1 hat ihr Einbau in beiden Fällen in unmittelbarer Nähe zur Schallquelle zu erfolgen. (Hörner & Casties, 2018; Hubbuch, 2020; SN 546382-1, 2025)

AF01 verfolgt diese zwei Prüfregeln weiter:

1. Nach einem Ventilator oder Gerät ist innerhalb von max. fünf Bauteilen ein SD angeordnet.
2. Nach einem VSR ist innerhalb von max. fünf Bauteilen ein Schalldämpfer angeordnet.

Die fünf Bauteile gehen aus keiner Norm oder Richtlinie hervor. Der Parameter wird zur Spezifizierung der Prüfregel angenommen.

##### **AF02: Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch**

In der Lüftungsplanung findet die Bemessung der Räume typisiert in Raumbüchern statt. Sie sind oft Bestandteil der Nutzungsvereinbarung. In ihnen kann in Anlehnung an das SIA MB 2024 die Raumregulierung definiert werden. Die Raumregulierung erfolgt in der Lüftung durch VSR. Variable VSR ermöglichen dabei einen bedarfsabhängigen Betrieb je Raum oder Zone. Pendant dazu sind konstante VSR für Räume oder Zonen, welche einen konstanten Luftvolumenstrom erfordern. Zudem gibt es Anlagen ohne Raumregulierung mit einem statischen Abgleich. (Hörner & Casties, 2018; Huber, 2022; SNR 592024, 2021)

AF02 verfolgt diese zwei Prüfregeln weiter:

1. Das Vorhandensein und der Typ von Abgleicharmaturen in Lüftungssträngen entsprechen den Vorgaben des Raumbuchs für die jeweils belüfteten Zonen.
2. Die im Raumbuch definierten Einzel- und Mehrraumzonen stimmen mit der im DBM RLT modellierten Luftverteilung überein.

##### **AF03: Einbau von Brandschutzklappen**

Anforderungen an den Brandschutz von Lüftungsanlagen und damit auch Brandschutzklappen (BSK) regelt die Richtlinie VKF 25-15. Die Funktion von BSK ist es, die Ausbreitung von Feuer und Rauch durch Absperrung der Leitungsnetze zwischen zwei Lüftungsabschnitten zu verhindern. Zur Gewährleistung ihrer Funktion ist eine jährliche Inspektion vorgeschrieben. Aufgrund der aufwendigen Installation und Betrieb von BSKs sind in der Planung die Anzahl der BSKs zu reduzieren. Dies erlaubt die Richtlinie durch die Bildung von brandabschnittübergreifenden Lüftungsabschnitten in Abhängigkeit der Gebäudenutzung. Damit lassen sich Luftverteilungen mit einem hohen Anteil an Einzel- und Transitleitungen mit wenig BSKs konzipieren. Die Bildung der Lüftungsabschnitte ereignet sich bestenfalls früh und in kollaborativer Zusammenarbeit von Lüftungs-, Brandschutzplaner und Architekt. (VKF 25-15, 2017; Huber, 2022; Projektleiterin QS HLK, 2025)

AF03 verfolgt diese zwei Prüfregeln weiter:

1. Ein Lüftungsstrang zwischen zwei Auslässen im selben Lüftungs- oder Brandabschnitt enthält keine Brandschutzklappe, sofern der Strang den Raum nicht verlässt.
2. Zwischen Auslässen, die sich in unterschiedlichen Lüftungsabschnitten befinden, ist im Lüftungsstrang min. eine BSK angeordnet, insofern keine Einzelleitungsführung vorliegt.

#### 4.5 PoC – Konzeptidee und Anforderungen

Das **Erkenntnisinteresse** des PoC ist es, zu untersuchen, inwieweit sich der IFC-Graph-Ansatz zur Qualitätssicherung von IFC-Modellen in der Raumluftechnik eignet. Daran soll erprobt werden, inwieweit sich technische Implementierungshürden durch diesen Ansatz überwinden lassen und unter welchen Voraussetzungen er in bestehende Planungsprozesse integrierbar ist. Dazu befindet sich nachfolgend die Beschreibung der Konzeptidee und die funktionalen Anforderungen des PoC.

Das **Konzept** besteht, wie Abbildung 8 zeigt, aus zwei Hauptschritten. Der 1. Schritt konvertiert und vernetzt die drei, aus dem bestehenden Planungsprozess stammenden, Datenmodelle DBM RLT, DBM Raum und das Raumbuch. Dies erlaubt in einem 2. Schritt den Graphen abzufragen und somit fachlich zu analysieren. Der Betrachtungsperimeter liegt in der Erstellung und Abfrage des Graphen. Die Datenbereitstellung sowie Ausgabe zur Validierung wird nur so weit für das PoC notwendig betrachtet. Die konzeptuelle Einbettung in den Planungsprozess des Praxispartners ist in Anhang A22 enthalten.

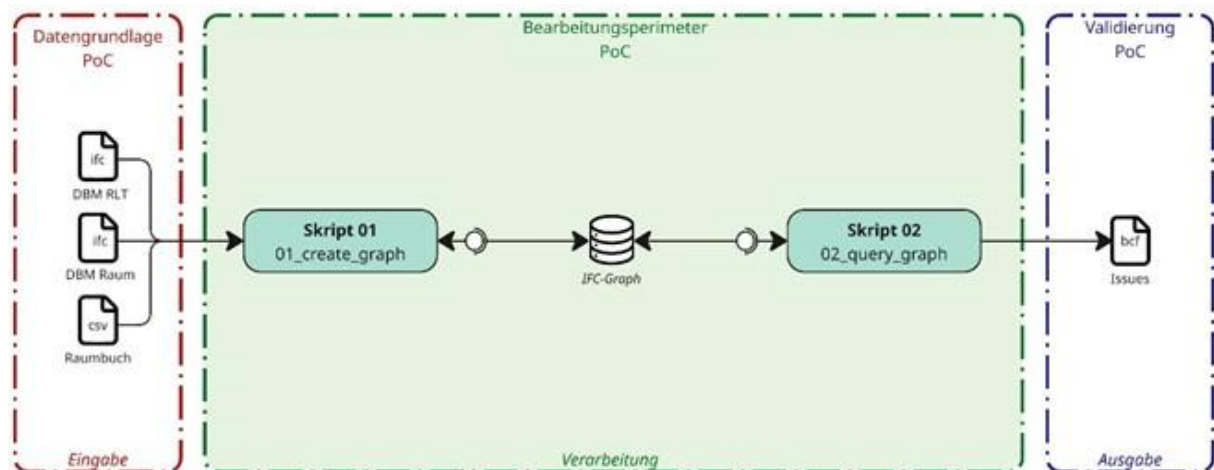


Abbildung 8: Konzept des PoC sowie dessen abgegrenzter Bearbeitungsperimeter

An das PoC stellen sich die folgenden **funktionalen Anforderungen**:

- Konvertierung der DBM in einen LPG:
  - IFC-Dateien der Version 4 nach dem Ansatz von IFC-Graph von Zhu in einen LPG
- Modellverknüpfung zwischen dem DBM Raum und DBM RLT:
  - Modellübergreifende Verknüpfungen zwischen Räumen und Auslässen ergänzen
- Formulierung und Ausführung von Abfragen zur Qualitätsprüfung der Anwendungsfälle
  - Abfrage des Graphen bevorzugt mit der standardisierten Abfragesprache
- Ausgabe der Abfrageergebnisse zur weiteren Einbindung in *openBIM-Workflows*
  - Export der Abfrageergebnisse in eine BCF-Datei

Als **Abgrenzung** festzuhalten ist, dass...

- ... das PoC keinen Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich aller möglichen Prüfregeleinheiten oder Modellarten verfolgt.
- die Untersuchung sich ausschliesslich auf den Ansatz *IFC-Graph* konzentriert und keine alternativen Methoden vergleicht.
- die Entwicklung prototypisch und nicht produktiv erfolgt.
- sich die Entwicklung und Tests auf kleine synthetische Modelle beschränkt und einzig die Evaluierung eines einzelnen realen Projekts betrachtet.

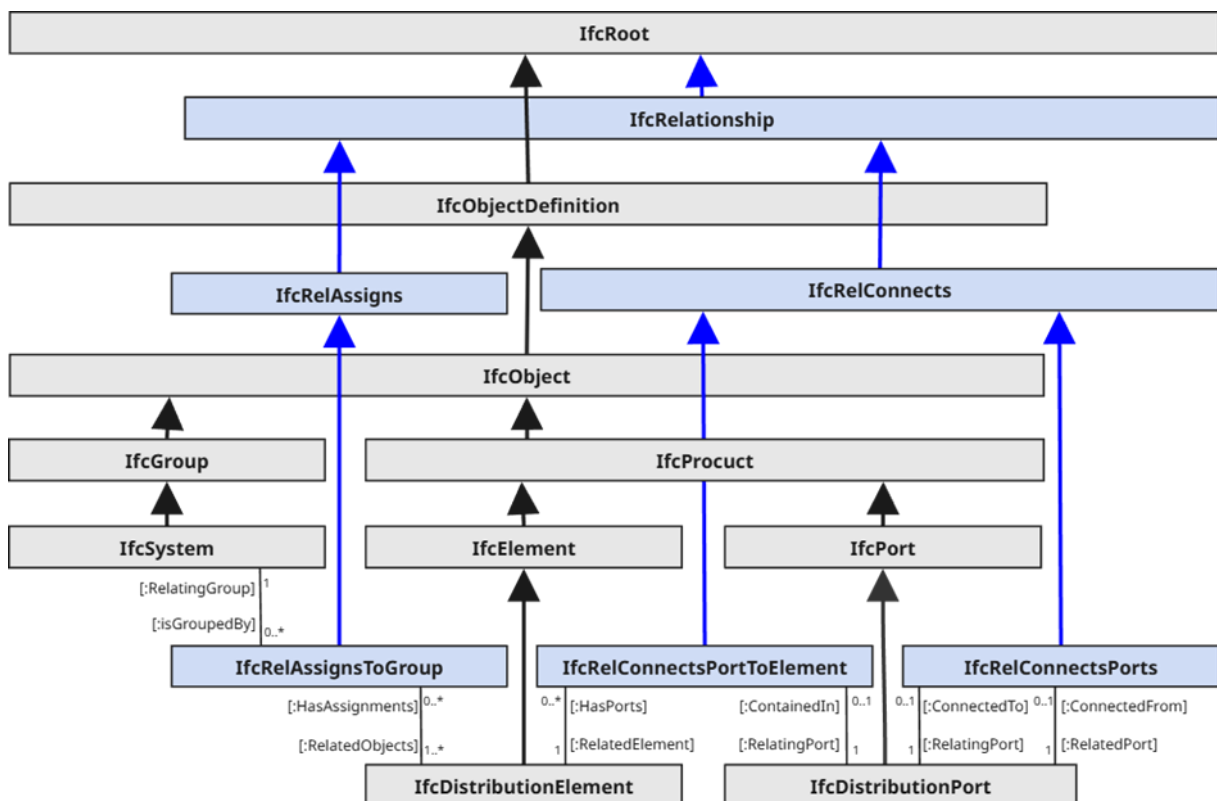
#### 4.6 PoC – Datenmodelle der Eingabe

Nachfolgende drei Abschnitte beschreiben die drei verwendeten Datenmodelle der Eingabedokumente zur Erstellung des Graphen. Die Datenmodelle basieren auf der Analyse von bestehenden Dateien und deren Weiterentwicklung durch Erkenntnisse aus dem iterativen Entwicklungsprozess.

##### 4.6.1 DBM RLT

Das DBM RLT bildet die zentrale Grundlage der Konzeption. Gemäss Planungsprozess erfolgt dessen Modellierung in Trimble Nova 18.3 und wird in IFC4 exportiert. Aus der Analyse der Datei unter Einbezug des Datenschemas von *buildingSMART* geht ein partielles Klassendiagramm mit den zentralen Klassen des DBM RLT, dargestellt in Abbildung 9, hervor. Sämtliche RLT-Bauteile sind Subklassen von *IfcDistributionFlowElement*. Somit zeigt das Klassendiagramm auf, dass die Verbindung von zwei Elementen über Beziehungen erfolgt. Jedes Leitungsbauteil besitzt über *IfcRelConnectsPortsToElement* zugewiesene Anschlüsse *IfcDistributionPort*. Zu bemerken ist, dass das IFC4-Datenmodell für feste Anschlüsse *IfcRelNestes* anstelle von *IfcRelConnectsPortsToElement* vorsieht und zukünftige Versionen zudem diese Entität nicht mehr unterstützen werden (*buildingSMART*, 2020). Abschliessend verknüpft ein *IfcRelConnectsPorts* zwei Bauteile durch die Verbindung ihrer Anschlüsse.

Zudem ist auf dem Klassendiagramm zu erkennen, dass das DBM RLT das Konzept *IfcSystem* anwendet, um Luftarten wie Aussenluft, Zuluft und weitere abzubilden. *IfcSystem* gruppiert die *IfcDistributionElement* durch *IfcRelAssignsToGroup*. Entgegen den Modellierungsrichtlinien des Praxispartners wird dieses Konzept im PoC zur Gruppierung und Attribuierung der Anlagen verwendet, um IFC-Konzepte firmenspezifischen *PropertySets* vorzuziehen.



**Abbildung 9:** Ein Auszug des IFC-Datenmodells mit den zentralen Verbindungen und Entitäten des DBM RLT als Klassendiagramm. Die zwei genutzten Konzepte sind *IfcSystems* zur Gruppierung von Luftarten sowie die Verbindung von RLT-Bauteilen über *IfcRelConnectsPorts*.

Die Klasse *IfcDistributionElement* beschreibt RLT-Bauteile nicht abschliessend. Eine spezifischere Beschreibung der RLT-Bauteile tritt durch weitere Subklassen ein, welche Tabelle 6 zu den jeweiligen RLT-Bauteilen ausweist. Die genannte Tabelle hält damit zeitgleich die für das PoC erforderlichen Modellierungsvorgaben fest. In Abweichung zum Modellierungsstandard

des Praxispartners ist die Klassierung von Volumenstromreglern als *IfcAirTerminalBox* anstelle von *IfcDamper* erfolgt. (buildingSMART, 2020)

**Tabelle 6:** RLT-Bauteile und deren IFC-Entitäten nach dem Datenschema von IFC4

RLT-Bauteil	IFC-Entität
Aus- und Einlässe	<i>IfcAirTerminal</i>
Klappen	<i>IfcDamper</i>
Volumenstromregler	<i>IfcAirTerminalBox</i>
Luftaufbereitungsanlagen	<i>IfcUnitaryEquipment</i>
Ventilator	<i>IfcFan</i>
Schalldämpfer	<i>IfcDuctSilencer</i>
Formbauteil	<i>IfcDuctFitting</i>
Leitungsbauteil	<i>IfcDuctSegment</i>

Die Verwendung der Klasse *IfcAirTerminalBox* anstelle von *IfcDamper* zur Modellierung von Volumenstromreglern ermöglicht die Nutzung vordefinierter Typen (*PredefinedType*) zur differenzierten Beschreibung der Bauteile. Tabelle 7 zeigt die hierfür verwendeten *PredefinedType* für VAVs und CAVs auf, die mit marginalen Anpassungen der internen Modellierungsstandards geschehen. Die Beschreibung entspricht dann dem IFC-Datenschema ohne Verwendung firmenspezifischer *PropertySets*. Die Spezifizierung von Klappen ergibt sich ebenfalls über vordefinierte Typen. Im PoC wird einzig BSK mit dem vordefinierten Typ *FIRE DAMPER* verwendet.

**Tabelle 7:** Verwendete vordefinierte Typen (*PredefinedType*) zur Beschreibung von CAVs, VAVs und BSKs

RLT-Bauteil	IFC-Entität	PredefinedType
BSK	<i>IfcDamper</i>	<i>FIRE DAMPER</i>
CAV	<i>IfcAirTerminalBox</i>	<i>CONSTANTFLOW</i>
VAV	<i>IfcAirTerminalBox</i>	<i>VARIABLEFLOWPRESSUREINDEPENDANT</i>

#### 4.6.2 DBM Raum

Das DBM Raum liegt nach Planungsprozess des Praxispartners in jedem Projekt vor. Seine Herkunft variiert, da es entweder vom Architekten bereitgestellt, im *Preprocessing* einer thermischen Gebäudesimulation erzeugt oder aus einer Heizlastberechnung abgeleitet wird. Bevorzugt wird die Verwendung des Architektenmodells, weil dadurch eine kontinuierliche Aktualität der Daten sichergestellt werden kann. Unabhängig von seiner Herkunft ist das DBM Raum gemäss einer einheitlichen, nachfolgend beschriebenen und in Tabelle 8 zusammengefassten Struktur zu modellieren.

Im PoC werden neben den Räumen, die als *IfcSpace* modelliert werden, weitere raumbezogene Informationen aus dem DBM Raum verwendet. Zusätzlich benötigte Raumzonen sind als *IfcSpatialZone* zu modellieren. Deren Verwendung wird im Abschnitt Raumbuch RLT beschrieben.

Eine spätere Erweiterung des Datenmodells für das Anwendungsgebiet Brandschutz berücksichtigt die Modellierungsrichtlinie der IG BS&BIM. Gemäss dieser Richtlinie werden Brandabschnitte bevorzugt als *IfcSpatialZone* mit dem Wert *FIRESAFTY* als *PredefinedType* modelliert. (Jost et al., 2025)

Für die Modellierung von Lüftungsabschnitten enthält die Richtlinie keine Vorgaben. Im PoC wird hierfür das Konzept *IfcZone* verwendet. Der Wert *FireVentilationCompartment* im Attribut *ObjectType* spezifiziert die Nutzung der Zone.

**Tabelle 8:** Modellierungsrichtlinien für das DBM-Raummodell

Element	IFC-Entität	PredefinedType	ObjectType
Raumzone	<i>IfcSpatialZone</i>	-	-
Raum	<i>IfcSpace</i>	-	-
Brandabschnitt	<i>IfcSpatialZone</i>	<i>FIRESAFTY</i>	-
Lüftungsabschnitt	<i>IfcZone</i>	-	<i>FireVentilationCompartment</i>

### 4.6.3 Raumbuch RLT

Die eingesetzten Raumbücher beim Praxispartner enthalten weder eine Modellverbindung noch Informationen zur Raumregelung und basieren auf Excel (siehe Anhang A24). Zukünftig wird ein zentrales, datenbankbasiertes Raumbuch die Excel-Dateien ablösen (BIM-Koordinator, 2025a).

Für das PoC wird vereinfachend eine CSV-Schnittstelle für das Raumbuch definiert. Dies ermöglicht einen strukturierten Datentransfer unabhängig der verwendeten Software zur Verwaltung des Raumbuchs.

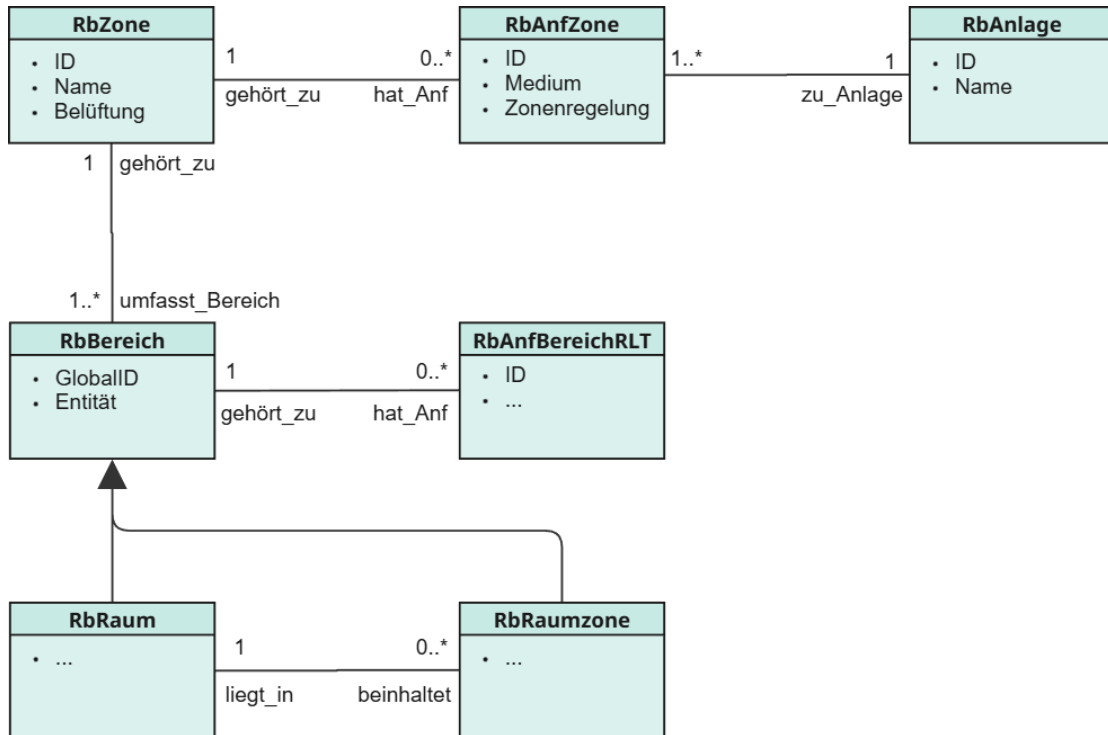


Abbildung 10: Klassendiagramm des Raumbuchs zur Entwicklung der CSV-Schnittstelle

Das Raumbuch ist gemäss dem Klassendiagramm in Tabelle 8 strukturiert. Es besteht aus Bereichen, die aus Räumen und Raumzonen zusammengesetzt sind. Raumzonen dienen zur Abbildung von Teilräumen, beispielsweise für Punktabsaugungen in Kapellen, Schränken, Maschinen oder Geräten. Bereiche lassen sich zu Lüftungszonen zusammenfassen, was etwa bei zentraler Luftaufbereitung in Wohnungsbauten ermöglicht, alle Räume einer Wohnung logisch als Regelzone zu gruppieren. An Zonen und Bereichen können Anforderungen definiert werden. Für das PoC und die Schnittstelle werden jedoch ausschliesslich Zonenanforderungen betrachtet. Jede Zonenanforderung ist einer Lüftungsanlage zugeordnet. Aus der Normalisierung des relationalen Datenbankschemas lässt sich die Schnittstelle in Tabelle 9 ableiten, die alle relevanten Zuordnungen zwischen Zonen, Anforderungen und Anlagen beinhaltet.

Tabelle 9: CSV-Schnittstelle für das Raumbuch

Attribut- / Spaltenname	Datentyp / Auswahl
AnfZonID	String
ZonID	String
ZonName	String
ZonBelüftung	natürlich, mechanisch, hybrid
AnfZonRegelung	keine, CAV, VAV
AnfZonMedium	Abluft, Zuluft
AnIID	String
AnIName	String
BerGlobalID	String
BerEntität	IfcSpace, IfcSpatialZone

**Anmerkung:**

Bei einer weiteren Bearbeitung ist die Schnittstelle zu überarbeiten. Mehrere kleinere Übergaben steigern Übersicht sowie Wartbarkeit und vereinfachen die Verarbeitung. Die Datenschnittstelle sollte somit je Klasse und Verbindung getrennt erfolgen.

## 4.7 PoC – Konzeptueller Entwurf

Die Grundlagen für den Entwurf des PoC sind die in Kapitel 4.6 enthaltenen drei Datenmodelle. Nachfolgend wird die Softwarearchitektur, Technologiewahl, das konzeptuelle Mapping der Datenmodelle sowie das Prozessmodell beschrieben.

### 4.7.1 Softwarearchitektur

Die Softwarearchitektur des PoCs folgt einer modularen Struktur und verarbeitet die drei beschriebenen Datenmodelle. Dies ereignet sich in Skript 01, welche die Importkomponente bildet. Sie importiert und transformiert die Daten in den Graphen. Der angereicherte IFC-Graph bildet das zentrale Datenmodell und ist auf einer Graphdatenbank gespeichert.

Eine Abfragekomponente, Skript 02, greift auf diesen IFC-Graphen zu und führt definierte Abfragen aus. Die Ergebnisse der damit ermittelten Regelverletzungen werden darauf zur Ausgabe ins BCF-Format überführt. Die beschriebene Softwarearchitektur zeigt Abbildung 11 inklusive der gewählten Technologien auf.

### 4.7.2 Technologiewahl

Zentraler technologischer Bestandteil des PoC bildet die verwendete Graphdatenbank und die zugehörige Abfragesprache. Als normierter Standard gewährleistet GQL (ISO/IEC 39075) die Kompatibilität und Interoperabilität von Graphabfragesprachen. Eine Recherche nach verfügbaren Datenbanken, die GQL unterstützen, zeigt jedoch, dass derzeit keine kostenfreien Lösungen existieren, die den Standard vollständig implementiert haben und Schnittstellen anbieten (siehe Anhang A26). Daher wurde im PoC auf *Cypher* in Kombination mit *Neo4j* Desktop zurückgegriffen. *Cypher* fungierte als bestehender offener Standard als Grundlage bei der Entwicklung von GQL und ist nach Neo4js-Angaben grösstenteils mit GQL kompatibel und allgemein ähnlich. Die Unterstützung von zentralen Konzepten wie *Graph Pattern Matching* ermöglicht eine spätere Übertragung der Erkenntnisse in GQL. Zudem bietet *Neo4j* als Desktop-Version eine kostenfreie Nutzung, eine grosse Community und umfangreiche Dokumentation, was die Entwicklung des PoCs unterstützt. (Francis et al., 2023; ISO/IEC 39075, 2024; JCC Consulting, 2024; Malenchino, 2024; Neo4j, 2025)

Die Softwarekomponenten kommunizieren mit der Graphdatenbank über eine *API*-basierte Schnittstelle. Zur Formulierung der Datenbankabfragen sowie der Schreib- und Leseoperationen wird dazu die Abfragesprache *Cypher* eingesetzt. Die restlichen Ein- und Ausgaben der Softwarekomponenten finden über dateibasierte Schnittstellen in Form von CSV-, IFC- und BCF-Dateien statt.

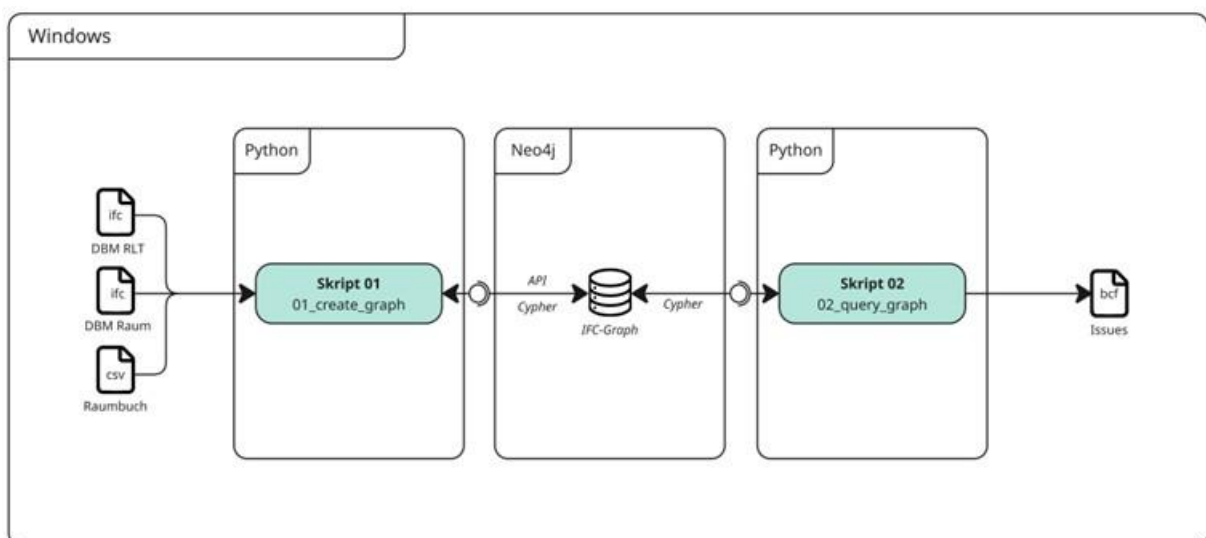


Abbildung 11: Konzeptuelle Softwarearchitektur des PoC mit den gewählten Technologien

### 4.7.3 Konzeptuelles Mapping der Datenmodelle

Die Überführung der DBM in den Graphen erfolgt analog der Methode *IFC-Graph* von Zhu. Einzige Anpassung ist, dass je Datenmodell anstelle des primären *Labels Root* je Datenmodell ein eigenes primäres *Label* erhält. Ansonsten wird als sekundäres *Label* je Instanz die IFC-Entität vergeben. Sämtliche IFC-Entitäten und damit auch *IfcRelationship* werden als Knoten (*Nodes*) abgebildet. Ihnen werden die Wertattribute als Property angefügt. Referenzierende und inverse Attribute werden als Kanten (*Edges*) zur Verbindung zweier Nodes verwendet. Sämtliche Subentitäten von *IfcRelationship* werden nicht direkt als *Edges* verwendet, da konventionelle Graphmodelle keine 1:n-Beziehungen über Kanten zulassen. (Zhu et al., 2023)

Neben der Überführung des IFC-Datenmodells in das Graphmodell ist ein zusätzliches Mapping zwischen den beteiligten Datenmodellen erforderlich. Die konzeptuelle Verknüpfung der drei Datenmodelle erfolgt dabei über attribut- und geometriebasiertes Mapping.

Wie Abbildung 12 zeigt, ermöglicht das attributbasierte Mapping die Herstellung von Beziehungen zwischen den Bereichen des Raumbuchs und den räumlichen Instanzen des Raummodells im DBM. Darüber hinaus werden auf diese Weise die Anlagen des Raumbuchs mit den entsprechenden *IfcSystem*-Instanzen des DBM RLT verknüpft.

Um die Verbindung zwischen den Auslässen und den von ihnen belüfteten Bereichen herzu- leiten sowie den RLT-Bauteilen den jeweiligen Brandabschnitten zuzuordnen, ist ein geometriebasiertes *Mapping* erforderlich. Dabei wird durch geometrische Auswertung ermittelt, in welchen räumlichen Volumen sich die einzelnen Bauteile befinden. Auf dieser Grundlage können die entsprechenden Beziehungen zwischen Bauteilen und räumlichen Zonen abgeleitet und im Datenmodell explizit ergänzt werden.

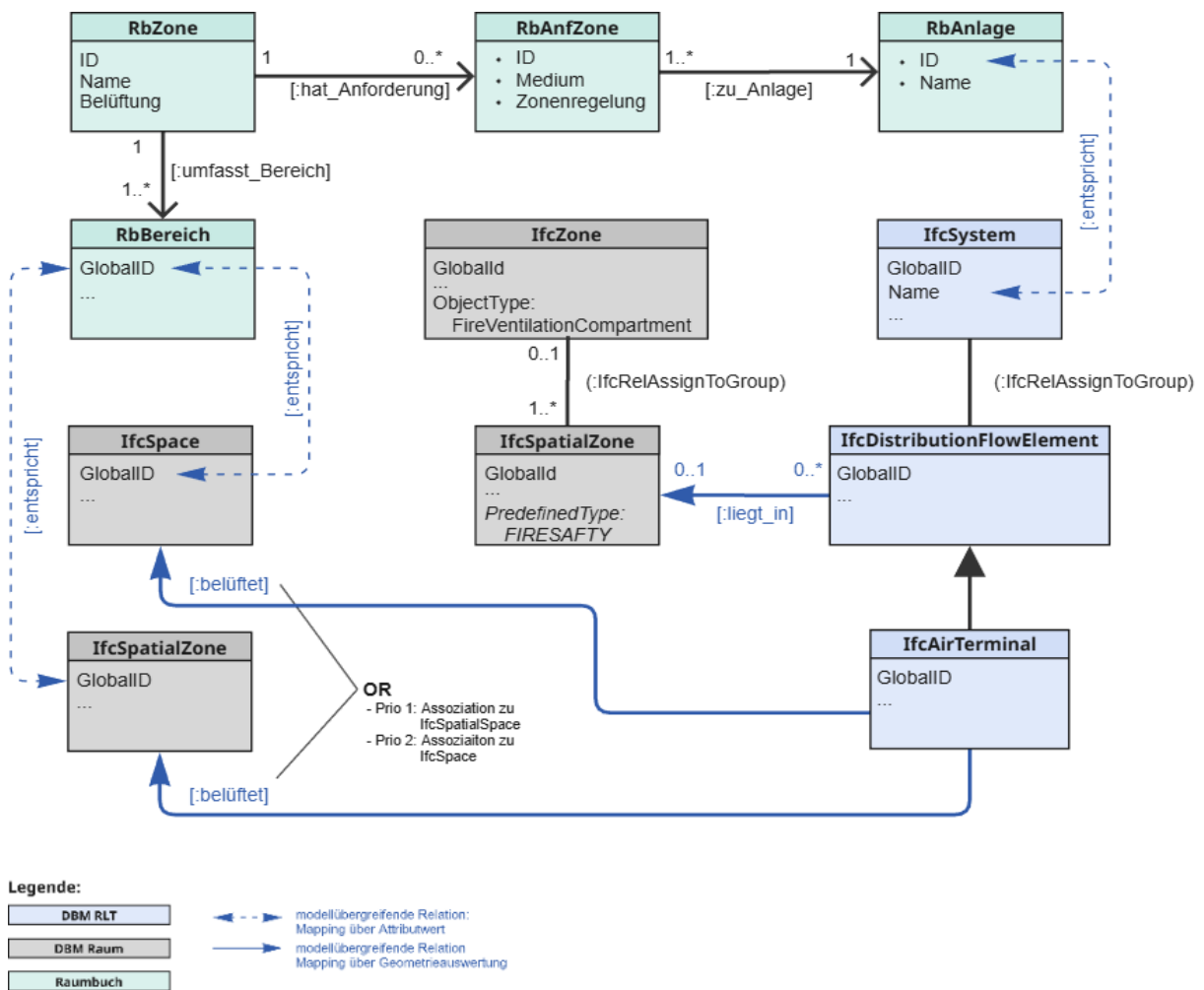


Abbildung 12: Vereinfachtes Klassendiagramm mit den zentralen Subklassen der drei Datenmodelle zur Darstellung des modellübergreifenden *Mappings*

#### 4.7.4 Prozessmodell

Der Anwender bereitet zunächst die Eingabedaten für den PoC vor und passt gegebenenfalls die Parameter in den beiden Skripten an. Anschliessend startet er zunächst Skript 01 zur Erstellung des IFC-Graphen. Nach erfolgreichem Aufbau des Graphen wird Skript 02 ausgeführt, um die Qualitätsprüfungen durchzuführen. Abschliessend kann der Anwender die Prüfergebnisse in einem Modellviewer auswerten. Abbildung 13 zeigt den schematischen Ablauf der manuellen Interaktionen, die der Nutzer im Rahmen des PoC durchläuft.

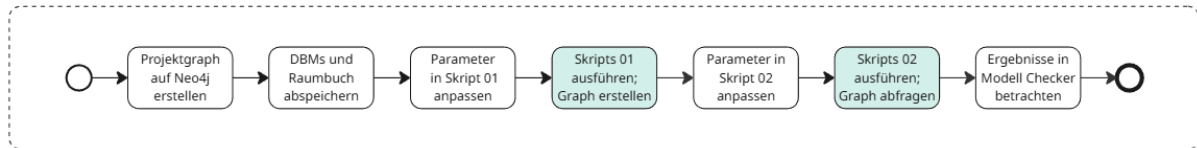


Abbildung 13: Prozessablauf der manuellen Interaktionen zur Anwendung des PoC

Skript 01 übernimmt, wie Abbildung 14 darstellt, die vollständige Erstellung des Graphen in der Datenbank. Nach der Herstellung der Datenbankverbindung werden vorhandene Graphinhalte partiell oder vollständig gelöscht. Anschliessend werden die beiden Datenmodelle DBM Raum und DBM RLT importiert und in den Graphen konvertiert. Über geometrische Auswertungen wird ermittelt, in welchen Brandabschnitten die Bauteile liegen und welche Bereiche von Auslässen belüftet werden. Diese Beziehungen von Bauteilen zu Raumvolumen werden im Graphen ergänzt. Abschliessend wird das Raumbuch importiert und über Attributwerte mit den entsprechenden Instanzen verknüpft.

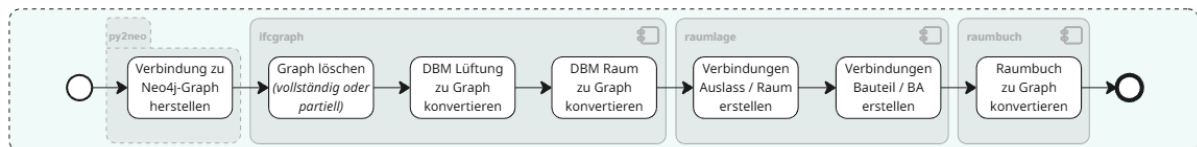


Abbildung 14: Prozessablauf von Skript 1 zur Erstellung des Graphen

Skript 02 führt, wie Abbildung 15 zeigt, die Qualitätsprüfungen auf dem zuvor erstellten Graphen durch. Zunächst wird überprüft, ob der Graph doppelte Verbindungen zwischen RLT-Bauteilen enthält, falls dies der Fall ist, bricht das Skript ab, damit exponentiell steigende Pfadmöglichkeiten vermieden werden. Anschliessend wird ein BCF-Projekt initialisiert, um erkannte Abweichungen als *Issues* zu speichern. Das Skript prüft, ob Bauteile hinsichtlich der Anzahl ihrer Anschlüsse konsistent sind, und führt alle weiteren Prüferregeln der definierten Anwendungsfälle aus. Jede Abweichung wird in einem BCF-*Issue* dokumentiert und mit den entsprechenden IFC-Elementen verknüpft. Abschliessend wird die BCF-Datei im Ausgabeverzeichnis gespeichert.

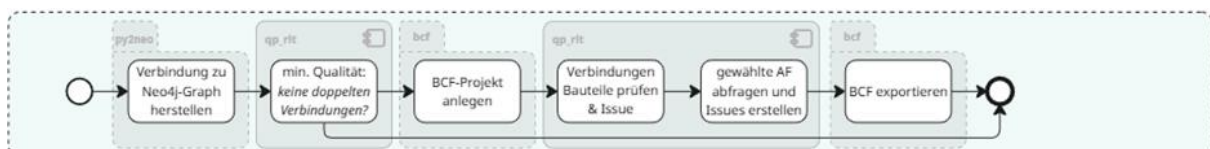


Abbildung 15: Prozessablauf von Skript 2 zur Abfrage des Graphen

## 4.8 PoC – Implementierung

Das PoCs wird auf Windows 11 unter Verwendung der Graphdatenbank *Neo4j* Desktop Version 2.0.2 sowie der Programmiersprache *Python* Version 3.13.3 implementiert.

Die Implementierung gliedert die entwickelten Funktionen thematisch in die Module *ifcgraph*, *raumlage*, *raumbuch* und *qp\_rlt*. Diese Module sind bereits in Abbildung 14 und Abbildung 15 enthalten. Die beiden Grafiken visualisieren, welche Module die beiden Skripte verwenden. Nachfolgend werden Module und Skripte, deren Quellcode in Anhang A27 beiliegt, beschrieben. Zudem zeigt Abbildung 16 die einzelnen Funktionen der jeweiligen Module und verdeutlicht, auf welche *Python*-Bibliothek diese Funktionen zurückgreifen.

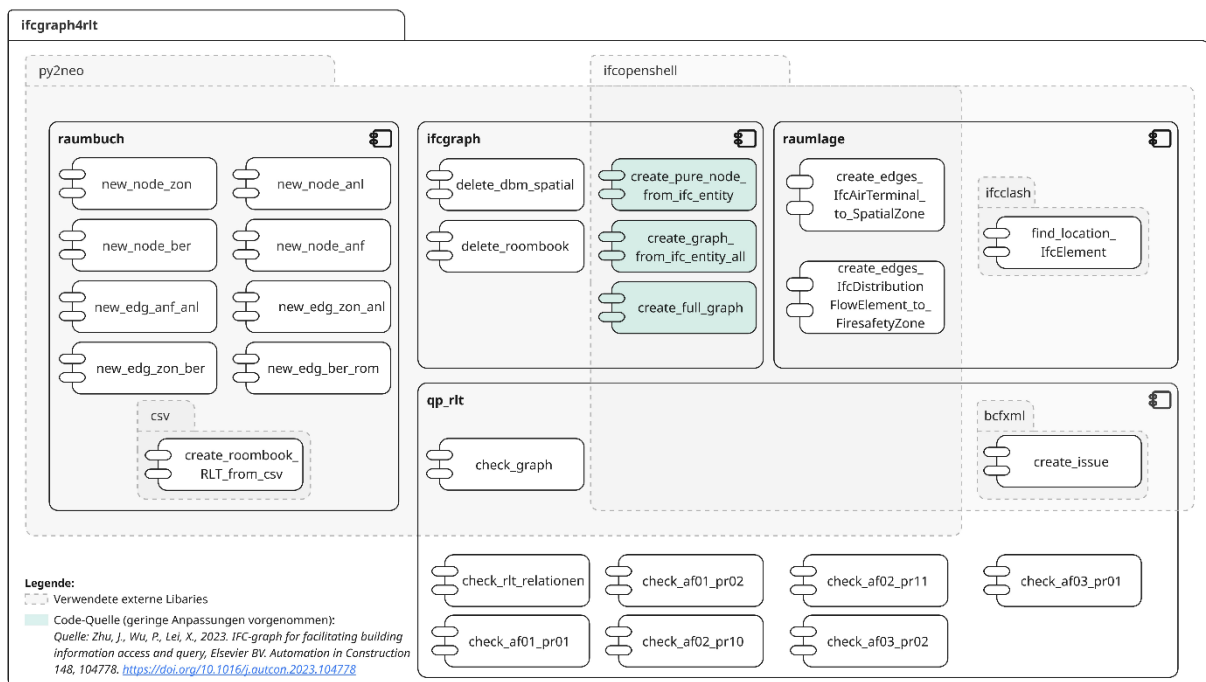


Abbildung 16: Darstellung der Modulstruktur des PoC inkl. der Zuordnung aller implementierten Funktionen

### Modul: ifc\_graph

Das Modul *ifc\_graph* enthält die Funktionen *create\_pure\_node\_from\_ifc\_entity*, *create\_full\_graph* und *create\_graph\_from\_ifc\_entity\_all*, welche für die Konvertierung von IFC-Dateien in die LPG-Datenbank ausführen. Der Code dieser Funktionen stammt von Zhu et al. (2023) und wurde mit geringen Anpassungen übernommen. Alle drei Funktionen nutzen die *Python*-Bibliothek *py2neo* zur Kommunikation mit *Neo4j*, welche auch für weitere Funktionen des PoCs eingesetzt wird.

Auch beinhaltet das Modul zwei eigene Funktionen, *delete\_dbm\_spatial* und *delete\_roombook*, welche die ausgewählten Datenmodelle Raumbuch respektive DBM Raum des Graphen über *Cypher*-Abfragen mit *py2neo* löschen.

### Anmerkung:

Die verwendete *Python*-Bibliothek *py2neo* gilt als veraltet (Hoppa, 2023). Darüber hinaus erzeugt die Methode von Zhu et al. (2023) jeden Knoten und jede Kante mittels einzelner Datenbankabfragen, was bei grösseren Modellen die *Performance* durch kumulative Verzögerungen beeinträchtigt. Bei Weiterentwicklung ist daher die Nutzung einer alternativen *Python*-Bibliothek sowie Einbindung von *Batch*-Operationen zu prüfen.

### Modul: raumlage

Das Modul *raumlage* beinhaltet die Funktionen zum geometrischen Mapping der DBM. Die Funktion *find\_location\_IfcElement* verwendet *ifcclash* und *ifcopenshell*, um geometrische Überschneidungen von Bauteilen ausgewählter Entitäten des DBM RLT und Volumenkörper ausgewählter Entitäten des DBM Raum zu ermitteln.

Die ermittelten Überschneidungen verwenden die beiden anderen Funktionen des Moduls, um die Verbindungen im Graph wiederum mit *Cypher*-Abfragen über *py2neo* zu erstellen. Davor erfolgen in beiden Funktionen Filterungen unter Anwendung von *ifcopenshell*, um sicherzustellen, dass bei der Erstellung das Klassendiagramm in Abbildung 12 eingehalten wird.

**Modul: raumbuch**

Das Modul *raumbuch* beinhaltet als zentrale Funktion *create\_roombook\_RLT\_from\_csv*. Diese liest die CSV-Datei mithilfe der Bibliothek *csv* ein und gruppiert die Inhalte nach Knoten- und Kantentypen. Je Gruppe erstellen Hilfsfunktionen des Moduls über *Cypher*-Abfragen die Knoten und Kanten, wofür erneut *py2neo* Einsatz findet.

**Anmerkung:**

Dieses Modul ist stark abhängig von der CSV-Schnittstelle. Eine Datenschnittstelle je Klasse und Verbindung kann das Modul zukünftig vereinfachen.

**Modul: qp\_rlt**

Das Modul *qp\_rlt* enthält Funktionen zur Durchführung der Qualitätsprüfung. *Check\_graph* prüft mithilfe einer *Cypher*-Abfrage, ob keine doppelten Verbindungen zwischen RLT-Bauteilen vorliegen. Dazu verwendet auch dieses erneut *py2neo* verwendet. Als Ergebnis gibt die Funktion einen *booleschen* Wert aus.

**Anmerkung:**

Bei einer Weiterentwicklung ist das Auslagern der *Cypher*-Statements in eine Ordnerstruktur zu empfehlen. Dies führt zu einer besseren Wartbarkeit und übersichtlicheren Ablagestruktur.

Für alle nachfolgend beschriebenen Prüfungen ergänzt die Funktion *create\_issue* mit der Python-Bibliothek *bcfxml*

Issues im BCF-Projekt. Dabei werden von den Ergebnissen die RLT-Elemente im *Issue* selektiert, der Hinweis als Bemerkung eingetragen und der Name der Prüfregel als Titel verwendet. Mit den übrigen Funktionen lassen sich die in den Funktionen gespeicherten Namen und *Cypher*-Statements der einzelnen Prüfregeln abrufen. Diese erläutert Tabelle 10.

**Skript 01: 01\_create\_graph**

Skript 01 dient der Erstellung sowie der gezielten Aktualisierung des Graphdatenmodells in der Datenbank *Neo4j*. Zu Beginn stellt das Skript über die *Python*-Bibliothek *py2neo* eine Verbindung zur lokalen *Neo4j*-Instanz her und definiert die verwendeten Eingabedaten, bestehend aus zwei IFC-Modellen sowie einem Raumbuch im CSV-Format.

Abhängig von den gesetzten Konfigurationsparametern erlaubt das Skript unterschiedliche Aktualisierungsstrategien. Es kann entweder ausschliesslich das Raumbuch aktualisieren, zusätzlich das Architekturmodell neu einlesen oder den gesamten Graphen vollständig neu erzeugen. Hierzu erfolgt eine partielle oder vollständige Löschung des bestehenden Graphen mit anschliessend ergänzendem Aufbau.

Im Falle einer vollständigen Neuerstellung werden zunächst beide IFC-Modelle in den Graphen überführt. Dann werden mittels geometriebasierter Auswertung die Beziehungen zwischen RLT-Bauteilen und räumlichen Zonen sowie zwischen RLT-Bauteilen und Brandabschnitten erzeugt. Zuletzt wird das Raumbuch in den Graphen integriert und mit den bestehenden Modellinstanzen verknüpft.

**Skript 02: 02\_query\_graph**

Skript 02 dient der Durchführung der graphbasierten Qualitätsprüfungen sowie der Ausgabe der Prüfergebnisse im BCF. Zu Beginn stellt das Skript eine Verbindung zur bestehenden *Neo4j*-Datenbank her und greift auf den zuvor aufgebauten Graphen zu.

Vor der eigentlichen Ausführung der Prüfregeln wird eine grundlegende Qualitätsprüfung des Graphen durchgeführt, um auszuschliessen, dass mehrfachen Verbindungen zwischen RLT-Bauteilen vorliegen. Nur bei erfolgreicher Prüfung wird die weitere Verarbeitung fortgesetzt.

Weiter wird ein neues BCF-Projekt initialisiert und das zugehörige IFC-Modell geladen, um die Prüfergebnisse direkt im BCF-Projekt anlegen zu können. Die einzelnen Qualitätsprüfungen finden in Form vordefinierter *Cypher*-Abfragen statt, die jeweils einer Prüfregel innerhalb der definierten Anwendungsfälle zugeordnet sind. Die Auswahl der auszuführenden Prüfregeln erfolgt über Konfigurationsparameter im Skript.

Die Ergebnisse der *Cypher*-Abfragen werden aus dem Graphen ausgelesen und mithilfe der im Modul *qp\_rlt* implementierten Funktionalität in *BCF-Issues* überführt. Dadurch werden die identifizierten Abweichungen dokumentiert und mit den entsprechenden IFC-Elementen verknüpft. Final speichert das Skript das erzeugte BCF-Projekt im Ausgabeverzeichnis.

#### 4.9 PoC – Implementierung der Anwendungsfälle

Für die im Modul *qp\_rlt* enthaltenen Funktionen der Anwendungsfälle beschreibt Tabelle 10 den fachlichen Hintergrund sowie deren technische Umsetzung und den Erkenntnissen aus der Erstellung.

**Tabelle 10:** Alle Prüfreden, gegliedert nach deren Anwendungsfällen mit fachlichem Kontext und Prüfreden, deren technischer Umsetzung, deren Ergebnisse der *Testings* mit synthetischen Daten sowie den gewonnenen Erkenntnissen.

Anwendungsfall	AF01: Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen (siehe Anhang A28)		AF02: VSR übereinstimmend mit Raumbuch (siehe Anhang A29)		AF02: Einbau von Brandschutzklappen (siehe Anhang A30)	
<b>Fachlicher Kontext</b>	Komponenten von Lüftungsanlagen verursachen Schall, insbesondere Ventilatoren und VSR. Zur Reduktion der Schallausbreitung werden Schalldämpfer eingesetzt, die gemäss SIA 382-1 in unmittelbarer Nähe der Schallquelle, sei es im Gerät oder im Leitungsnetz, anzuordnen sind. (Hörner & Casties, 2018; Hubbuch, 2020; SN 546382-1, 2025)		Die Auslegung der Raumlüftung erfolgt typischerweise auf Basis von Raumbüchern, welche Teil der Nutzungsvereinbarung sind. Darin wird unter anderem die Art der Raumregulierung definiert, die, falls erforderlich, über konstante oder variable Volumenstromregler realisiert wird. (Hörner & Casties, 2018; Huber, 2022; SNR 592024, 2021)		Die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen regelt die Richtlinie VKF 25-15 und erlaubt die Bildung brandabschnittübergreifender Lüftungsabschnitte. Dies reduziert die Anzahl notwendiger BSK. Diese trennen Lüftungsabschnitte und unterbinden die Ausbreitung von Feuer und Rauch über Luftleitungen. (VKF 25-15, 2017; Huber, 2022)	
<b>Prüfreden</b>	PR01: SD nach Ventilator	PR01: SD nach VSR	PR10: Strang $\triangleq$ Raumbuch	PR11: Einzel- / Mehrraumzone	PR01: Überzählige BSK	PR02: Fehlende BSK
<b>Fachliche Prüfreden</b>	Nach einem Ventilator oder Gerät ist innerhalb von max. fünf Bauteilen ein SD angeordnet.	Nach einem VSR ist innerhalb von max. fünf Bauteilen ein Schalldämpfer angeordnet.	Das Vorhandensein und Type von Abgleicharmaturen in Lüftungssträngen entsprechen den Vorgaben des Raumbuchs für die jeweils belüfteten Zonen.	Die im Raumbuch definierten Einzel- und Mehrraumzonen stimmen mit der im DBM RLT modellierten Luftverteilung überein.	Ein Lüftungsstrang zwischen zwei Auslässen im selben Lüftungs- oder Brandabschnitt enthält keine BSK, sofern der Strang den Raum nicht verlässt.	Zwischen Auslässen, die sich in unterschiedlichen Lüftungsabschnitten befinden, ist im Lüftungsstrang min. eine BSK angeordnet, insofern keine Einzelleitungsführung vorliegt.
<b>Technische Umsetzung</b>	Die Prüfreden wird mit einer Pfadabfrage vom Ventilator bzw. lufttechnischen Gerät zu den Luftauslässen umgesetzt. Entlang der port-basierten Verbindungen wird der Lüftungsstrang traversiert und auf das Vorhandensein eines Schalldämpfers innerhalb einer begrenzten Anzahl von Bauteilen geprüft. Die maximale Pfadlänge stellt sicher, dass nur Bauteile in unmittelbarer Nähe zur Schallquelle berücksichtigt werden. Liegt entlang des Pfades kein entsprechender Knoten vor, wird der Ventilator als Regelabweichung identifiziert. Die Ergebnisse werden je Ventilator gruppiert mit den <i>Goballds</i> der beteiligten Bauteile und einer Bemerkung zurückgegeben.	Die Abfrage untersucht Lüftungsstränge zwischen VSR und nachgelagerten Auslässen. Dabei wird sichergestellt, dass der betrachtete Pfad keine weiteren schallrelevanten Geräte enthält. Entlang dieses Pfades wird das Vorhandensein eines Schalldämpfers innerhalb einer begrenzten Anzahl von Bauteilen geprüft. Die maximale Pfadlänge stellt sicher, dass nur Bauteile in unmittelbarer Nähe zur Schallquelle berücksichtigt werden. Liegt entlang des Pfades kein entsprechender Knoten vor, wird der VSR als Regelabweichung identifiziert. Zur weiteren Verarbeitung der Ergebnisse werden sie je VSR gruppiert und die <i>Goballds</i> der beteiligten Bauteile sowie eine Bemerkung zurückgegeben.	Diese Prüfreden nutzt die Verknüpfung der Lüftungsstränge zwischen Auslass und Geräten mit dem Raum und mit den Anforderungen aus dem Raumbuch. Der Typ der im Strang enthaltenen Abgleicharmatur (VAV, CAV oder keine Regelung) wird aus dem <i>PredefinedType</i> abgeleitet und mit den zonenbezogenen Anforderungen verglichen. Zusätzlich werden Medium und Anlagenzuordnung berücksichtigt, um fachlich konsistente Vergleiche sicherzustellen. Stimmen Modell und Raumbuch nicht überein oder fehlt eine passende Anforderung, wird der Strang als Regelabweichung identifiziert. Die Ausgabe erfolgt raumbezogen unter Angabe der betroffenen Bauteile.	Die Abfrage analysiert, welche Räume durch einen Volumenstromregler versorgt werden, und vergleicht dies mit der im Raumbuch definierten Zonenstruktur. Dazu werden die belüfteten Räume eines VSR aggregiert und den zugeordneten Bereichen des Raumbuchs gegenübergestellt. Abweichungen ergeben sich, wenn die Menge der beiden Modelle nicht übereinstimmt. Eine Fallunterscheidung ermöglicht dabei die Rückgabe der Inkonsistenz insofern die Abweichung das Thema Einzel- / Mehrraumzone betrifft. Bei Inkonsistenzen werden diese Bemerkungen mit den betroffenen VSR und Pfadknoten als Ergebnis ausgegeben.	Diese Prüfreden untersucht Pfade zwischen zwei Auslässen innerhalb desselben Brandabschnittes und berücksichtigt dabei falls vorhanden die Lüftungsabschnitte. Entlang des Pfades wird geprüft, ob eine BSK vorhanden ist. Falls vorhanden, wird zusätzlich geprüft, dass der Strang den betrachteten Abschnitt nicht über ein anderes Bauteil verlässt. Wenn dies auch nicht eintritt und dennoch eine Brandschutzklappe identifiziert wurde, gilt dies als Regelabweichung. Die betroffene Klappe wird mit einer Bemerkung zurückgegeben.	Die Abfrage analysiert Lüftungsstränge zwischen Auslässen in unterschiedlichen Lüftungs- oder Brandabschnitten. Dabei wird geprüft, dass entlang des Pfades keine Brandschutzklappe enthalten ist. Gleichzeitig werden Fälle ausgeschlossen, in denen der Strang über den Aufstellungsraum des Gerätes führt. Liegt keine Brandschutzklappe vor, wird dies als Regelverletzung ausgegeben. Die Rückgabe erfolgt abschnittbezogen. Es werden die betroffenen Bauteile des Pfades und eine Bemerkung retourniert.
<b>Abgerufene Nodelabels</b>	7 Stück	8 Stück	15 Stück	15 Stück	8 Stück	13 Stück
<b>Abgerufene Edgeslabels</b>	3 Stück	3 Stück	9 Stück	9 Stück	6 Stück	6 Stück
<b>Ergebnisse Testing</b>	Vollständige und korrekte Ausgabe der Regelabweichungen.	Vollständige und korrekte Ausgabe der Regelabweichungen.	Vollständige und korrekte Ausgabe der Regelabweichungen.	Vollständige und korrekte Ausgabe der Regelabweichungen.	Vollständige und korrekte Ausgabe der Regelabweichungen. Einzelleitungsführung wird korrekt berücksichtigt.	Vollständige und korrekte Ausgabe der Regelabweichungen. Einzelleitungsführung wird korrekt berücksichtigt.
<b>Erkenntnisse</b>	Die Ergebnisse bestätigen die Eignung von einer Graphabfrage zur Umsetzung einer solchen Regel.  Derzeit unberücksichtigt sind Schalldämpfer in Geräten und die Länge der Bauteile.	Die Ergebnisse bestätigen die Eignung von einer Graphabfrage zur Umsetzung einer solchen Regel.  Derzeit unberücksichtigt sind Schalldämpfer in Geräten und die Länge der Bauteile.	Die Ergebnisse bestätigen die Eignung von einer Graphabfrage zur Umsetzung einer solchen Regel.  Die Regel prüft DBM zu Raumbuch. Theoretisch ist auch die Prüfung Raumbuch zu DBM notwendig. Vorprüfungen erforderlich für kleine und wartbare Abfragen.	Die Ergebnisse bestätigen die Eignung von einer Graphabfrage zur Umsetzung einer solchen Regel.	Graphabfrage eignet sich nur bedingt zur Prüfung, ob eine BSK zu viel in der Verteilung enthalten ist.  Verlässt der Pfad den Raum, sind Prüfungen der Dämmung erforderlich. Die Prüfung verlangt dann kombinierte topologische, geometrische und semantische Prüfreden.	Graphabfrage eignet sich nur bedingt zur Prüfung, ob eine BSK zu wenig in der Verteilung enthalten ist.  Zwischen zwei Abschnitten ist die Prüfung möglich. Für Themen wie Transit ist wiederum eine kombinierte Prüfreden erforderlich.

#### 4.10 PoC – Evaluierung

Die Evaluierung des PoC findet anhand einer Fallstudie statt und basiert auf dem in Kapitel 3.2.7 beschriebenen Vorgehen. Ziel ist die Überprüfung der Anwendbarkeit des PoC im Planungsumfeld. Dazu basiert die Fallstudie auf reale Projektunterlagen des Praxispartners.

Die Evaluierung gliedert sich in die Beschreibung der Durchführung der Fallstudie, die Dokumentation identifizierter Herausforderungen und Anpassungen sowie die Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich Implementierungsaufwand, Vollständigkeit und Korrektheit, Interoperabilität der Ausgabe und dem Anwendungsinteresse.

##### 4.10.1 Durchführung der Fallstudie

Das untersuchte Projekt der Fallstudie umfasst den Verwaltungstrakt und die Einstellhalle eines Industriebaus. Darin belüften drei Lüftungsanlagen die auf sieben Etagen verteilten Räume. Das DBM liegt im Ausführungszustand mit segmentierten Luftleitungsbauteilen vor. Das Modell besteht aus rund 3'125 Bauteilen. Davon sind 57 BSKs, 98 VSR, 57 SD und 238 Auslässe. Ein Überblick des Projekts der Fallstudie enthält Anhang A32.

Zur Durchführung der Fallstudie sind die bereitgestellten Projektunterlagen wie folgt aufzubereiten, damit sie den vom PoC definierten Datenmodellen entsprechen.

DBM RLT: - Modellieren der Geräteanschlüsse  
 - Anlagenkennzeichnung erstellen  
 - Anpassung der Entität und vordefiniertem Typ der VSR  
 - Deaktivieren des Exports eigenständiger Dämmung

DBM Raum: - Neuerstellung der Räume, da keine *IfcSpace* in Architekturmodell enthalten  
 - Neuerstellung der Brandabschnitte gemäss IG BIM&BS  
 - Erstellung der Lüftungsabschnitte

Raumbuch: Vollständige Neuerstellung notwendig, da Projektraumbuch keine Angaben zu Raumregelung und Verknüpfung zu Modell beinhaltet.

Bei der Durchführung der Fallstudie treten mehrere Herausforderungen auf, die eine direkte Auswertung der Ergebnisse einschränken. Dazu erfolgt während und nach der 1. Durchführung (siehe Anhang A32) die Analyse und Behebung solcher. Dokumentiert sind diese in Kapitel 4.10.2. und die Evaluierung in den Kapiteln 4.10.5 bis 4.10.5. Die Evaluierung stützt sich dabei auf den 2. Durchlauf (siehe Anhang A33). Nachfolgende Tabelle 11 weist die Erwartungswerte je Prüfredel sowie deren Herleitung aus.

**Tabelle 11:** Erwartete Regelabweichungen bei Durchführung der Fallstudie

Prüfredel		Erwartungswert Regelabweichungen [Stk.]	Herleitung des Erwartungswerts
AF01	PR01	2	Manuelle Prüfung: 2 von 7 Primärschalldämpfer weichen ab
AF01	PR02	52	Rechnerische Herleitung: 97 VSR - (57 SD - 7 Primärschalldämpfer) = 52 Stk.
AF02	PR10	10	Visuelle Kontrolle: 5 Räume übereinander fehlt VSR in ZUL und ABL
AF02	PR11	0	Keine Kontrolle: Keine Lüftungszonen modelliert
AF03	PR01	4	Visuelle Kontrolle: Ausgeführtes Projekt, keine Abweichung erwartet
AF03	PR02	0	Visuelle Kontrolle: Ausgeführtes Projekt, keine Abweichung erwartet

#### 4.10.2 Identifizierte Herausforderungen und Anpassungen

Die Durchführung der Fallstudie führt zur Identifizierung von vier Herausforderungen. Deren Beschreibung geschieht nachfolgend inklusiv den vorgenommenen Anpassungen.

##### Herausforderung 01: Redundante Bauteilverbindungen

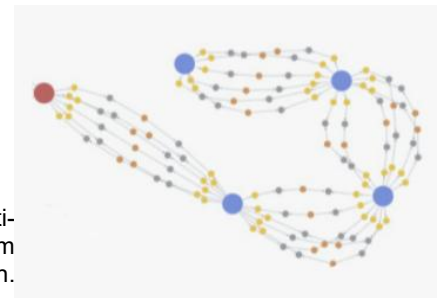
Nach der allerersten Erstellung des Graphen der Fallstudie führen sämtliche Graphabfragen nach einer langen Berechnungszeit zum Absturz von *Neo4j*.

Als Ursache werden redundante Bauteilverbindungen im DBM RLT identifiziert. Abbildung 17 zeigt, dass sechs direkte Pfade ohne Berücksichtigung der ausgeblendeten inversen Verbindungen vorliegen. Daraus resultierte eine exponentiell steigende Anzahl an Pfadkombinationen. Ein Beispiel aus der Fallstudie zeigt Abbildung 17.

##### Anmerkung:

Bei einer Weiterentwicklung empfiehlt sich eine frühe Prüfung redundanter Bauteilverbindungen. Bestenfalls erfolgt diese bereits vor der Grapherstellung.

Als Massnahme wird eine eingehende Prüfung der minimal erforderlichen Qualität ergänzt. Diese spielt sich vor sämtlichen Prüfabfragen ab und ist im PoC mit der Funktion *check\_graph* ergänzt. Liegt zwischen zwei Bauteilen eine doppelte Verbindung vor, bricht das Skript ab.



**Abbildung 17:** Aufgrund redundanter Verbindungen sind 1'296 Kombinationsmöglichkeiten zwischen dem roten Ventilator und dem vierten, blauen RLT-Bauteil anstelle einer einzigen möglich.

##### Herausforderung 02: Fehlende Flussrichtung

Nach der 1. Durchführung der Fallstudie enthält die Prüfregele AF01-02, welche Schalldämpfer in unmittelbarer Nähe zu Volumenstromreglern prüft, falsche Ergebnisse. Zudem sind Bauteile anstelle des Volumenstromreglers zum Raum in die entgegengesetzte Richtung markiert.

Die Ursache sind fehlende Volumenstromregler im Leitungsnetz. Es entstehen dadurch zusätzliche Pfadmöglichkeiten, um von einem Volumenstromregler zu einem Auslass zu gelangen ohne einen Volumenstromregler, einen Ventilator oder ein Gerät zu passieren. Allerdings bewegen sich diese Möglichkeiten stets entgegen der gewünschten Flussrichtung.

Als Massnahme erfolgt die Ergänzung einer zusätzlichen *MATCH*-Klausel. So hat jeder Pfad von einem Gerät über einen Volumenstromregler zu einem Auslass zu gelangen. Dies erlaubt die Berücksichtigung der Flussrichtung. Die Massnahme ist im PoC bereits umgesetzt.

##### Herausforderung 03: Fehlende Bauteilverbindungen

Aus der ersten Durchführung der Fallstudie sowie den darauffolgenden Verbesserungen resultieren Prüfergebnisse, die teilweise nicht den erwarteten Werten entsprechen. So weist die überarbeitete Prüfregele AF01-02 beispielsweise lediglich 26 Regelabweichungen aus, während 52 Abweichungen erwartet wurden.

Die Ursache hierfür liegt in fehlenden Verbindungen zwischen RLT-Bauteilen im DBM. Nicht verbundene Bauteile bleiben in Abfragen unberücksichtigt, wodurch dies die Vollständigkeit der Prüfergebnisse direkt beeinflusst.

Als Massnahme wird mit der Funktion *check\_rlt\_relationen* eine zusätzliche Abfrage implementiert. Diese überprüft, ob die Anzahl der Verbindungen von einem Leitungsbauteil mit ihrem Bauteiltyp konsistent ist. Verbindungen, die durch Bauteile wie Kanal- oder Sattelstützen, Muffen mit Bord oder Lüftungsgitter entstehen, werden dabei bewusst vernachlässigt. Die Anwendung dieser Prüfregele erfolgt im PoC bei jedem Durchlauf vor der Ausführung aller weiteren Prüfregele. Durch die vorgelagerte Überprüfung der Verbindungsvollständigkeit dient sie dem Anwender als Indikator für die Qualität und Aussagekraft der erhaltenen Prüfergebnisse.

**Herausforderung 04: Erhöhte Pfadkombinatorik**

Die Abfrage der Prüfredeln von AF03 im Graphen der Fallstudie wird mit einer Fehlermeldung infolge Überlastung des Arbeitsspeichers abgebrochen.

Die Ursache des hohen Bedarfs an Arbeitsspeicher wird in der hohen Anzahl an Pfadkombinationen der beiden Prüfredeln vermutet. Beide Prüfredeln suchen für jeden Auslass alle Pfade zu einem anderen Auslass, welcher über das Leitungsnetz erreichbar ist. Bei 238 Auslässen resultiert eine hohe Anzahl an Pfadkombinationen, welche den Arbeitsspeicher füllen.

Nach mehrfacher Erhöhung des zur Verfügung gestellten Arbeitsspeichers wird zusätzlich eine maximale Pfadlänge von 15 Bauteilen bis zur ersten Brandschutzklappe respektive zwischen zwei Auslässen ergänzt. Damit besteht bei diesen Prüfredeln die Möglichkeit, dass nicht alle Regelabweichungen identifiziert werden, da Pfade mit Regelabweichungen nicht zur Prüfung erfasst werden. Die Thematik bleibt über die Arbeit hinaus eine offene Herausforderung. Auf einen potenziellen Lösungsansatz wird in der Anmerkung hingewiesen.

**Anmerkung:**

Potenzielle Lösungsansätze zur Reduktion des Rechen- und Speicheraufwands durch optimierte Graphabfragen sind vorhanden. So kann bei der Prüfredel AF03-01 in einem ersten Schritt die Menge der relevanten Auslässe innerhalb eines Lüftungsabschnitts vorselektiert werden, wodurch sich die Anzahl der zu prüfenden Pfade deutlich reduziert. Bei der Prüfredel AF03-02 besteht die Möglichkeit, unmittelbar nach der *MATCH*-Klausel zusätzliche Einschränkungen zu definieren, um Pfade auszuschliessen, die Brandschutzklappen enthalten. (Neo4j, 2025)

Eine Optimierung der Abfrageabfolge wurde in der Entwicklung der Prüfredeln nicht berücksichtigt. Daher stellt dies ein Optimierungspotenzial für zukünftige Weiterentwicklungen des PoC dar.

**4.10.3 Vollständigkeit und Korrektheit**

Die Evaluierung der Vollständigkeit und Korrektheit erfolgt anhand der Differenz zwischen erwarteten und erkannten Regelabweichungen. Für die Fallstudie 2 zeigt die Tabelle 12, dass bei der Graphqualität V2 eine Verbindung mehr fehlt als erwartet. Diese fehlende Verbindung liegt im Pfad der unerkannten Regelabweichung von AF02 PR02.

Weiter werden in AF02 PR10 zwei Fehler mehr erkannt als erwartet. Die Überprüfung dieser zeigt, dass deren Ausgabe korrekt ist. Somit ist der rot eingefärbte Erwartungswert falsch.

**Tabelle 12:** Gegenüberstellung der erhaltenen und der erwarteten Regelabweichungen für die Fallstudien

Prüfredel		Erwartungswert Abweichungen [Stk.]	Erkannte Abweichungen Fallstudie 1 [Stk.]	Differenz Soll-Ist Fallstudie 1 [Stk.]	Erkannte Abweichungen Fallstudie 2 [Stk.]	Differenz Soll-Ist Fallstudie 2 [Stk.]
Graphqualität V1		27	0	27	-	-
Graphqualität V2		4	-	-	5	-1
AF01	PR01	2	2	0	2	0
AF01	PR02	52	56	-4	51	1
AF02	PR10	10	8	2	12	-2
AF02	PR11	0	0	0	0	0
AF03	PR01	4	4	0	4	0
AF03	PR02	0	0	0	0	0

Die Ausgaben sind damit grundsätzlich vollständig und korrekt. Es ist zu beachten, dass die Fallstudie nicht für alle Prüfredeln Regelabweichungen beinhaltet, und zudem sind in den Prüfredeln von AF03 gemäss Herausforderung 04 Limitationen enthalten. Diese können zu fehlender Erkennung von Regelabweichungen führen. Zudem verdeutlicht die unbewusst fehlende Verbindung den direkten Einfluss der Datenqualität auf die Prüfergebnisse aller Prüfredeln.

#### 4.10.4 Interoperabilität der Ausgabe

Die Interoperabilität der Ausgabe wird durch Verwendung der ausgegebenen BCF-Datei in vier unterschiedlichen Modellviewern evaluiert. Tabelle 13 hält die Zusammenstellung der Ergebnisse fest (siehe Anhang A34). Sie zeigt, dass in allen Viewern die BCF-Datei geöffnet und Issues angezeigt werden. Einzig eine Anzeige der selektierten Bauteile funktioniert lediglich in drei Viewern, womit eine interoperable Ergebnisausgabe grösstenteils sichergestellt ist. Die Tests verwenden folgende Softwareversionen:

- BIMcollab Zoom: 9.6
- Solibri Office: 25.6
- Blender: 4.3.2
- Bonsai: 0.8.3
- Open IFC Viewer: 26.10.0

**Tabelle 13:** Zusammenstellung der Ergebnisse zur Interoperabilitätsprüfung der ausgegebenen BCF-Dateien

Getesteter Graph	Getestete Prüfregel	Öffnen der BCF-Datei				Anzeige der Issues					Anzeige selektierter Bauteile			
		BIMcollab Zoom	Solibri Office	Blender Bonsai	Open IFC Viewer	BIMcollab Zoom	Solibri Office	Blender Bonsai	Open IFC Viewer	BIMcollab Zoom	Solibri Office	Blender Bonsai	Open IFC Viewer	
AF01-01	AF01-PR01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AF01-04	AF01-PR02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AF02-01	AF02-PR10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AF02-01	AF02-PR11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AF03-01	AF03-PR01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AF03-01	AF03-PR02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fallstudie	alle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

#### 4.10.5 Implementierungsaufwand

Die nachfolgende Bewertung des Implementierungsaufwands basiert auf den Ergebnissen der Fallstudie und Entwicklung des PoC und stellt keine quantitative Aufwandschätzung dar.

Der Implementierungsaufwand des PoC in den bestehenden Planungsprozess ist insgesamt als moderat einzustufen. Dabei hängt der Aufwand der Implementierung vor allem von der Qualität der vorhandenen Planungsdaten ab. Manuelle Tätigkeiten begrenzen sich vorwiegend auf die Bereitstellung der Daten und Auswertung der Ergebnisse. Die Prüfung ist skriptbasiert und automatisiert auslösen.

In der Modellierung des DBM RLT sind geringe Änderungen in der Modellierung empfohlen, um die Standards des IFC-Datenschemas zu nutzen. Zudem ist eine projektspezifische Exportvorlage notwendig, da beim IFC-Export mit eigenständiger Dämmung fehlerhafte Bauteilverbindungen auftreten. Der Entwicklungs- und Anwendungsaufwand ist dennoch gering.

Die für den PoC benötigten Rauminformationen sind der Praxis grösstenteils vorhanden. Derzeit nicht etabliert sind die Modellierung von Brand- und Lüftungsabschnitten. Der Entwicklungsaufwand ist gering, der Anwendungsaufwand variiert je nach Prozessreife.

Der Einsatz eines Raumbuchs erfordert aktuell einen mittleren Entwicklungsaufwand. Derzeit liegt kein modellbasiertes Raumbuch vor, zudem sind die Informationsanforderungen für die Prüffälle zu ermitteln und die Schnittstelle definieren. Der Mehraufwand der Anwendung ist gering, denn bereits heute sind Raumbücher zu pflegen.

Der grösste Aufwand verursacht die Entwicklung der Prüfregeln. Dieser ist als hoch einzustufen, während der Aufwand für deren Anwendung gering bleibt. Zudem bestehen derzeit offene Limitationen insbesondere bei Prüfregeln mit Dämmung und Geometrieauswertungen.

#### 4.10.6 Anwendungsinteresse

Die zwei durchgeführten Gespräche mit einem Fachplaner Lüftung sowie einer Projektleiterin HLK mit Fokus auf QS zeigen ein deutliches, übereinstimmendes Anwendungsinteresse am vorgestellten PoC. Beide Fachpersonen betonen den Bedarf an unterstützenden Werkzeugen für die QS in der Planung, insbesondere vor dem Hintergrund zunehmender Projektkomplexität, grosser Anlagen und begrenzter personeller Ressourcen. (Fachplaner Lüftung, 2025c; Projektleiterin QS HLK, 2025)

Die Qualitätssicherung wird von beiden Fachpersonen als notwendig erachtet, erfolgt in der Praxis jedoch häufig nur punktuell, beispielsweise zum Abschluss einzelner Planungsphasen. Ein automatisiertes, regelbasiertes Prüfwerkzeug wird als Möglichkeit gesehen, QS kontinuierlich und mit geringem Zeitaufwand durchzuführen. Insbesondere die Eigenkontrolle durch Planende sowie die schnelle Beurteilung des Planungsstandes und -qualität in fremden oder übernommenen Projekten werden als Einsatzmöglichkeiten genannt. (Fachplaner Lüftung, 2025c; Projektleiterin QS HLK, 2025)

Als Mehrwert wird die Reduktion von Planungsfehlern sowie eine konstante Qualität der Planungsabgaben genannt. Durch die frühe und wiederholbare Prüfung einfacher, klar definierter Regeln können Fehler frühzeitig erkannt und spätere, aufwendige Anpassungen vermieden werden. Daraus resultiert aus Sicht der Fachpersonen eine erhöhte Planungs- und Kostensicherheit. Zudem wird betont, dass das Tool Planende dazu auffordert zentrale Grundlagen wie das Raumbuch sowie Brand- und Lüftungsabschnitte frühzeitig zu definieren und konsistent zu halten. Der Ansatz wird dabei mit einer digitalen Checkliste verglichen, die notwendige Abstimmungen sichtbar macht und interdisziplinäre Klärungen anstösst und fördert, anstatt diese aufzuschieben. (Fachplaner Lüftung, 2025c; Projektleiterin QS HLK, 2025)

Als Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implementierung werden klar definierte Modellierungsanforderungen, eindeutige Schnittstellen sowie einfache, transparente Prüfregeln genannt. Der zusätzliche Aufwand wird primär in der initialen Implementierung und Abstimmung gesehen, während der Mehraufwand der Nutzung als gering eingeschätzt wird. Gleichzeitig wird betont, dass die Grenzen des Tools klar kommuniziert werden müssen, um falsche Erwartungen zu vermeiden und die Rolle der Fachplanung nicht zu relativieren. Denn eine Anwendung kann unterstützen, die Einhaltung grundlegender Standards zu überprüfen, ersetzt jedoch keine Planungsverantwortung. (Fachplaner Lüftung, 2025c; Projektleiterin QS HLK, 2025)

## 5 Diskussion

Die Ergebnisse des PoC und der Experteninterviews belegen das Potenzial graphbasierter Ansätze für die planerische Qualitätssicherung in der Raumluftechnik. Die Diskussion interpretiert die Befunde nun hinsichtlich deren Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext sowie den bearbeiteten Forschungsfragen. Zudem beinhaltet sie eine kritische Reflexion der Ergebnisse und zeigt abrundend die Limitationen der Arbeit und Ausblick auf weitere Forschung auf.

### 5.1 Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur praktischen Anwendung des *IFC-Graph*-Ansatzes im Bereich der Gebäudetechnik, explizit der Raumluftechnik. Während sich bisherige Forschungsarbeiten von Zhu et al. (2026, 2025a, 2025b, 2023) im Hochbau vorwiegend auf Architekturmodelle konzentrierten, zeigt diese Untersuchung, dass die Konvertierung von IFC-Daten in einen *Label Property Graph* auch topologische Analyse verzweigter Leitungsnetze ermöglicht. Damit identifiziert sie einen Anwendungsfall von *IFC-Graph*, was gemäss jüngsten Veröffentlichungen von Zhu weiterhin ein aktives Forschungsfeld darstellt (Zhu, 2025).

Aus den Ergebnissen der Arbeit ergibt sich zudem, dass das bislang weitgehend ungenutzte Potenzial modellbasierter fachlicher Prüfredeln im *openBIM*-Kontext durch die Verwendung von *IFC-Graphen* adressiert werden kann. Angereicherte und verknüpfte IFC-Graphen ermöglichen im PoC einen systematischen Zugriff auf semantische und insbesondere topologische Informationen durch Graphabfragen. Damit zeigt die Arbeit, dass sich die von Pfeifer und Berlizev (2025) erforderliche datenbankorientierte Arbeitsweise aus der *closedBIM*-Anwendungen prinzipiell auf *openBIM*-Projekte übertragen lässt.

Übergreifend bestätigt die Arbeit damit, dass LPGs aufgrund ihrer Stärken in der Graphtraversierung und effizienten Pfadabfragen geeignet sind, um fachspezifische Regeln der RLT abzubilden, welche über gängige Geometrie- und Attributprüfungen hinausgehen.

### 5.2 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen

Das entwickelte PoC belegt, dass sich der *IFC-Graph*- und *GQL4BIM*-Ansatz grundsätzlich eignet, um die planerische Qualität von RLT-Modellen sicherzustellen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Werkzeugen, die oft als „Grey-Box“ vorliegen und topologische Beziehungen wenig nutzen, bietet der Ansatz des PoCs mit deklarativen Graphabfragen eine transparente Prüflogik. Durch die Überführung der DBM in einen angereicherten Graphen werden durch die topologischen Beziehungen zwischen Objekten fachliche Anforderungen modellbasiert prüfbar. Allerdings ist in Graphen nur eine eingeschränkte Nutzung von Geometrien in Prüfredeln möglich. Eine Anwendung solcher demonstriert das geometrische Mapping im PoC, welches benötigte Verknüpfungen explizit im Graph ergänzt und dessen Idee aus der Forschung von Lilis et al. (2025) stammt.

Die Expertengespräche offenbaren einen Bedarf an planerischer Qualitätssicherung in der Praxis. Als Prüfgebiete nennen die Fachpersonen Luftgeschwindigkeit, Brandschutz und Auslegung von Komponenten am meisten. Die Tatsache, dass das Thema Luftgeschwindigkeit von sämtlichen Fachpersonen erwähnt wird, unterstreicht, dass derzeit keine modellbasierte, planerische Qualitätsprüfung erfolgt. Eine solche Prüfung wäre zumindest für berechnete Modelle mit mathematischen Prüfredeln möglich. (BIM-Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025)

Eine fehlende Anwendung lässt strukturelle Hürden erwarten. Die Gespräche offenbaren, dass insbesondere personelle Ressourcen, unklare Zuständigkeiten für die Pflege von Prüfredeln sowie eine Kompetenzlücke zwischen Fachpersonen RLT und toolaffinen Koordinatoren eine Implementierung von fachlichen Prüfredeln in der Praxis erschwert. Zusätzlich sprechen die Fachpersonen mit den IFC-Schnittstellen und Limitationen von Prüfredeln in Modell-Checkern technische Hürden an. Die Kombination aller Faktoren führt dazu, dass das Potenzial von planerischer Qualitätssicherung aktuell trotz der Planungsverantwortung unerschlossen ist. (BIM-

Koordinator, 2025b; Fachplaner Lüftung, 2025b; Projektleiter Lüftung, 2025; Unternehmer Lüftung, 2025)

Die technischen Hindernisse kann das PoC grösstenteils überwinden. So reichert es durch geometrisches Mapping den Graphen weiter an oder führt zusätzliche Klauseln in den Prüfabfragen aus, um fehlende Informationen zu kompensieren. Mit Graphabfragen erschliesst es ausserdem topologischen Prüfungen, welche gängige Modell-Checker limitieren.

Die grösste technische Herausforderung des PoC bleibt die Datenqualität, wobei dies Modellierende und Softwarelieferanten betrifft. So liegt es in der Verantwortung von Modellautoren durchgängig vernetzt zu modellieren und in der Verantwortung der Softwarehersteller Verbindungen korrekt zu exportieren. Der falsche Export von fehlenden oder mehrfachen Verbindungen erweist sich als grösste Herausforderung der Implementierung. Das PoC begegnet dieser mit integrierten Prüfungen. Dennoch kann dies zu keinem oder fehlendem Prüfergebnis führen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, Qualitätssicherung als ineinandergreifende Komponente bestehend aus Kriterien in allen drei Ebenen zu verstehen (Preidel, 2025).

So ist eine praktikable Integration in bestehende Planungsprozesse an Bedingungen geknüpft. Voraussetzung sind die Einhaltung der Modellierungsanforderung, eine ausreichende Datenqualität sowie die Bereitstellung zentraler Planungsinformationen. Unter diesen Bedingungen lässt sich das PoC als ergänzendes, softwareunabhängiges Prüfwerkzeug einsetzen, das bestehende Workflows unterstützt, ohne diese grundlegend zu verändern.

### 5.3 Reflexion der Methodik und der Ergebnisse

Die methodische Herangehensweise dieser Arbeit basiert auf einem *Mixed-Methods-Design* und orientiert sich am *Design Thinking*. Unter weiteren Methoden wird *iterativ Prototyping* angewendet. Dieses ermöglichte, technische Herausforderungen zu identifizieren und im PoC zu kompensieren. Aufgrund limitierter Zeitressourcen sind Umfang und Auswertung der Expertengespräche begrenzt, dies limitiert die Aussagekraft dieser qualitativen Ergebnisse.

Technologisch wird als Abfragesprache auf *Cypher* zurückgegriffen, da kostenfreie GQL-Implementierungen zum Untersuchungszeitpunkt nicht verfügbar waren. Kernkonzepte wie *Graph Pattern Matching* sind jedoch kompatibel, sodass die Ergebnisse zukünftige auf den GQL-Standard übertragbar bleiben.

Die Fallstudie bestätigt die Relevanz der drei Modellebenen der Qualitätssicherung nach Preidel (2021). So liefert die Prüfung auf planerischen Kriterien nur dann valide Ergebnisse, wenn datentechnische Integrität und inhaltliche Korrektheit gewährleistet sind. Wie erwähnt führen sowohl redundante als auch fehlende Verbindungen zu keinen oder fehlerhaften Prüfergebnissen.

Hinsichtlich der Evaluierung ist kritisch zu vermerken, dass in der Fallstudie keine gezielten Fehlerszenarien implementiert wurden, um die Sensitivität der Regeln quantitativ zu prüfen. Die Korrektheit wird zwar an synthetischen Test- und realen Projektdaten manuell überprüft, eine systematische Quantifizierung der Fehlererkennung bleibt jedoch zukünftigen Arbeiten vorbehalten.

### 5.4 Limitationen der Arbeit mit Ausblick

Die Arbeit ist durch ihren Fokus auf RLT sowie den Planungsprozess des Praxispartners Gruner kontextgebunden. Eine Übertragung der Lösung auf andere Anwendungslandschaften und Gewerke erscheint möglich. Da das PoC keine übergeordnete Ontologie beinhaltet sind die Prüfregele derzeit explizit für das vorliegende IFC-Datenmodell formuliert, wobei hier eine Modellierung nach offenen Standards die notwendigen Anpassungen reduziert. Ein zukünftiger Umstieg auf den GQL-Standard kann zudem die Interoperabilität der Prüfregele stärken.

Zudem führt die Prüfung grösserer Modelle zu einer hohen Anzahl an möglichen Pfadkombinationen. Deren Limitation erfolgt durch die Grenzen des Arbeitsspeichers und bedarf einer zukünftigen Optimierung der Abfrageabfolgen. In diesem Bereich ist auch Optimierungspotenzial durch Veränderung des Detaillierungsgrades des Graphen nach dem neusten Paper von

Zhu (2026) zu erwähnen. Der derzeit verwendeter *Full Graph* mit vollständiger Geometrie der DBM benötigt keine der betrachteten Prüfregeln und lässt sich vereinfachen.

Eine Vertiefung und Ausweitung des PoC auf weitere Prüfgebiete sowie andere Gewerke der Gebäudetechnik liegt auf der Hand. Des Weiteren erscheint eine Koppelung oder Einbindung in einen gängigen Modell-Checker als wertvoll, um eine gleichwertige und kombinierte Prüfmöglichkeit von Attribut, Geometrie und Topologie zu ermöglichen.

Ausserhalb der planerischen Qualitätssicherung eröffnet der angereicherte IFC-Graph weiteres Potenzial für zukünftige Forschungs- und Anwendungsfelder. Ideen dazu sind:

- Ableitung von Prinzipschemata durch Graphabstraktion
- Abfrage von Informationen für Dokumentationen, Berechnungen und Nachweisformulare
- regelbasierte Attribuierung von Bauteilen basierend auf Graphabfragen
- Bereitstellung einer konsistenten Datengrundlage für Anwendungen mit *Graph Machine Learning*, insbesondere für *Graph Neural Networks*

## 6 Fazit mit Ausblick

Die vorliegende Master-Thesis zeigt, dass in der Praxis keine planerische Qualitätssicherung von DBM durch Prüfregeln etabliert ist. Die Analyse identifizierte dafür verschiedene praxisrelevante, aber bisher ungeprüfte Anforderungen in der RLT. Sie deckt zudem auf, dass die automatisierte Umsetzung in gängigen *Model Checkern* an technischen Hürden scheitert, insbesondere für topologischen Prüfregeln. Der entwickelte PoC überwindet diese Hindernisse durch die Konvertierung und Verknüpfung von IFC-Modellen in einem LPG und schafft damit die Grundlage für topologische Prüfungen. Diese Ergebnisse demonstrieren einen gangbaren Weg zur Erschliessung von modellbasierter planerischer Qualitätssicherung.

Die primäre Implikation der Ergebnisse ist der Nachweis, dass eine datenbankorientierte, automatisierte Qualitätsprüfung für verzweigte Leitungsnetze im *openBIM*-Kontext technisch machbar ist. Die kritischste Erkenntnis der Arbeit ist jedoch, dass die grösste Implementierungshürde nicht in der Anwendung von LPG selbst, sondern in der mangelnden Qualität und Konsistenz der zugrundeliegenden Modelldaten liegt. Insbesondere die im PoC aufgedeckten Probleme wie fehlende oder redundante Bauteilverbindungen stellen die zentrale Herausforderung dar. Für die Praxis bedeutet dies, dass der Ansatz nur dann sein Potenzial zur Stärkung der Eigenkontrolle, Erhöhung der Planungsqualität und frühzeitigen Fehlererkennung entfalten kann, wenn eine konsistente Datengrundlage vorliegt.

Als Limitationen sind die Kontextgebundenheit an einen spezifischen Planungsprozess sowie die Beschränkung des PoC auf ausgewählte Anwendungsfälle zu nennen. Zukünftige Forschung sollte sich auf die Optimierung der Abfrageperformanz für komplexe Modelle und die Übertragung des Ansatzes auf weitere gebäudetechnische Gewerke konzentrieren. Darüber hinaus eröffnet der angereicherte LPG weiterführende Potenziale, von der automatisierten Attribuierung bis hin zur Schaffung einer robusten Datengrundlage für *Graph Machine Learning*. Das PoC zeigt damit nicht nur auf, wie sich der IFC-Graph-Ansatz zur planerischen Qualitätssicherung in der Gebäudetechnik nutzen lässt, sondern erschliesst damit die Möglichkeit, um datenbankorientierte Arbeitsweise im *openBIM*-Kontext zu nutzen.

## Literaturverzeichnis

- Barrasa, J., Hodler, A., Webber, J., 2021. *Knowledge Graphs*, 1st edition. ed. O'Reilly Media, Inc.
- Barrasa, J., Webber, J., 2024. *Wissensgraphen aufbauen*. O'Reilly Media, Inc.
- Belton, V., Stewart, T.J., 2002. *Multiple Criteria Decision Analysis*. Springer US, Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>
- BIM-Koordinator, 2025a. *Expertengespräch: Planungsprozess beim Praxispartner Gruner*.
- BIM-Koordinator, 2025b. *Expertengespräch: Planerische Qualitätssicherung in der RLT*.
- VKF 10-15, 2019. *Brandschutzrichtlinie - Begriffe und Definitionen*, VKF.
- VKF 25-15, 2017. *Brandschutzrichtlinie - Lufttechnische Anlagen*, VKF.
- buildingSMART, 2025. *openBIM - buildingSMART International*. URL <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/> (accessed 1.4.26).
- buildingSMART, 2020. IFC4 Documentation [WWW Document]. URL [https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2\\_TC1/HTML/](https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/) (accessed 12.26.25).
- buildingSMART Switzerland, 2025. *Glossar*. URL <https://bauen-digital.ch/publikationen/glossar/> (accessed 1.6.26).
- Büttner, S., Gadola, R., Mangold, G., 2020. *Gute Qualität in der Gebäudetechnik: Eine Selbstverständlichkeit?*
- Casties, M., 2018. *Kapitel 2: Gebäude und Klimatechnik*, VDE Verlag GmbH, in: Hörner, B., Casties, M. (Eds.), *Kapitel 2: Gebäude und Klimatechnik*. VDE Verlag GmbH, Berlin Offenbach.
- Dorst, C., 2021. *Implementierung von BIM im Architektur- und Ingenieurbüro: Ein praktischer Leitfaden*, BIM Basics. bSD Verlag, Berlin.
- EnFK (Ed.), 2018. *Vollzugshilfe EN-105: Lüftungstechnische Anlagen*, EnFK.
- Fachplaner Lüftung, 2025a. *Expertengespräch: Planungsprozess beim Praxispartner Gruner*.
- Fachplaner Lüftung, 2025b. *Expertengespräch: Planerische Qualitätssicherung in der RLT*.
- Fachplaner Lüftung, 2025c. *Expertengespräch: Validierung PoC*.
- Francis, N., Gheerbrant, A., Guagliardo, P., Libkin, L., Marsault, V., Martens, W., Murlak, F., Peterfreund, L., Rogova, A., Vrgoč, D., 2023. *A Researcher's Digest of GQL (Invited Talk)*. <https://doi.org/10.4230/LIPICS.ICDT.2023.1>
- Fricke, J., Overhagen, T., 2025. *Graphentheorie: Eine elementare Einführung in Begriffe, Konzepte, Probleme und Algorithmen*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-70247-5>
- Hörner, B., Casties, M. (Eds.), 2018. *Handbuch der Klimatechnik - Band 2: Anwendungen*, VDE Verlag GmbH. VDE Verlag GmbH, Berlin Offenbach.
- Hubbuch, M., 2020. *Kapitel 2: Komfort und Energie*, Faktor, in: Balmer, M., Hubbuch, M., Sandmeier, E. (Eds.), *Energetische Betriebsoptimierung: Gebäude effizienter betreiben*, Fachbuchreihe «Nachhaltiges Bauen und Erneuern». Faktor, Zürich.
- Huber, H., 2022. *Kapitel 4: Lüfterneuerung*, Faktor Verlag, in: von Euw, R. (Ed.), *Gebäudetechnik: Systeme integral planen*, Fachbuchreihe "Nachhaltiges Bauen und Erneuern." Faktor Verlag, Zürich.
- IDC AG, 2025. *SwissPackage* [WWW Document]. SwissPackage. URL <https://www.idc.ch/so-libri/erweiterungen/swisspackage/> (accessed 9.1.25).
- ISO/IEC 39075, 2024. *Information technology - Database languages - GQL*, ISO/IEC.
- JCC Consulting, 2024. *Graph Query Language GQL - Existing Languages* [WWW Document]. URL <https://www.gqlstandards.org/existing-languages> (accessed 12.24.25).
- Jost, E., Burzic-Kestic, J., Lyhme, L., 2025. *Modellierungsrichtlinie: Für die Modellierung, Prüfung und Visualisierung von Brandschutzinformationen*. IG BIM&BS, Muttenz.
- Kondylakis, H., Dumbrava, S., Lissandrini, M., Yakovets, N., Bonifati, A., Efthymiou, V., Fletcher, G., Plexousakis, D., Tommasini, R., Troullinou, G., Ymeralli, E., 2025. *Property Graph Standards: State of the Art & Open Challenges*. Proc. VLDB Endow. <https://doi.org/10.14778/3750601.3750698>
- Li, S., Wang, J., Xu, Z., 2025. *Automated compliance checking for BIM models based on Chinese-NLP and knowledge graph: an integrative conceptual framework*. Engineering,

- Construction and Architectural Management. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2023-1037>
- Lilis, G.N., Wang, M., Katsigarakis, K., Mavrokapnidis, D., Korolija, I., Rovas, R., 2025. *BIM-based semantic enrichment and knowledge graph generation via geometric relation checking*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106081>
- Malenchino, V., 2024. *GQL is Here: Your Cypher Queries in a GQL World*. Graph Database & Analytics. URL <https://neo4j.com/blog/cypher-and-gql/cypher-gql-world/> (accessed 12.24.25).
- SN 546382-1, 2025. *Mechanische Lüftung in Gebäuden - Grundlagen und Anforderungen*, SIA.
- Neo4j, 2025. GQL conformance - Cypher Manual [WWW Document]. Neo4j Graph Data Platform. URL <https://neo4j.com/docs/cypher-manual/25/appendix/gql-conformance/> (accessed 12.24.25).
- Ozsoy, M.G., Messallem, L., Besga, J., Minneci, G., 2024. *Text2Cypher: Bridging Natural Language and Graph Databases*. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2412.10064>
- Pauwels, P., Zhang, S., Lee, Y.-C., 2017. *Semantic web technologies in AEC industry: A literature overview*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.003>
- Pfeifer, B., Berlizev, I., 2025. *Kapitel 11: BIM in der TGA Planung*, bSD Verlag, in: Wimmer, R., Bartels, N., Maile, T. (Eds.), Next Generation BIM: Für Praxis und Lehre, BIM Professional. bSD Verlag, Berlin.
- Preidel, C., 2025. *Kapitel 19 Modellbasierte Koordination und Prüfung*, bSD Verlag, in: Wimmer, R., Bartels, N., Maile, T. (Eds.), Next Generation BIM: Für Praxis und Lehre, BIM Professional. bSD Verlag, Berlin.
- Preidel, C., Borrmann, A., Beetz, J., 2021. *Kapitel 23: Prüfung der Einhaltung von Normen und Richtlinien mittels BIM*, Springer Fachmedien Wiesbaden, in: Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Eds.), Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, VDI-Buch. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4>
- Projektleiter Lüftung, 2025. *Expertengespräch: Planerische Qualitätssicherung in der RLT*.
- Projektleiterin QS HLK, 2025. *Expertengespräch: Evaluierung PoC*.
- SNR 592024, 2021. *Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik*, SIA.
- Spahn, M., Schaller, A., 2023. *BIM im Reinraum- und Laborbereich: Planung, Ausschreibung, Ausführung und Qualifizierung*, BIM Professional. bSD Verlag, Berlin.
- Spezialist Simulation, 2025. *Expertengespräch: Planungsprozess beim Praxispartner Gruner*.
- Suhr, J., 1999. *The choosing by advantages decisionmaking system*. Quorum, Westport, Conn.
- suissetec, 2024. *Qualitätssicherung (QS) in der Gebäudetechnik: effektiv und effizient*, Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband.
- Tulke, J., René Schumann, 2021. *Kapitel 20: BIM zur Unterstützung der ingenieurtechnischen Planung*, Springer Fachmedien Wiesbaden, in: Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Eds.), Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, VDI-Buch. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4>
- Unternehmer Lüftung, 2025. *Expertengespräch: Planerische Qualitätssicherung in der RLT*.
- von Euw, R., Alimpic, Z., Heinrich, H., Schrader, B., Nipkow, J., Steiger, O., Bucher, C., 2022. *Gebäudetechnik Systeme integral planen*, 2. aktualisierte Auflage. ed. Faktor Verlag, Zürich.
- Wang, C., Zhang, L., Yan, W., 2024. *Enhancement and validation of ifcOWL ontology based on Shapes Constraint Language (SHACL)*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105293>
- Wermke, M., Kunkel-Razum, K., Scholze-Stubenrecht, W. (Eds.), 2012. *Duden - Die deutsche Rechtschreibung*, 25. ed, Der Duden in zwölf Bänden. Dudenverlag, Mannheim Wien Zürich.
- Wu, J., Nousias, S., Borrmann, A., 2025. *Design Healing framework for automated code compliance*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106004>

- Yin, M., Tang, L., Webster, C., Li, J., Li, H., Wu, Z., Cheng, R.C.K., 2023. *Two-stage Text-to-BIMQL semantic parsing for building information model extraction using graph neural networks*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104902>
- Zhang, R., El-Gohary, N., 2023. *Transformer-based approach for automated context-aware IFC-regulation semantic information alignment*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104540>
- Zhu, J., 2025. URL <https://www.linkedin.com/in/junxiang-zhu-71a97060/recent-activity/all/> (accessed 1.2.26).
- Zhu, J., Nisbet, N., Kang, R., Wen, Y., Wang, M., Brilakis, I., 2026. *Revealing the internal structure of IFC-Graph for efficient querying and knowledge discovery*. Advanced Engineering Informatics. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.104229>
- Zhu, J., Nisbet, N., Yin, M., Wei, R., Brilakis, I., 2025a. *Releasing the power of graph for building information discovery*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106034>
- Zhu, J., Wong, M.O., Nisbet, N., Xu, J., Kelly, T., Zlatanova, S., Brilakis, I., 2025b. *Semantics-based connectivity graph for indoor pathfinding powered by IFC-Graph*. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106019>
- Zhu, J., Wu, P., Lei, X., 2023. *IFC-graph for facilitating building information access and query*, Elsevier BV. Automation in Construction. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104778>

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungsverzeichnis:

- Abbildung 1: *Geometric Relation Checking* durch geometrische Auswertung (in Anlehnung an Lilis et al., 2025, p. 10)
- Abbildung 2: Der Bildausschnitt aus Anhang A1 zeigt die Phasen 2 bis 5 mit ihren Arbeitsblöcken, eingesetzten Methoden und Zuordnung in den Problem- oder Lösungsraum.
- Abbildung 3: Die dargestellten Kriterien des Sampling der prozessvisualisierenden Expertengespräche maximieren die Rollenvielfalt unter Sicherstellung von beruflicher Erfahrung beim Praxispartner.
- Abbildung 4: Die dargestellten Kriterien des Sampling der semi-strukturierten Expertengespräche maximieren Perspektivenvielfalt unter Sicherstellung von beruflicher Erfahrung.
- Abbildung 5: Ablauf der systematischen Wahl der Anwendungsfälle für das PoC.
- Abbildung 6: Methodisches Vorgehen zur Entwicklung des PoCs
- Abbildung 7: Der abstrahierte Planungsprozess des Fachplaners Lüftung.
- Abbildung 8: Konzept des PoC sowie dessen abgegrenzter Bearbeitungsperimeter.
- Abbildung 9: Ein Auszug des IFC-Datenmodells mit den zentralen Verbindungen und Entitäten des DBM RLT als Klassendiagramm. Die zwei genutzten Konzepte sind *IfcSystems* zur Gruppierung von Luftarten sowie die Verbindung von RLT-Bauteilen über *IfcRelConnectsPorts*.
- Abbildung 10: Klassendiagramm des Raumbuchs zur Entwicklung der CSV-Schnittstelle
- Abbildung 11: Konzeptuelle Softwarearchitektur des PoC mit den gewählten Technologien
- Abbildung 12: Vereinfachtes Klassendiagramm mit den zentralen Subklassen der drei Datenmodelle zur Darstellung des modellübergreifenden *Mappings*
- Abbildung 13: Prozessablauf der manuellen Interaktionen zur Anwendung des PoC
- Abbildung 14: Prozessablauf von Skript 1 zur Erstellung des Graphen
- Abbildung 15: Prozessablauf von Skript 2 zur Abfrage des Graphen
- Abbildung 16: Darstellung der Modulstruktur des PoC inkl. der Zuordnung aller implementierten Funktionen
- Abbildung 17: Aufgrund redundanter Verbindungen sind 1'296 Kombinationsmöglichkeiten zwischen dem roten Ventilator und dem vierten, blauen RLT-Bauteil anstelle einer einzigen möglich.

### Tabellenverzeichnis:

- Tabelle 1: Punkteverteilschlüssel für die normative Grundlage der Prüfung
- Tabelle 2: Punkteverteilschlüssel für die Häufigkeit der Prüfung
- Tabelle 3: Ergebnis der von den Fachpersonen genannten praxisrelevanten Prüfgebieten
- Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse aus der technischen Validierung
- Tabelle 5: Gesamtergebnis der Kategorisierung, Vorauswahl und Wahl der Prüffälle für den PoC
- Tabelle 6: RLT-Bauteile und deren IFC-Entitäten nach dem Datenschema von IFC4
- Tabelle 7: Verwendete vordefinierte Typen (*PredefinedType*) zur Beschreibung von CAVs, VAVs und BKSs
- Tabelle 8: Modellierungsrichtlinien für das DBM-Raummodell
- Tabelle 9: CSV-Schnittstelle für das Raumbuch
- Tabelle 10: Alle Prüfregelein, gegliedert nach deren Anwendungsfällen mit fachlichem Kontext und Prüfregel, deren technischer Umsetzung, deren Ergebnisse der *Testings* mit synthetischen Daten sowie den gewonnenen Erkenntnissen.
- Tabelle 11: Erwartete Regelabweichungen bei Durchführung der Fallstudie
- Tabelle 12: Gegenüberstellung der erhaltenen und der erwarteten Regelabweichungen für die Fallstudien
- Tabelle 13: Zusammenstellung der Ergebnisse zur Interoperabilitätsprüfung der ausgegebenen BCF-Dateien

## Hilfsmittelverzeichnis

Assistenzsystem	Teile der Arbeit	Art des Einsatzes
Better Notes for Zotero	Gesamte Arbeit	Verwaltung Notizen Gespräche Verwaltung Notizen Literatur Rohfassung der State of the Art
ChatGPT	PoC	Korrektur und Verbesserung von Code und Abfragen
Claude / ChatGPT	Gesamte Dokumentation	Kürzen von Textstellen Umformulieren von verschachtelten Sätzen Übersetzung des Abstracts
DeepL	Literaturrecherche	Stellenweise Übersetzung von Literatur von Englisch auf Deutsch
Excalidraw	Grafiken	Erstellung von Skizzen
Google	Freie Recherche / PoC	Undokumentierte, freie Recherche
IEEE Xplore	Literaturrecherche	Systematische Literaturrecherche
iMovie	Demovideo	Schneiden der Bildschirmaufnahmen
Inkscape	Demovideo	Konvertierung von Bildformaten
Microsoft Excel	Tabellen	Erstellung von Tabellen und Auswertungen
Microsoft PowerPoint	Besprechung	Folien für als Besprechungsgrundlagen
Microsoft PowerPoint	Grafiken	Erstellung von Grafiken
Microsoft PowerPoint	Demovideo	Erstellen der Informationsgrafiken
Microsoft Word inkl. Duden-Mentor	Gesamte Dokumentation	Erstellung der Dokumentation und Rechtschreibprüfung
Miro	Grafiken / Anhänge	Erstellung von Grafiken Erstellung von schnellen Notizen Zusammenstellung / Verwaltung der Anhänge
Neo4j	PoC	Graphdatenbank von PoC, Entwicklung der Graphabfragen
NotebookLM	Fazit, Abstract	Erstellung einer ersten Rohfassung
NotebookLM	Glossar	Quellen zu Begriffsdefinitionen
Notepad++	PoC	Analyse von Dateiinhalten
OBS Studio	Demovideo	Aufzeichnen des Bildschirms
OpenAlex	Literaturrecherche	Systematische Literaturrecherche
PDF24	Dokumentation, Anhang	Zusammenfügen von PDF-Dateien Ändern von PDF-Seitengrößen
Perplexity	Freie Recherche	Undokumentierte, freie Recherche
Scopus	Literaturrecherche	Systematische Literaturrecherche
Swissrecovery	Literaturrecherche	Literaturrecherche von Fachliteratur
Visual Studio Code	PoC	Implementierung des PoC Erstellung der Skripts
Zotero	Gesamte Arbeit	Literaturverwaltung

## Anhangs- und Beilagenverzeichnis

### Anhang A: Anhang öffentlich

- Anhang A1: Methode: Vorgehen und Grobterminplan
- Anhang A2: Systematische Literaturrecherche: Rechercheprotokoll
- Anhang A3: Prozessvisualisierende Expertengespräche: Sampling-Kriterien
- Anhang A4: Prozessvisualisierende Expertengespräche: Einverständniserklärung
- Anhang A5: Prozessvisualisierende Expertengespräche: Gesprächsleitfaden
- Anhang A6: Prozessvisualisierende Expertengespräche: Gesprächsergebnis als BPMN-Diagramm
- Anhang A7: Prozessvisualisierende Expertengespräche: Planungsprozess Gruner nachbereitet
- Anhang A8: Prozessvisualisierende Expertengespräche: Planungsprozess Gruner abstrahiert
- Anhang A9: Prozessvisualisierende Expertengespräche: Softwarelandschaft Gruner
- Anhang A10: Semi-strukturierte Expertengespräche: Sampling-Kriterien
- Anhang A11: Semi-strukturierte Expertengespräche: Einverständniserklärung
- Anhang A12: Semi-strukturierte Expertengespräche: Gesprächsleitfaden
- Anhang A13: Semi-strukturierte Expertengespräche: Aktennotizen
- Anhang A14: Validierung technischer Hürden: IFC-Import
- Anhang A15: Validierung technischer Hürden: IFC-Export
- Anhang A16: Validierung technischer Hürden: Limitation von Prüfplattformen
- Anhang A17: Prüffälle: Prüffälle und erwartete Informationsanforderungen
- Anhang A18: Prüffälle: Kategorisierung durch Nutzwertanalyse Kompliziertheit
- Anhang A19: Prüffälle: Vorwahl durch Nutzwertanalyse Relevanz
- Anhang A20: Prüffälle: Wahl durch Choosing by Advantages
- Anhang A21: Prüffälle: Zusammenstellung des Gesamtergebnisses
- Anhang A22: PoC – Konzeptidee und Anforderung: Einbindung in Planungsprozess
- Anhang A23: PoC – Konzeptidee und Anforderung: Abgrenzung PoC
- Anhang A24: PoC – Datenmodelle der Eingabe: DBM RLT
- Anhang A25: PoC – Datenmodelle der Eingabe: Raumbuch RLT
- Anhang A26: PoC – Konzeptueller Entwurf: Recherche und Wahl Graph-Datenbank
- Anhang A27: PoC – Implementierung: Quellcode
- Anhang A28: PoC – Implementierung AF01
- Anhang A29: PoC – Implementierung AF02
- Anhang A30: PoC – Implementierung AF03
- Anhang A31: Evaluierung: Grundlagen Fallstudie
- Anhang A32: Evaluierung: Fallstudie Durchführung 01
- Anhang A33: Evaluierung: Fallstudie Durchführung 02
- Anhang A34: Evaluierung: Interoperabilität der Ausgabe
- Anhang A35: Evaluierung: Anwendungsinteresse

### Anhang B: Anhang intern

**Hinweis:** Anhang B ist aufgrund der vereinbarten Datenschutzbestimmungen als intern klassifiziert und eine Veröffentlichung untersagt.  
Zur Einsichtnahme ist eine Kontaktaufnahme mit dem Thesis-Begleiter Prof. Lukas Schildknecht erforderlich.

- Anhang B1: Einverständniserklärungen: Prozessvisualisierende Expertengespräche
- Anhang B2: Einverständniserklärungen: Semi-strukturierte Expertengespräche
- Anhang B3: Einverständniserklärungen: Expertengespräche Validierung

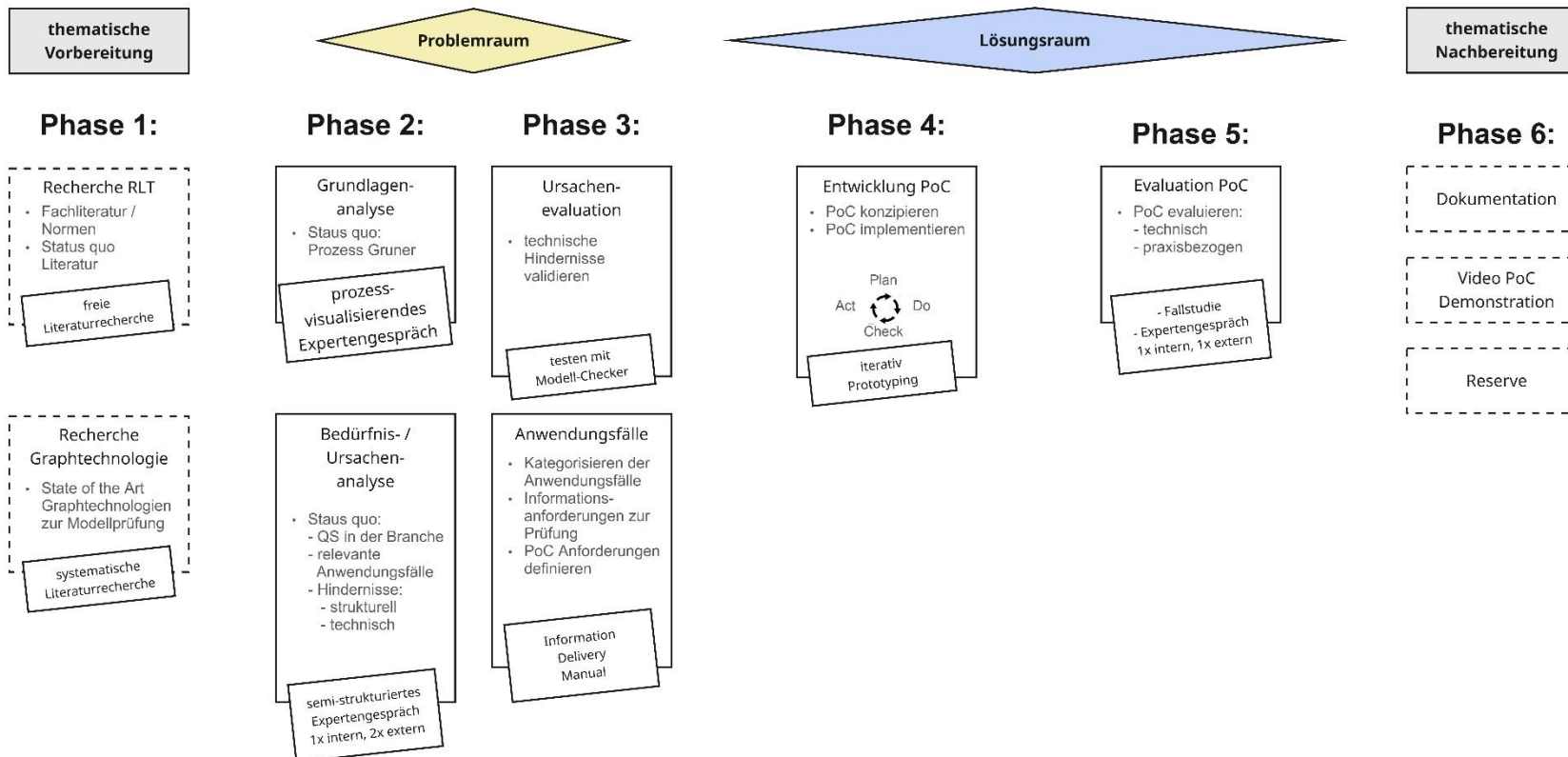
**Anhang C: Beilagen**

<b>Dateiname</b>	<b>Dateiinhalte</b>
B0_Anhang intern.pdf	Unterzeichnete Einverständniserklärungen gemäss Anhang B
C1_PoC_Quellcode.zip	Quellcode vom PoC: - Paket <i>ifcgraph4rlt</i> mit 4 Modulen - Skript 01 - Skript 02 - Textdatei mit benutzen Python-Librarys
C2_AF01_Entwicklung.zip	Synthetische Daten von AF01: - 4 DBM RLT
C3_AF02_Entwicklung.zip	Synthetische Daten von AF02: - 1 DBM RLT - 2 DBM Raum - 12 Raumbücher
C4_AF03_Entwicklung.zip	Synthetische Daten von AF03: - 1 DBM RLT - 1 DBM Raum
C5_PoC_Demodaten.zip	Synthetische Daten für Demonstrationsvideo: - 1 DBM RLT - 1 DBM Raum - 1 Raumbuch - 1 BCF-Datei
C6_PoC_Demovideo.mp4	Demonstrationsvideo PoC

## Anhang A

# Anhang A1: Methode Vorgehen und Grobterminplan

August 25				September 25				Oktober 25				November 25				Dezember 25				Januar 26															
KW 32	KW 33	KW 34	KW 35	KW 36	KW 37	KW 38	KW 39	KW 40	KW 41	KW 42	KW 43	KW 44	KW 45	KW 46	KW 47	KW 48	KW 49	KW 50	KW 51	KW 52	KW 01	KW 02	KW 03	KW 04											
Start inoffiziell				Start offiziell				Bazar				A: Proposal				Abschluss Phase 2+3				Militär				Abschluss Phase 4+5				A: MTH & Abstract							
Vorrecherche				Phase 1: Proposal				Phase 2: Grundlagen- / Bedürfnis- / Ursachenanalyse				Phase 3: Evaluieren Ursachen / Anwendungsfälle				Phase 6: Dokumentation Phase 2 und 3				Phase 4: Entwicklung PoC				Phase 5: PoC Evaluation				Phase 6: Dokumentation				Reserve			



### 1.1 Fragestellungen Recherche

Recherchefrage	Fragestellung
Recherchefrage 1	Wie definiert und erfolgt Qualitätssicherung in der modellbasierten Gebäudeplanung?
Recherchefrage 2	Welche Ansätze der planerischen Qualitätssicherung verwendet die Gebäudetechnikplanung?
Recherchefrage 3	Welche graphbasierten Technologien und Ansätze existieren zur Analyse von DBM?

### 1.2 Festlegung Rechercheprinzip

Recherchefrage	Rechercheprinzip
	Begründung
Recherchefrage 1	Keyword-Suche und Citation Pearl Growing
	Etabliertes Forschungsfeld mit umfangreicher deutschsprachiger Literatur. Pearl Growing zur Identifikation von Schlüsselautoren /-literatur
Recherchefrage 2	Freie Recherche und Keyword-Suche
	Zur Erfassung des dokumentierten Status quo der Branche. Einbindung grauer Literatur wie Merkblätter von Verbänden.
Recherchefrage 3	Building Block Approach und Citation Pearl Growing
	Möglichst viele relevante Treffer erfassen, um aktuelle Forschungsansätze zu identifizieren.

### 1.3 Festlegung Datenbanken

In Ergänzung zu freien Recherchen sind Suchen erfolgen Suchabfragen in den nachfolgend ausgewiesenen Datenbanken.

Datenbank	Bezeichnung	Recherchefrage		
	Begründung	1	2	3
Datenbank 1	OpenAlex	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Open Access-Fokus, breite interdisziplinäre Abdeckung, grosse Reichweite			
Datenbank 2	Scopus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Grösste Zitationsdatenbank, umfassende Verlagsabdeckung für BIM/Bautechnik			
Datenbank 3	IEEE Xplore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Datenbank für Computer Science			
Datenbank 4	Swissrecovery	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Datenbank der Schweizer Hochschulen, lokaler Bezug			

## 1.4 Recherchefrage 3: Block Building Approach

### Suchkomponenten

Suchkomponente	Bezeichnung
Suchkomponente 1	Graphtechnologie
Suchkomponente 2	BIM / digitales Bauwerksmodell
Suchkomponente 3	Modellprüfung

### Identifikation von Stichwörtern und Trunkierung

Suchkomponente	Stichwörter	
	Original	Trunkiert
Suchkomponente 1: Graphtechnologie	"graph database" "graph technology" "graph query language" "property graph" "knowledge graph" "graph-based"	"*graph*"
Suchkomponente 2: Digitales Gebäude	"*BIM*" "building information modeling" "building model" "digital building model" "*IFC*" "industry foundation classes" "OpenBIM" "ClosedBIM" "IFC4"	"*BIM*" "building information model*" "building model*" "digital building model*" "*IFC*" "industry foundation class*"
Suchkomponente 3: Modellprüfung	"analysis" "query" "processing" "model checking" "detection" "validation" "verification" "compliance checking" "automated compliance checking" "code compliance" "rule checking" "quality assurance" "error detection" "clash detection"	"analy*" "quer*" "processing" "check*" "detect*" "validat*" "verificat*" "qualit*"

## Datenbankabhängige Suchstring

Datenbank	Suchstring
<b>Datenbank 1:</b> OpenAlex	<p>Block 1 AND Block 2:            (**graph**) AND (**BIM** OR "building information model**" OR "building model**" OR "digital building model**" OR **IFC** OR "industry foundation class**")</p> <p>Block 1 AND Block 2 AND Block 3:            (**graph**) AND (**BIM** OR "building information model**" OR "building model**" OR "digital building model**" OR **IFC** OR "industry foundation class**") AND ("analy**" OR "quer**" OR "processing" OR "check**" OR "detect**" OR "validat**" OR "verificat**" OR "qualit**")</p>
<b>Datenbank 2:</b> Scopus	<p>Block 1 AND Block 2:            (graph* OR *graph) AND (*BIM OR BIM* OR "building information model*" OR "digital building model*" OR "building model*" OR *IFC OR IFC* OR "industry foundation class**")</p> <p>Block 1 AND Block 2 AND Block 3:            (graph* OR *graph) AND (*BIM OR BIM* OR "building information model*" OR "building model*" OR "digital building model*" OR *IFC OR IFC* OR "industry foundation class**") AND (analy* OR quer* OR processing OR check* OR detect* OR validat* OR verificat* OR qualit*)</p>
<b>Datenbank 3</b> IEEE Xplore	<p>Block 1 AND Block 2:            (**graph**) AND ((**BIM**) OR ("building information model**") OR ("building model**") OR ("digital building model**") OR (**IFC**) OR ("industry foundation class**"))</p> <p>Block 1 AND Block 2 AND Block 3:            (**graph**) AND ((**BIM**) OR ("building information model**") OR ("building model**") OR ("digital building model**") OR (**IFC**) OR ("industry foundation class**")) AND (("analy**") OR ("quer**") OR ("processing") OR ("check**") OR ("detect**") OR ("validat**") OR ("verificat**") OR ("qualit**"))</p>

## Ergebnis Datenbanksuche

Datum: 25.08.2025

Datenbank	Suchtreffer		
	Datenbank 1: Open Alex	Datenbank 2: Scopus	Datenbank 3: IEEE Xplore
<b>Suche 1:</b> Abstrakt oder Titel Block 1 + 2	768	12'192	4'172
<b>Suche 2:</b> Abstrakt oder Titel Block 1 + 2 + 3	334	5'908	3'047
<b>Suche 3:</b> Datum 2020-2025	170	3'044	1'246
<b>Suche 4:</b> Thema: Engineering / Construction	49	1'151	332
<b>Suche 5:</b> Schlagwort: BIM / IFC	24	413	325
<b>Suche 6:</b> Dokumentenart: Artikel	20	255	69
<b>Ausschluss:</b> Duplikate	331 (-12 Duplikate)		
<b>Ausschluss:</b> Titelscreening: Themenfremd  Ausschlusskriterien: Scan2BIM, HBIM, Infrastruktur, Über- wachung, AR/VR	104 (-227)		
<b>Ausschluss:</b> Abstract Screening: Themenfremd  Ausschlusskriterien: Scan2BIM, Infra- struktur, Überwa- chung, Visualisie- rung, IoT, Nachhalt- tigkeit, Vorfabrika- tion, Echtzeitdaten, Arbeitsschutz, Blockchain, gra- phisch	<b>Relevant</b> 11	<b>Teilrelevant</b> 39	<b>Ausgeschossen</b> 54

# Anhang A3: Prozessvisualisierende Expertengespräche

## Sampling-Kriterien

Sampling-Kriterien						
Minimierungsstrategie				Maximierungsstrategie		
Businessunit	Erfahrung in Grossprojekt	Berufserfahrung	Zugehörigkeit Unternehmen	berufliche Rolle		
BSBE	Mitglied Projektteam von Grossprojekt	> 5 Jahre	> 5 Jahre	min. 1x Fachplaner*in RLT	min.1x Spezialist*in Simulation	min.1x BIM-Koordinator*in
übereinstimmender Planungsprozess	abgestimmte Planungsabläufe	praktische Erfahrung	gefestigte interne Abläufe	Vielfalt der Rollen und Perspektiven, denn alle haben andere Aufgaben		

# Anhang A4: Prozessvisualisierende Expertengespräche

## Einverständniserklärung

### Einverständniserklärung zur Teilnahme am Expertengespräch zum Thema Planerische Qualitätssicherung in der RLT im Rahmen einer Masterthesis

#### Kontaktinformation Studienverantwortung:

Jonas Heutschi  
Weiermattenweg 5  
CH-4623 Neuendorf  
jonas.heutschi@students.fhnw.ch

#### Bemerkung:

Zur Einhaltung des vereinbarten Datenschutzes liegen die eingeholten Einverständniserklärungen im intern klassifizierten Anhang B bei.

#### Teilnahme am Expertengespräch

Die Teilnahme am Interview umfasst ein maximal einstündiges Gespräch, das zur späteren wissenschaftlichen Auswertung aufgezeichnet wird. Die Gesprächsthemen handeln um den aktuellen unternehmensinternen Planungsprozess in Ihrem Fachbereich (Lüftungsplanung, thermische Gebäudesimulation oder BIM-Koordination). Ziel des Gesprächs ist die gemeinsame Visualisierung des aktuellen unternehmensinternen Planungsprozesses als Grundlage für die weitere Masterthesis.

#### Rückruf von der Teilnahme oder Widerruf der Einwilligung

Die Teilnahme am Interview ist freiwillig. Sie haben jederzeit das Recht, ohne Angabe von Gründen von der Teilnahme am Interview zurückzutreten. Sie haben ebenfalls das Recht, Ihre Einwilligung zu widerrufen und Ihre personenbezogenen Daten löschen zu lassen.

#### Datenschutz

Die Nutzung der im Rahmen des Interviews erhobenen Daten erfolgt ausschliesslich für diese Masterthesis. Ihr Name oder andere Angaben zu Ihrer Identität werden vertraulich behandelt, nicht publiziert und nicht an Dritte weitergegeben. Ihr Beitrag wird in anonymisierter oder pseudonymisierter Form gespeichert und nach Abschluss der Arbeit gelöscht.

#### Einverständniserklärung

Ich habe die Informationen in dieser Erklärung gelesen und verstanden. Mir wurde die Möglichkeit eingeräumt, Fragen zur Studie zu stellen und diese wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich gebe mein Einverständnis, an dieser Studie teilzunehmen und gebe meine Erlaubnis für die Aufbewahrung und Verwendung meiner im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten.

Experte / Expertin: .....

Gesprächsleitung: .....

Ort, Datum: .....

Ort, Datum: .....

Unterschrift: .....

Unterschrift: .....

# Anhang A5: Prozessvisualisierende Expertengespräche

## Gesprächsleitfaden | Fachplaner Lüftung

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<b>Gesprächseinstieg</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Thema Masterthesis</li> <li>o Zweck und Vorgehen des Gesprächs</li> <li>o Einverständniserklärung</li> <li><b>o Zustimmung einholen</b></li> <li>o Kurze Erläuterung BPMN</li> <li>Freie Verwendung von Miro und Whiteboard</li> </ul>			
<b>Thema 1:</b> Sequenzfluss	<p>Wer ist alles im Planungsprozess beteiligt? (Swimlanes)</p> <p>Welche Tätigkeiten werden zwischen dem Eingang eines Fachmodells Architektur und dem Ausgang eines Fachmodells RLT chronologisch ausgeführt?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Bedürfnisse</li> <li>o Raumbuch</li> <li>o Bedarfsermittlung</li> <li>o Modellierung</li> <li>o Attribuierung</li> <li>o Koordination</li> <li>o Qualitätskontrolle</li> <li>o Programme</li> </ul>	<p>Wie ...?</p> <p>Womit ...?</p> <p>Was folgt auf ...?</p> <p>Was erfolgt vor ...?</p>	<p>Sequenzfluss der Tätigkeiten im Planungsprozess ermitteln</p> <p>Genutzte Softwarelandschaft erfassen</p>
<b>Thema 2:</b> Informationsfluss	<p>Wenn wir den Prozess jetzt noch einmal von vorne betrachten, welche Informationsgrundlagen benötigst du für die jeweiligen Schritte und von wem / woher beziehst du sie?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Datenformate</li> <li>o Informationsquellen</li> </ul>	<p>In welcher Form ...?</p> <p>Welche ... benötigst du um ...?</p> <p>Woher bekommst du ...?</p> <p>Von wem bekommst du ...?</p>	<p>Informationsfluss / -anforderungen zwischen den Tätigkeiten im Planungsprozess ermitteln</p>
<b>Gesprächsende</b>	<p>Jetzt kurz vor Ende habe ich noch eine offene Frage, was würdest du als Fachperson am Prozess ändern, um die Qualität zu verbessern?</p> <p><b>o Bedanken</b></p>			

## Gesprächsleitfaden | Spezialist Simulation

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<b>Gepsrächseinstieg</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Thema Masterthesis</li> <li>o Zweck und Vorgehen des Gesprächs</li> <li>o Einverständniserklärung</li> <li><b>o Zustimmung einholen</b></li> <li>o Kurze Erläuterung BPMN</li> <li>Freie Verwendung von Miro und Whiteboard</li> </ul>			
<b>Thema 1:</b> Sequenzfluss	<p>Wer ist alles im Planungsprozess beteiligt? (Swimlanes)</p> <p>Welche Tätigkeiten werden zwischen dem Eingang eines Fachmodells Architektur und der Kommunikation der Simulationsresultate durch dich ausgeführt?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Preprocessing</li> <li>o Simulation</li> <li>o Postprocessing</li> <li>o Datenweitergabe</li> <li>o Qualitätssicherung</li> <li>o Programme</li> <li>o Grundlagen</li> <li>o Raumbuch</li> </ul>	<p>Wie ...?</p> <p>Womit ...?</p> <p>Was folgt auf ...?</p> <p>Was erfolgt vor ...?</p>	<p>Sequenzfluss der Tätigkeiten im Planungsprozess ermitteln</p> <p>Genutzte Softwarelandschaft erfassen</p>
<b>Thema 2:</b> Informationsfluss	<p>Wenn wir den Prozess jetzt noch einmal von vorne betrachten, welche Informationsgrundlagen benötigst du für die jeweiligen Schritte und von wem / woher beziehst du sie?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Datenformate</li> <li>o Informationsquellen</li> </ul>	<p>In welcher Form ...?</p> <p>Welche ... benötigst du um ...?</p> <p>Woher bekommst du ...?</p> <p>Von wem bekommst du ...?</p>	<p>Informationsfluss / -anforderungen zwischen den Tätigkeiten im Planungsprozess ermitteln</p>
<b>Gesprächsende</b>	<p>Jetzt kurz vor Ende habe ich noch eine offen Frage, was würdest du als Fachperson am Prozess ändern, um die Qualität zu verbessern?</p> <p><b>o Bedanken</b></p>			

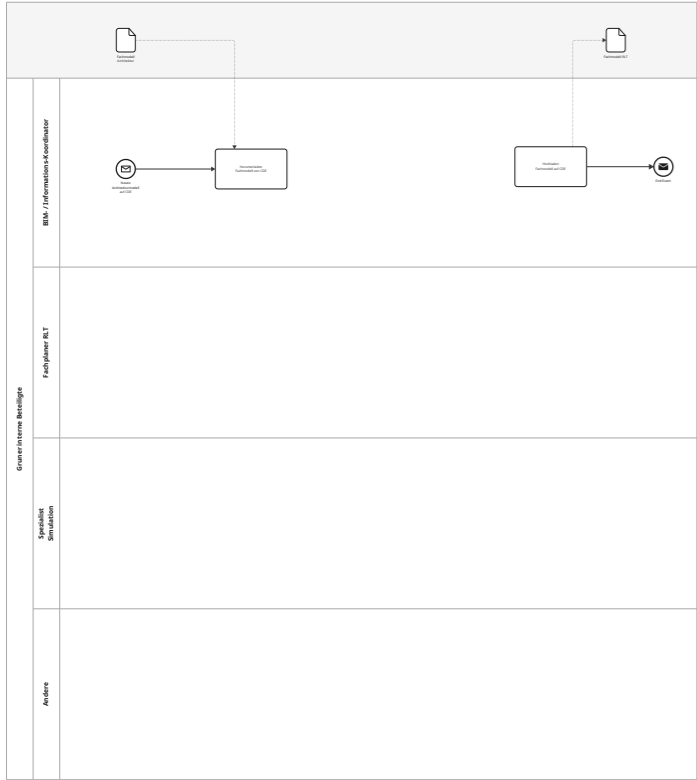
## Gesprächsleitfaden | BIM-Koordinator

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<b>Gesprächseinstieg</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Thema Masterthesis</li> <li>o Zweck und Vorgehen des Gesprächs</li> <li>o Einverständniserklärung</li> <li><b>o Zustimmung einholen</b></li> <li>o Kurze Erläuterung BPMN</li> <li>Freie Verwendung von Miro und Whiteboard</li> </ul>			
<b>Thema 1:</b> Sequenzfluss	<p>Wer ist alles im Planungsprozess beteiligt? (Swimlanes)</p> <p>Welchen Tätigkeiten gehst du zwischen dem Eingang eines neuen Projektes bis und mit der räumlichen Koordination der Leitungen nach?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Nova-Projekt eröffnen</li> <li>o Raumbuch</li> <li>o Templates erstellen</li> <li>o Auto-Exporte</li> <li>o Koordination</li> </ul>	<p>Wie ...?</p> <p>Womit ...?</p> <p>Was folgt auf ...?</p> <p>Was erfolgt vor ...?</p>	<p>Sequenzfluss der Tätigkeiten im Planungsprozess ermitteln</p> <p>Genutzte Softwarelandschaft erfassen</p>
<b>Thema 2:</b> Informationsfluss	<p>Wenn wir den Prozess jetzt noch einmal von vorne betrachten, welche Informationsgrundlagen benötigst du für die jeweiligen Schritte und von wem / woher beziehst du sie?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Datenformate</li> <li>o Informationsquellen</li> </ul>	<p>In welcher Form ...?</p> <p>Welche ... benötigst du um ...?</p> <p>Woher bekommst du ...?</p> <p>Von wem bekommst du ...?</p>	<p>Informationsfluss / -anforderungen zwischen den Tätigkeiten im Planungsprozess ermitteln</p>
<b>Gesprächsende</b>	<p>Jetzt kurz vor Ende habe ich noch eine offene Frage, was würdest du als Fachperson am Prozess ändern, um die Qualität zu verbessern?</p> <p><b>o Bedanken</b></p>			

# Anhang A6: Prozessvisualisierende Expertengespräche

## Gesprächsergebnis als BPMN-Diagramm

BPMN-Diagramm vor dem Gespräch mit dem Fachplaner Lüftung:

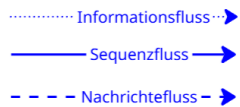


**Legende:**

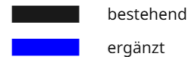
**Symbole:**



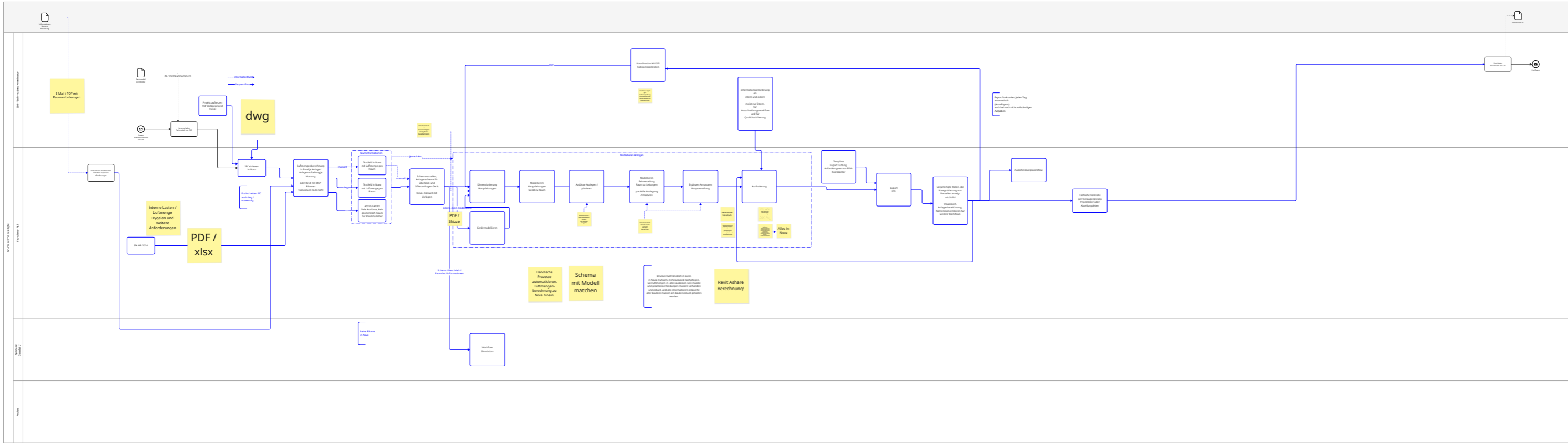
**Pfeile:**



**Farben:**

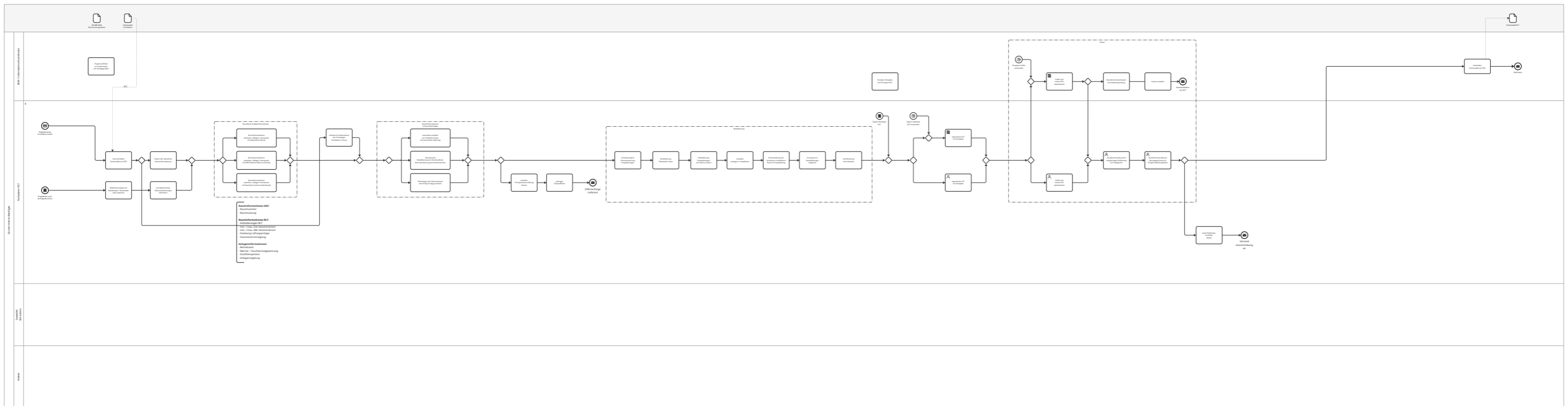


BPMN-Diagramm nach dem Gespräch mit dem Fachplaner Lüftung:

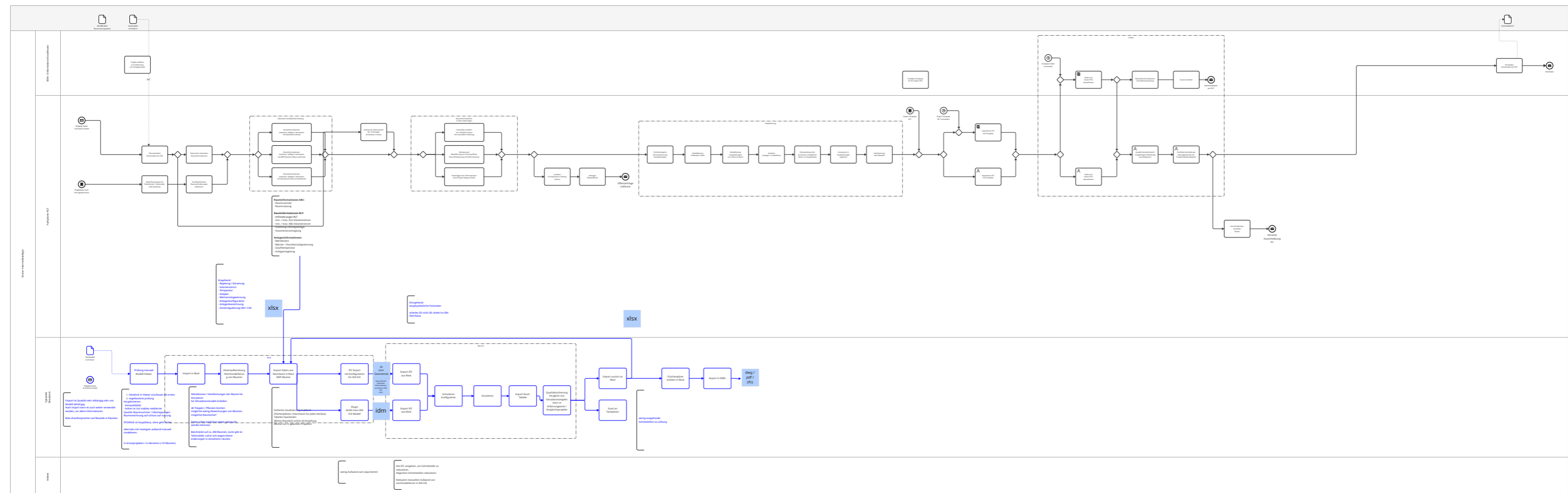


# Gesprächsergebnis als BPMN-Diagramm

BPMN-Diagramm vor dem Gespräch mit dem Spezialist Simulation:

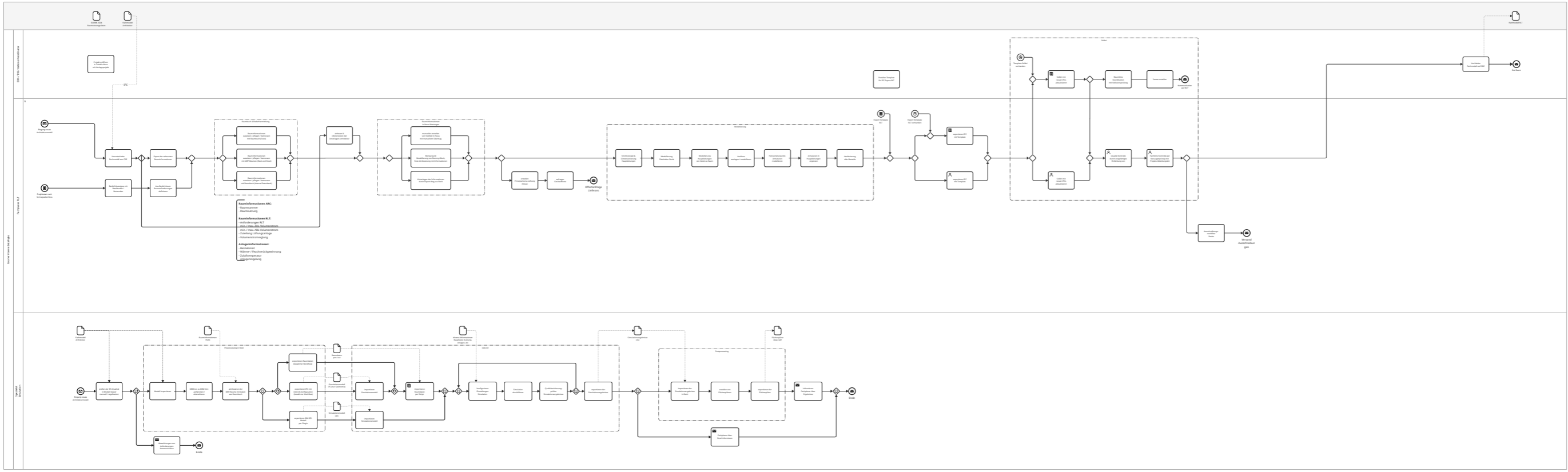


BPMN-Diagramm nach dem Gespräch mit dem Spezialist Simulation:

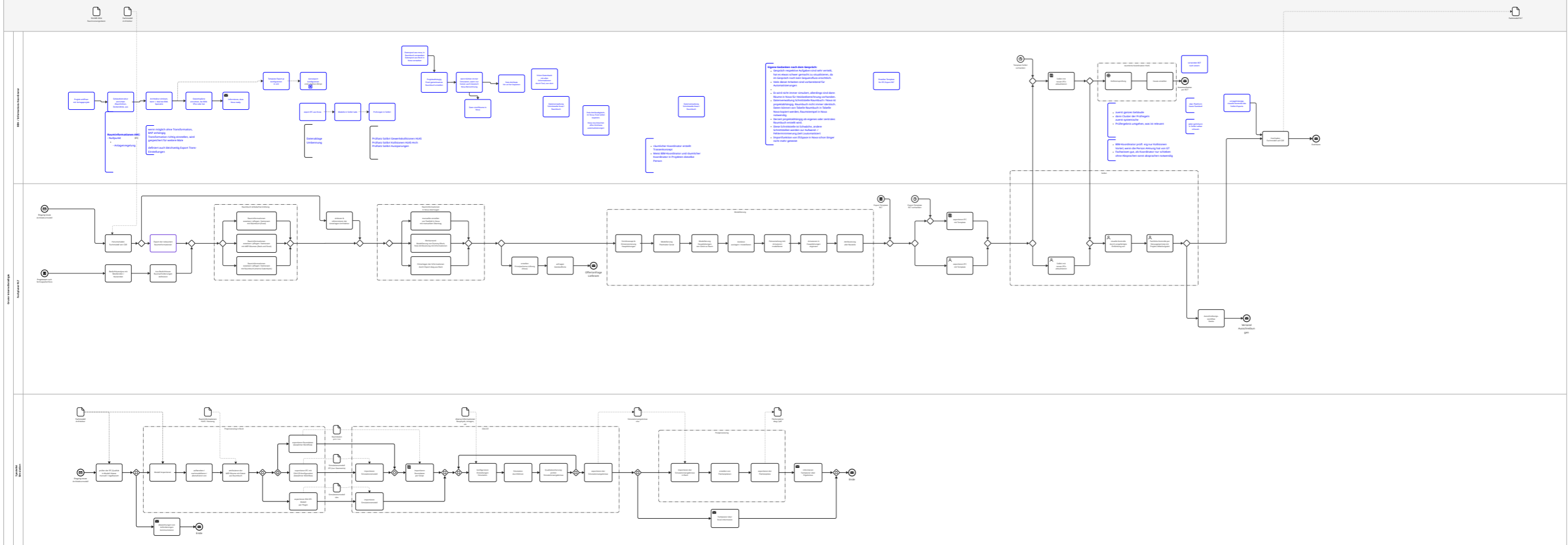


# Gesprächsergebnis als BPMN-Diagramm

BPMN-Diagramm vor dem Gespräch mit dem BIM-Koordinator

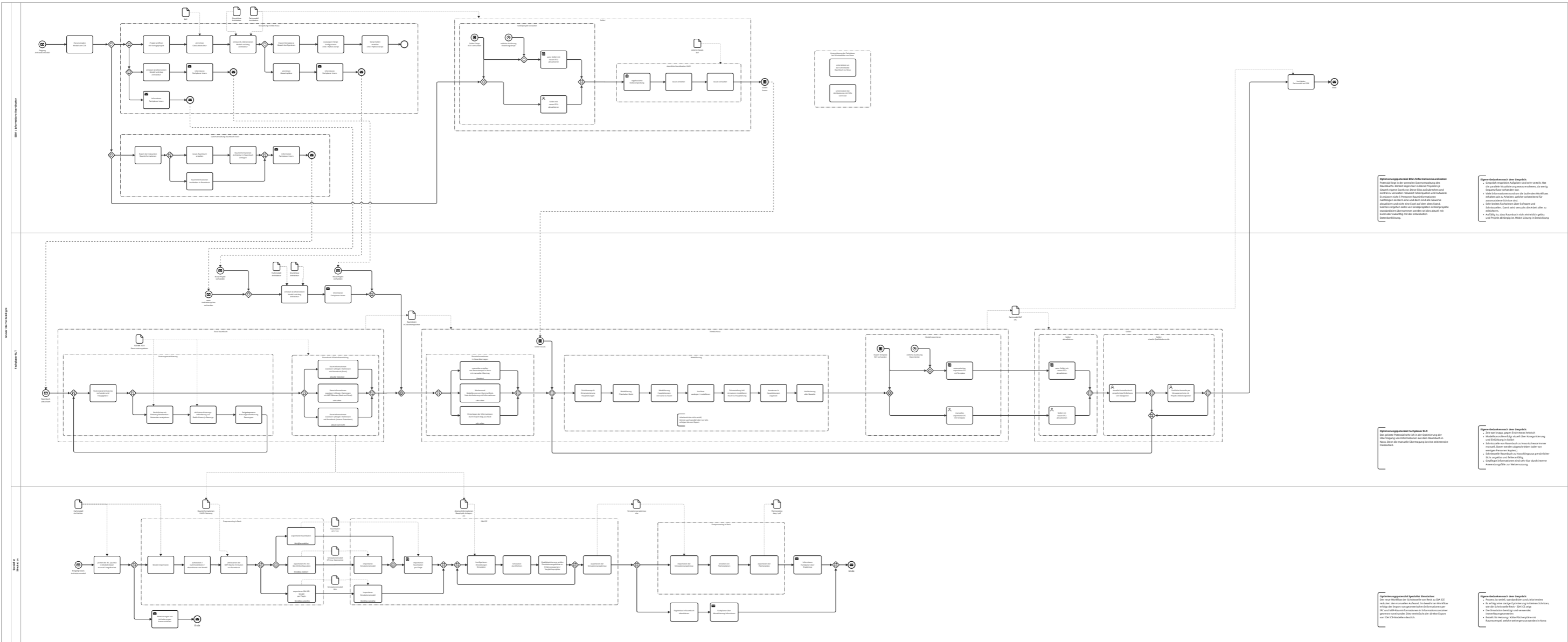


BPMN-Diagramm nach dem Gespräch mit dem BIM-Koordinator:



# Anhang A7: Prozessvisualisierende Expertengespräche

## Planungsprozess Gruner | BPMN-Diagramm nachbereitet



**Spezialprozessschritt 001 - Informationsmanagement**

- Prozessschritt 001 ist ein Informationsmanagementprozessschritt, der die Aufgabe hat, die relevanten Informationen zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren.
- Dieser Prozessschritt ist ein zentraler Bestandteil des Informationsmanagements und ist mit anderen Prozessschritten wie z.B. 'Informationsbeschaffung' und 'Informationsverbreitung' verzahnt.
- Die Aufgabe dieses Prozessschritts ist es, die relevanten Informationen zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren, um sie für die weiteren Prozessschritte verfügbar zu machen.

**Spezialprozessschritt 002 - Datenmanagement**

- Prozessschritt 002 ist ein Datenmanagementprozessschritt, der die Aufgabe hat, die relevanten Daten zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren.
- Dieser Prozessschritt ist ein zentraler Bestandteil des Datenmanagements und ist mit anderen Prozessschritten wie z.B. 'Datenbeschaffung' und 'Datenverbreitung' verzahnt.
- Die Aufgabe dieses Prozessschritts ist es, die relevanten Daten zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren, um sie für die weiteren Prozessschritte verfügbar zu machen.

**Spezialprozessschritt 003 - Prozessmanagement**

- Prozessschritt 003 ist ein Prozessmanagementprozessschritt, der die Aufgabe hat, die relevanten Prozesse zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren.
- Dieser Prozessschritt ist ein zentraler Bestandteil des Prozessmanagements und ist mit anderen Prozessschritten wie z.B. 'Prozessbeschaffung' und 'Prozessverbreitung' verzahnt.
- Die Aufgabe dieses Prozessschritts ist es, die relevanten Prozesse zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren, um sie für die weiteren Prozessschritte verfügbar zu machen.

**Spezialprozessschritt 004 - Projektmanagement**

- Prozessschritt 004 ist ein Projektmanagementprozessschritt, der die Aufgabe hat, die relevanten Projekte zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren.
- Dieser Prozessschritt ist ein zentraler Bestandteil des Projektmanagements und ist mit anderen Prozessschritten wie z.B. 'Projektbeschaffung' und 'Projektverbreitung' verzahnt.
- Die Aufgabe dieses Prozessschritts ist es, die relevanten Projekte zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren, um sie für die weiteren Prozessschritte verfügbar zu machen.

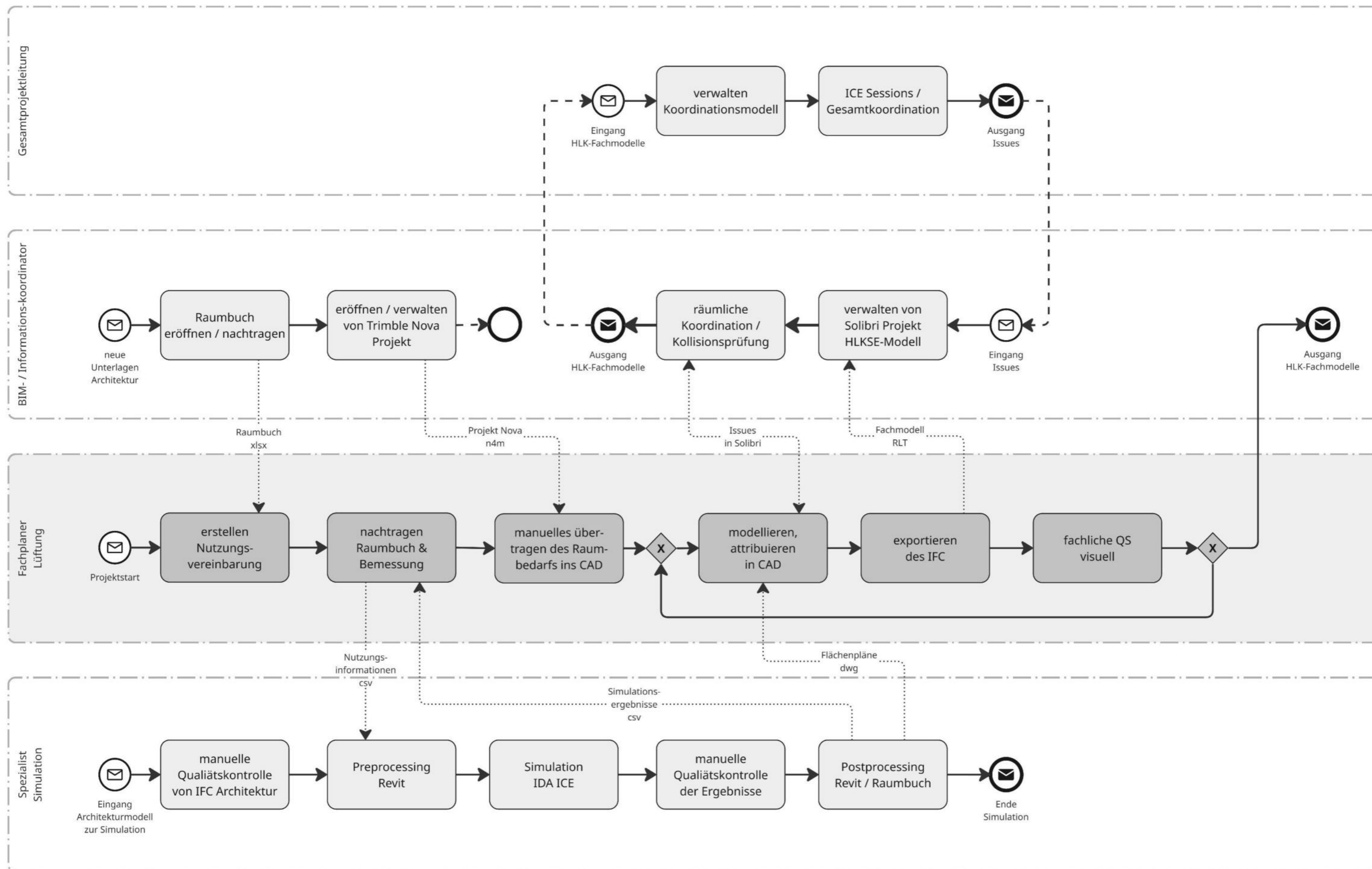
**Spezialprozessschritt 005 - Qualitätsmanagement**

- Prozessschritt 005 ist ein Qualitätsmanagementprozessschritt, der die Aufgabe hat, die relevanten Qualitätsaspekte zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren.
- Dieser Prozessschritt ist ein zentraler Bestandteil des Qualitätsmanagements und ist mit anderen Prozessschritten wie z.B. 'Qualitätsbeschaffung' und 'Qualitätsverbreitung' verzahnt.
- Die Aufgabe dieses Prozessschritts ist es, die relevanten Qualitätsaspekte zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren, um sie für die weiteren Prozessschritte verfügbar zu machen.

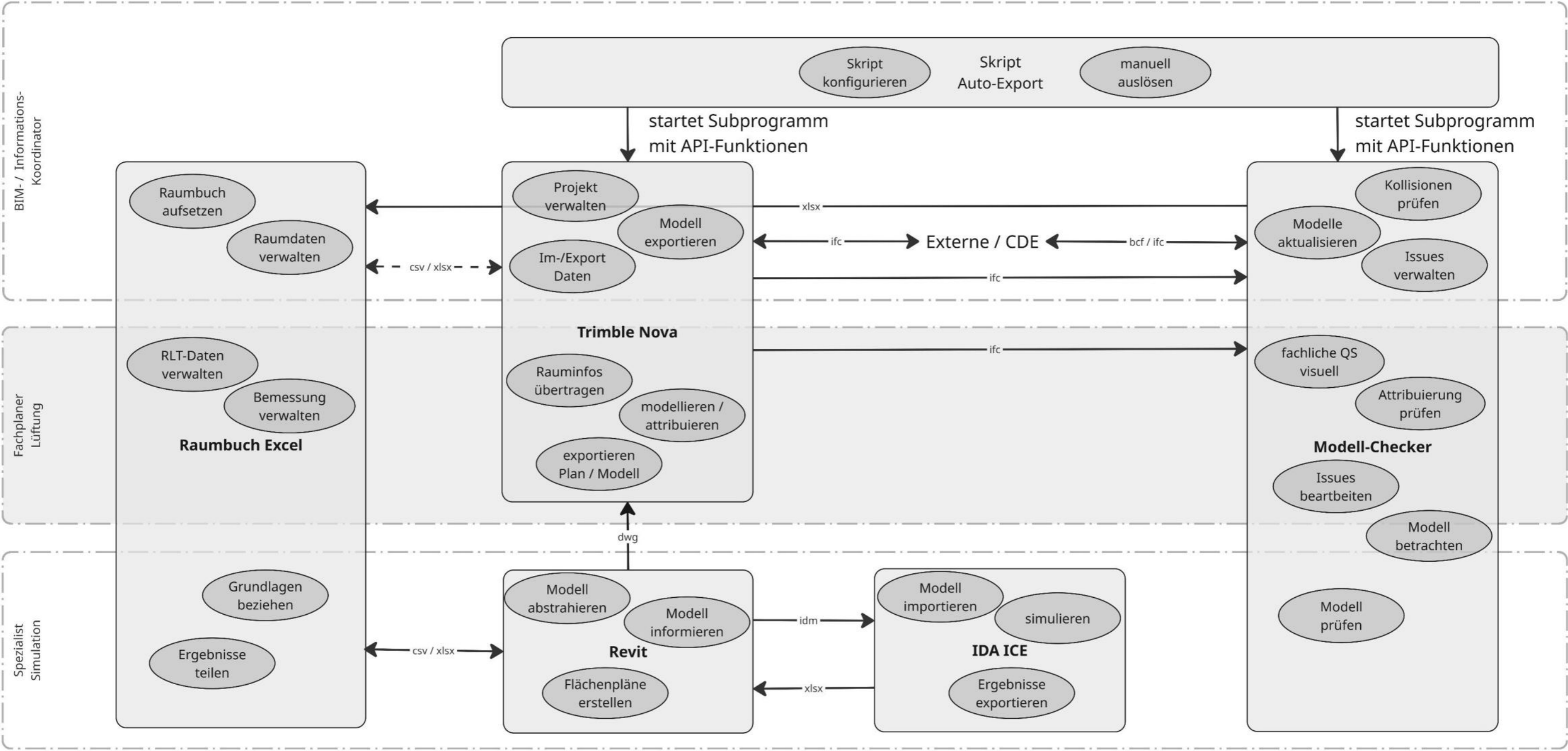
**Spezialprozessschritt 006 - Risikomanagement**

- Prozessschritt 006 ist ein Risikomanagementprozessschritt, der die Aufgabe hat, die relevanten Risiken zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren.
- Dieser Prozessschritt ist ein zentraler Bestandteil des Risikomanagements und ist mit anderen Prozessschritten wie z.B. 'Risikobeschaffung' und 'Risikoverbreitung' verzahnt.
- Die Aufgabe dieses Prozessschritts ist es, die relevanten Risiken zu identifizieren, zu beschreiben und zu organisieren, um sie für die weiteren Prozessschritte verfügbar zu machen.

## Planungsprozess Gruner abstrahiert



**Anhang A9: Prozessvisualisierende Expertengespräche**  
**Softwarelandschaft Gruner mit Rollen und Tätigkeiten**



# Anhang A10: Semi-strukturierte Expertengespräche

## Sampling-Kriterien

Samplingkriterien						
Minimierungsstrategie		Maximierungsstrategie				
Grösse Arbeitgeber	Berufserfahrung	Arbeitgeber		berufliche Rolle		Verbandstätigkeit
>100 Angestellte	> 5 Jahre im Umfeld HLKS	max. 1 Person Planung Ausführung	min. 4 verschiedene Arbeitgeber	min. 1 Person BIM-Koordination	min. 2 Person Planung RLT	min. 1 Person aktives Mitglied
interne Entwicklung / Optimierung	praktische Erfahrung	kennt wiederkehrende Fehler in Ausführung	unterschiedliche Planungsprozesse	andere Perspektive auf Hindernisse	identifizieren von Anwendungsfällen	breite Branchenvernetzung / -wissen

# Anhang A11: Semi-strukturierte Expertengespräche

## Einverständniserklärung

### Einverständniserklärung zur Teilnahme am Expertengespräch zum Thema Planerische Qualitätssicherung in der RLT im Rahmen einer Masterthesis

#### Kontaktinformation Studienverantwortung:

Jonas Heutschi  
Weiermattenweg 5  
CH-4623 Neuendorf  
jonas.heutschi@students.fhnw.ch

#### Bemerkung:

Zur Einhaltung des vereinbarten Datenschutzes liegen die eingeholten Einverständniserklärungen im intern klassifizierten Anhang B bei.

#### Teilnahme am Expertengespräch

Die Teilnahme am Interview umfasst ein maximal einstündiges Gespräch, das zur späteren wissenschaftlichen Auswertung aufgezeichnet wird. Die Gesprächsthemen handeln um planerische / fachliche Qualitätssicherung in der modellbasierten Planung von Lüftungsanlagen. Ziel des Gesprächs ist den Status quo der modellbasierten Prüfung in der Branche zu validieren sowie relevante und ungeprüfte Anforderungen und deren möglich Implementierungshürden zu erfassen.

#### Rückruf von der Teilnahme oder Widerruf der Einwilligung

Die Teilnahme am Interview ist freiwillig. Sie haben jederzeit das Recht, ohne Angabe von Gründen von der Teilnahme am Interview zurückzutreten. Sie haben ebenfalls das Recht, Ihre Einwilligung zu widerrufen und Ihre personenbezogenen Daten löschen zu lassen.

#### Datenschutz

Die Nutzung der im Rahmen des Interviews erhobenen Daten erfolgt ausschliesslich für diese Masterthesis. Ihr Name oder andere Angaben zu Ihrer Identität werden vertraulich behandelt, nicht publiziert und nicht an Dritte weitergegeben. Ihr Beitrag wird in anonymisierter oder pseudonymisierter Form gespeichert und nach Abschluss der Arbeit gelöscht.

#### Einverständniserklärung

Ich habe die Informationen in dieser Erklärung gelesen und verstanden. Mir wurde die Möglichkeit eingeräumt, Fragen zur Studie zu stellen und diese wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet. Ich gebe mein Einverständnis, an dieser Studie teilzunehmen und gebe meine Erlaubnis für die Aufbewahrung und Verwendung meiner im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten.

Experte / Expertin: .....

Gesprächsleitung: Jonas Heutschi

Ort, Datum: .....

Ort, Datum: .....

Unterschrift: .....

Unterschrift: .....

# Anhang A12: Semi-strukturierte Expertengespräche

## Gesprächsleitfaden

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<p><b>Einleitung und Gesprächsrahmen</b> [5 min]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Thema Masterthesis vorstellen</li> <li>o Zweck und Vorgehen des Gesprächs</li> <li>o Einverständniserklärung</li> <li><b>o Zustimmung einholen</b></li> <li>o Aufnahme starten!</li> </ul>			
<p><b>Thema 1:</b> Einstieg / Kontext [5 min]</p>	<p>Bevor wir tiefer einsteigen, interessiert mich zu Beginn ganz allgemein: Wie erleben Sie in Ihrem beruflichen Alltag die Themen Planungsqualität und Modellprüfung bei RLT-Leitungsnetzen?</p> <p>Welche Erfahrung haben Sie mit der Modellprüfung respektive Nutzung von Modell-Checkern?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Rolle im Unternehmen</li> <li>o Verbandstätigkeit</li>   <li>o Modell-Checker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Welche Rolle haben Sie dabei?</li> <li>o Sind sie daneben auch in einem branchenspezifischen Verband tätig?</li>   <li>o Nutzen Sie selbst Model-Checker – oder bekommen Sie eher die Ergebnisse anderer zu sehen?</li> <li>o Führen Sie Prüfungen auch selber durch? Erstellen sie auch eigene Regelsätze?</li> </ul>	<p>Beziehung aufbauen, Einstieg in Thematik, Einordnung der Perspektive, kontextgebende Informationen einholen</p>

# Anhang A10: Semi-strukturierte Expertengespräche

## Gesprächsleitfaden

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<p><b>Thema 2:</b> Status quo planerische Qualitätssicherung</p> <p>[15 min]</p>	<p><b>Wie läuft bei Ihnen typischerweise die Qualitätssicherung von RLT-Fachmodellen ab?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Vorgehen QS</li> <li>o Beteiligte</li> <li>o Häufigkeit</li> <li>o Methode</li> <li>o Modellprüfung</li> <li>o Verantwortung</li> <li>o Verbesserungspotenzial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Gibt es neben Kollisionsprüfungen auch fachliche Prüfungen?</li> <li>o Wer ist an solchen Prüfungen beteiligt?</li> <li>o Wann und wie häufig erfolgen solche Prüfungen?</li> <li>o Welche Tools / Methoden werden dabei eingesetzt?</li> <li>o Werden dafür auch Modellprüfungen eingesetzt?</li> <li>o Wer gibt den Prüfrahmen/-inhalt vor?</li> <li>o Was klappt gut – was weniger?</li> </ul>	<p>Verstehen, wie Qualitätssicherung in der Praxis aktuell umgesetzt wird.</p>

# Anhang A10: Semi-strukturierte Expertengespräche

## Gesprächsleitfaden

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<p><b>Thema 3:</b> Anforderungen RLT</p> <p>[15 min]</p>	<p><b>Welche drei fachlichen Anforderungen in der RLT-Planung sind aus Ihrer Sicht besonders entscheidend?</b> <b>Wie werden diese heute geprüft?</b></p> <p>Welchen öfters wiederkehrenden Planungsfehler fallen Ihnen auf?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Anwendungsfall 1:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o geprüft</li> <li>o ungeprüft</li> </ul> </li> <li>o Ursachen</li> <li>o Anwendungsfall 2:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o geprüft</li> <li>o ungeprüft</li> </ul> </li> <li>o Ursachen</li> <li>o Anwendungsfall 3:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o geprüft</li> <li>o ungeprüft</li> </ul> </li> <li>o Ursachen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Was wäre prüfenswert, wird aber nicht geprüft?</li> <li>o Warum lässt sich das aus Ihrer Sicht nicht prüfen?</li> <li>o Wie wird das aktuell geprüft – wenn überhaupt?</li> <li>o Welche Folgen entstehen dadurch?</li> </ul> <p>Thematische Ideen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Dimensionierung Leitung</li> <li>o Auslegung Bauteile</li> <li>o Einbau / Anströmung</li> <li>o Schallschutz</li> <li>o Energie</li> <li>o Abgleich Raumbuch</li> <li>o Brandschutz</li> <li>o Ex-Schutz</li> <li>o Hygiene / Materialisierung</li> <li>o Attribuierung</li> </ul>	<p>Identifikation von Anforderungen, die in der Praxis relevant, aber (noch) nicht regelbasiert prüfbar sind</p>

# Anhang A10: Semi-strukturierte Expertengespräche

## Gesprächsleitfaden

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<p><b>Thema 4:</b> Implementierungshürden</p> <p>[15 min]</p>	<p><b>Was steht aus Ihrer Sicht der Umsetzung solcher Regelprüfungen in der Praxis im Weg?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o technische Hindernisse</li> <li>o strukturelle Hindernisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Technische Hürden?</li> <li>o Organisatorische Hürden?</li> <li>o Ist das eher ein Tool- oder Prozessproblem?</li> <li>o Wie geht man aktuell damit um?</li> <li>o Wäre das prinzipiell prüfbar?</li> <li>o Wer erstellt Prüfregeln und ist für den Modellchecker zuständig?</li> </ul>	<p>Ursachenanalyse für die fehlende Umsetzung in Model-Checkern</p>

# Anhang A10: Semi-strukturierte Expertengespräche

## Gesprächsleitfaden

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<b>Abschluss und Ausblick</b>  [5 min]	Jetzt kurz vor Ende habe ich noch eine offen Frage. Wenn Sie ganz frei entscheiden könnten – wo und wie würden Sie persönlich als erstes ansetzen, um die Qualität der Planung und Prüfung von RLT-Leitungsnetzen nachhaltig zu steigern?  <b>o Bedanken</b> o Präsent			

### Expertengespräch 01

Datum: 16.09.2025  
Dauer: 14:00 - 15:00 Uhr  
Ort: vor Ort  
Rolle Experte: BIM-Koordinator / Datenspezialist

#### Thema 1: Einstieg und Kontext

- Rolle im Unternehmen:  
BIM- und Datenspezialist / räumliche Koordination
- Verbandstätigkeit:  
keine
- Erfahrung mit Modell-Checker / BIM-Viewer:
  - verwendet diverse Tools, prüft selbst Modelle und erstellt Regeln.  
(BIM Qualifier, Revizto, Solibri)
  - Modellierung erfolgt vorwiegend in Revit

#### Thema 2: Status quo planerische Qualitätssicherung

- Vorgehen QS:
  - 3 Fachplaner zuständig für ihre Modelle
  - 1 Koordinator zuständig für Modellprüfung der geforderten Attribute und der räumlichen Koordination
  - Fachliche Sichtkontrolle vor Abgaben durch PL in Revizto
- Beteiligte:  
Fachplaner / Koordinator / Projektleiter
- Häufigkeit  
oft alle 2 Wochen Zwischenabgaben und immer davor  
nur datentechnische / räumliche Kontrollen wegen Effizienz  
fachliche QS vor Phasenabschluss
- Methode  
Planerische Prüfungen erfolgen in Revizto durch Suchregeln.  
Wenden rund 80% der PLs an.  
Suchregeln ist ein Werkzeug zur gezielten Auswahl von Elementen. Fachprüfung erfolgt visuell.  
Ca. 20% verwenden nur Sichtkontrollen
- Modellprüfung  
für räumliche Koordination und Datenprüfung  
Einfärbung mit Farbschemen
- Verantwortung  
Technisch und fachliche beim Fachplaner / Modellautor  
Koordinator und Projektleiter sind zusätzliche Kontrollinstanzen
- Potenzial  
Daten zu prüfen heute unter Kontrolle durch Verifizierung,  
grösstes Potenzial bei Koordination, da gibt es noch Schwierigkeiten

### Thema 3: Anforderungen RLT

- Anwendungsfall 1:  
Automatisierte Steigzonen- / Dimensionierung  
Automatische generierte Steigzonenkonzepte
- Anwendungsfall 2:  
Druckverlustberechnung  
Beschränkt sich oft auf Grossprojekte, um auf der sicheren Seite zu sein. Sonst erfolgen oft nur Schätzungen. Obschon das ganze physikalisch wäre und die Leitungsnetze vorhanden sind und modellbasierte erfolgen könnte. Heute erfolgt das oft noch durch abtippen.
- Prüfung 1:  
SFP-Werte nach SIA kontrollieren  
erfordert Druckverlustberechnung
- Prüfung 2:  
Anforderungen aus den EN-Formularen (*seine Prio. 2*)
  - Geschwindigkeit
  - therm. Dämmung
  - Variabler Betrieb unterschiedlicher Nutzungen
- Prüfung 3:  
min. / max. Werte Volumenstromregler (*seine Prio. 3*)
- Prüfung 4:  
Brandschutz (*seine Prio. 1*)
  - Brandschutzklappen
  - Brandschutztransitleitungen

→ heute stell ich mir Prüfungen schwierig vor, da die Datengrundlagen dazu in den Modellen fehlen.

→ interessant wäre womöglich auch noch Bauteilreihenfolge. Flüchtighkeitsfehler in der Modellierung führen teils zu verkehrt eingebauten VAV & SD-Kombinationen.

→ „höhere Qualität in der Modellierung erhöht Qualität der Modelle“

→ „wenn man in der Modellierung keine Fehler macht, dann braucht es auch keine Prüfung“

#### Thema 4: Technische und strukturelle Hindernisse

- Technische Aspekte:
  - sauberer Export der Systeme und Flussrichtung
  - Limitationen der Prüfplattformen im Bereich Prüfregeln.  
Revizto kennt z.B. exkludieren nicht → Prüfung von Aussparungen in Solibri
- Strukturelle Aspekte:
  - Regelerstellung erfolgt durch wenige Personen, die meisten verwenden diese Vorlageprojekte, funktioniert intern gut, da interne Bauteilfamilien verwendet werden. Externe müssen noch gemappt werden.
  - Ressourcen, teils unter Druck wird schnell modelliert und keine Zeit zur Pflege der Informationen
  - Menschliche Komponente grosser Faktor. Projektleiter haben wertvolle fachliches Wissen und Erfahrung während sich Koordinatoren sich bei den technischen Tools auskennen und weniger Erfahrung haben. Koordinator prüft genauer und detaillierter als ein Projektleiter. Hier wird ein guter Austausch benötigt.
  - Sehr viele fachliche Regeln durch Normen. Ich weiss nicht in wessen Interesse es liegt diese Regeln zu erstellen und wer es finanzieren soll. Das integrieren solcher Regeln über Schnittstellen wäre sicher spannend. Ich habe den Eindruck der Aufwand beim prüfenden bleiben. Insbesondere so lange Baueingaben manuell geprüft werden.
  - Revizto können sehr viele Leute bedienen da sehr intuitiv, deshalb nimmt man Einschränkungen in Kauf.
- Offene Frage 1. Ansatz
  - Klarere Informationsbestellung und -grundlagen was, wann wie von der GT gefordert/benötigt wird würde helfen Modellierung und Prüfung zu vereinfachen und Iterationen minimieren. → bessere Datengrundlagen
  - Modellprüfungen sind sehr fordernd, da Knowhow in Projekten sehr unterschiedlich ist.

## Expertengespräch 02

Datum: 17.09.2025  
 Dauer: 13:30 - 14:30 Uhr  
 Ort: vor Ort  
 Rollen: Technische Leitung / Planung Ausführung

### Thema 1: Einstieg und Kontext

- Rollen im Unternehmen:  
als technischer Leiter weniger in Kontakt mit Modell  
die letzten Jahre vertieften Einblick als Projektleiter
- Verbandstätigkeit:  
keine
- Erfahrung mit Modell-Checker / BIM-Viewer:
  - verwendet diverse Tools als Viewer, prüft nicht selbst und erstellt keine Regeln (diverse oft projektabhängige Plattformen)
  - Modellierung erfolgt vorwiegend in Trimble Nova

### Thema 2: Status quo planerische Qualitätssicherung

- Vorgehen QS:
  - Bei Ausschreibungen:  
Stichprobenweises prüfen von
    - technische Prüfungen (Schema zu Modell)
    - Stichproben Auslegung (Geschwindigkeit, etc.)
    - Zugänglichkeit der Komponenten
  - Bei Auftrag (Sachbearbeiter / Projektleiter):  
„Bei Auftrag prüfen wir alles.“  
„Es ist unsere Pflicht, dass wir als Unternehmer alles prüfen!“  
Gerade durch die eigene Produktion noch einmal wichtiger.
    - einpflegen eigener Produktionsstandards wie Bogeninnenradien
    - Komponentengrößen bei Produktwechsel
    - und allgemein fast alle technischen Standards
    - zum Beispiel auch Zugänglichkeit
- Beteiligte:  
Sachbearbeiter, Projektleiter, Rücksprachen mit Planer
- Häufigkeit:  
Es wird einmal richtig geprüft und dann bestellt, wenn es keine Rückfragen gibt.
- Methode:  
- Manuelles validieren bei Überarbeitung/Nachmodellierung des Modells
- Modellprüfung:  
Keine Anwendung von Modell-Checker durch Unternehmer.  
Koordinativ gibt es Prüfungen der Ausführungsmodelle auf Ebene Planer
- Verantwortung:  
„Es ist unsere Pflicht, dass wir als Unternehmer alles prüfen!“  
„Wir haben es zu validieren, da man bei Problemen als erstes wieder auf uns zu kommt.“  
Koordination ist der Planer in der Verantwortung.  
Intern liegt Verantwortung liegt bei Projektleiter.
- Potenzial:  
Möglichst frühe Einbindung des Unternehmers.  
Sehr positive Erfahrung mit Baustelle von Roche mit gemeinsamer Detail Design Phase von Planer und Unternehmer. Gegencheck des geplanten und gemeinsame Vereinfachungen und Lösungsfindung hat zu einem reibungslosen Bauablauf geführt.

### Thema 3: Anforderungen RLT

- Wichtige Anforderungen / Ideen:
  - Druckverlust
  - Luftgeschwindigkeiten
  - Schall
  - Bauteile, da Planer produktneutral ausschreiben
  - Geschwindigkeiten
  - Geschwindigkeiten in Schalldämpfer
    - übermässiger Druckverlust
    - ext. Druck Ventilator
  - Zugänglichkeit
  - Brandschutz, sehr herausfordernd durch Herstellervorschriften
  - Schnittstellen Bau
  - Schnittstellen HLKSE / MSR
  - Druckkaskaden Räume
  - Luftanforderungen Räume
  - Prozessanlagen
- Prüfung 1: MuKE n generell
- Prüfung 2: technische Auslegung Komponenten  
Auch Teillastbetrieb!
- Prüfung 3: Brandschutz

### Thema 4: Technische und strukturelle Hindernisse

- Technische Aspekte:
  - IFC-Schnittstelle. Nur bei nativem Austausch von CAD-Dateien können die weiterbearbeitet werden. Bei Austausch von IFC benötigt es heute beim verwendeten CAD eine Nachmodellierung sämtlicher Bauteile.
- Strukturelle Aspekte:
  - Ausbildungsqualität:
    - allg. Grundlagen
    - kritisches Denken / Hinterfragen
  - blindes Modell- / Programmvertrauen  
„Ja, Modell ist gut, doch auch das kann nicht korrekt sein, sind die Daten im Modell korrekt oder sind auch die Ergebnisse eines Programms korrekt?“  
Beispiel Schalldämpferauslegung oft schalltechnisch korrekt, jedoch zu hoher Druck.
  - Anwendung von Modell-Checker lernt man nur in der Firma selbst, dazu muss dort bereits Wissen sein. Teils gibt es Grundlegende Schulungen für Plattformen in Projekten.
  - Grosse Anzahl an unterschiedlichen Plattformen.  
Die Nutzung ist durch Planer / Bauherr vorgegeben.
- Offene Frage 1. Ansatz
  - Unternehmer möglichst früh in Planung einbinden, beispielsweise mit Werkgruppen
  - gemeinsam Entscheidungen treffen und fixieren.

## Expertengespräch 03

Datum: 18.09.2025  
 Dauer: 11:00 - 12:00 Uhr  
 Ort: vor Ort  
 Rollen: Abteilungsleiter / Projektleiter Lüftung

### Thema 1: Einstieg und Kontext

- Rollen im Unternehmen:  
Abteilungsleiter Lüftung, HLKSE-Gesamtprojektleiter, Gewerksprojektleiter Lüftung
- Verbandstätigkeit:  
keine
- Erfahrung mit Modell-Checker / BIM-Viewer:
  - wendet diverse Modell-Viewer an, prüft nicht selbst Modelle und erstellt keine Regeln. (vor allem Dalux)
  - Modellierung erfolgt vorwiegend in Revit

### Thema 2: Status quo planerische Qualitätssicherung

- Vorgehen QS:
  - Allgemein aufgrund von Erfahrung durch Stichkontrollen.
  - Ist alles modelliert macht die Platzierung Sinn.
  - Die Richtigkeit der Auslegung liegt generell beim Sachbearbeiter.
  - Mit der Zeit kennt man seine Sachbearbeiter und weiss, wo häufige Fehlerquellen liegen.
  - Stichkontrolle von Leitungen sowie Bauteilen.
  - Vor allem helfen hier auch ICE-Session, wo man im Projektteam alle oft Räume diskutiert.

Dann gibt es vor Phasenabschlüssen noch Q-Checks je nach Projektgrösse.  
 Dabei wird anhand einer Check-Liste fachspezifische Punkte auf Plänen/Modellen sowie Schemen betrachtet und diskutiert.
- Beteiligte:  
Q-Check: Projektleiter und nicht im Projekt beteiligter Gewerkspezialist
- Häufigkeit:  
abhängig interner Risikobewertung des Projektes.
- Methode:  
Sichtkontrolle  
Q-Checks mit Checklisten
- Modellprüfung:  
Vor Ausschreibung visuelle Kontrolle von Informationen durch Einfärbung.
- Verantwortung:  
Verantwortung der fachlichen Qualität liegt beim Sachbearbeiter.  
Projektleiter dient als Kontrollinstanz, da keine zeitlichen Ressourcen alles zu prüfen.
- Potenzial:  
Heute werden Informationen wie Bauteilinformationen teils mehrfach gepflegt. Hier wäre es sicher spannend projektspezifische Datenbanken zu nutzen, um die Arbeit zu erleichtern und Fehlerquellen zu minimieren.

### Thema 3: Anforderungen RLT

- Wichtige Anforderungen / Ideen:
    - Strömungsgeschwindigkeiten
    - Freiraum vor Auslässen
    - Lüftungstechnische Brandabschnitte / Brandschutz
    - Sperrzonen
    - Schall- / Druckverlustanforderungen
  - Prüfung 1:  
Strömungsgeschwindigkeiten
  - Prüfung 2:  
Freiräume vor Auslässen / Auslegung von Auslässen
  - Prüfung 3:  
Brandschutz  
als schwierig eingeschätzt da oft nur 2D
- „Man muss ja immer einen Mehrwert haben beziehungsweise auch schneller sein.“

### Thema 4: Technische und strukturelle Hindernisse

- Technische Aspekte:
  - teilweise sicherlich auch durch CAD eingeschränkt
  - IFC Schnittstelle, nach Scan2BIM und Import in Nova konnten dort Informationen nicht hinzugefügt / geändert werden. (bestehende Anlagen)
- Strukturelle Aspekte:
  - Planänderung nicht mitbekommen  
(wenn Dateien auf Plattform ersetzt werden)
  - Häufige Änderungen / Hypothetische Grundlagen führen dazu, dass Attribuierung nicht gleich vorgenommen wird → fehlende Informationen zur Prüfung
  - Wissenslücken von Programmfunktionen  
Die einen Wissen nicht, dass es andere nicht Wissen und selbst weiss man nicht, dass das Programm das kann.  
Allgemein gibt es in diesem Bereich intern einen guten Austausch.
  - mögliche Attribute werden nicht gepflegt, da sie derzeit nicht weiterverwendet werden.  
So können sie jedoch auch nicht für etwas verwendet werden.
  - Berechnungen sind oft durchzuführen, wenn noch nicht alle benötigten Informationen / Modelle abgeschlossen sind. Damit sind Annahmen zu treffen und darauf manuell Grobberechnungen durchzuführen.
  - „Man muss einen Mehrwert haben beziehungsweise schneller/wirtschaftlicher sein.“
  - „Zum Teil gibt es halt keinen Mehrwert, wenn man kein Bauherr hat, der es wertschätzt.“
- Offene Frage 1. Ansatz
  - BIM2Field:  
Wenn die Modelle verstärkt auf der Baustelle genutzt werden und nicht mehr Pläne und Modelle gepflegt werden müssen ergibt sich für alle Mehrwert. Alle arbeiten mit aktuellen Modellen und Daten und es gibt keine ungültigen Bemessungen. zudem ist es dann für die Inbetriebnahme notwendig die Volumenströme zu pflegen.

## Expertengespräch 04

Datum: 18.09.2025  
 Dauer: 11:00 - 12:00 Uhr  
 Ort: vor Ort  
 Rollen: Fachplaner Lüftung

### Thema 1: Einstieg und Kontext

- Rolle im Unternehmen:  
Fachplaner Lüftung
- Verbandstätigkeit:  
keine
- Erfahrung mit Modell-Checker / BIM-Viewer:
  - verwendet diverse Tools, prüft selbst Modelle, keine Erstellung von Regeln.  
(Solibri und Dalux als Viewer)
  - Modellierung erfolgt vorwiegend in Trimble Nova

### Thema 2: Status quo planerische Qualitätssicherung

- Vorgehen QS:  
Es erfolgen Vier- oder Sechsaugenprinzip in Abhängigkeit der Projektgrösse.  
1. Schritt Selbstkontrolle, 2. Schritt (falls 2. Sachbearbeiter in Projekt besprochen) Besprechung mit diesem, 3. Schritt Sichtkontrolle durch Abteilungs- oder Projektleiter.  
Die Initiierung dieser Kontrolle hat durch den Fachplaner zu erfolgen.
- Beteiligte:  
Fachplaner und Abteilungs- oder Projektleiter
- Häufigkeit:  
Vor Phasenabschlüssen
- Methode:  
Sichtkontrolle
- Modellprüfung:  
Vor Ausschreibung visuelle Kontrolle von Informationen durch Einfärbung.  
Bei fachlicher QS werden sonst keine Modellprüfungen angewendet.
- Verantwortung:  
Die fachliche Grundverantwortung liegt bei den Fachplaner in Abhängigkeit der Ausbildung bei Sachbearbeiter.  
Fachplaner haben jedoch teils nicht alle Informationen die Projektleiter besprochen haben. Diese Informationen weiterzugeben, liegt in der Verantwortung der Projektleitung.  
Grundverantwortung bei Fachplaner, die restliche Verantwortung liegt beim Projektleiter.
- Potenzial:  
„Könnten Modelle in Tool wie Solibri fachlich geprüft werden, dann würde dies die Selbstkontrolle vereinfachen und könnte früher und öfters eingesetzt werden.“  
„Zudem würde es die Kontrolle von zum Beispiel durch Lehrlinge modellierte Bereiche vereinfachen da eine detaillierte manuelle Nachprüfung wegfällt.“

### Thema 3: Anforderungen RLT

- Wichtige Anforderungen / Ideen:
  - Geschwindigkeiten in Leitungen, ist aufwändig selbst zu prüfen vor allem noch mit Luftmengen. Woher kommt wieviel.
  - Aussparungen gegen Leitungen werden schon geprüft
  - diverse Attribuierungen für weitere Workflows
  - Netzzusammenhängigkeit
  - Auslegung von Bauteilen
  - Dämmungen
  - theoretisch ja alles, auch Schall- und Druckverlustberechnungen
- Prüfung 1:  
Kanaldimensionierung
- Prüfung 2:  
Attribuierungen
- Prüfung 3:  
Auslegung von Bauteilen

→ „Man muss ja immer einen Mehrwert haben beziehungsweise auch schneller sein.“

### Thema 4: Technische und strukturelle Hindernisse

- Technische Aspekte:
  - Regelsätze sind nicht vorbereitet zur Anwendung.
  - es könnten Daten wie Volumenströme fehlen
- Strukturelle Aspekte:
  - Zuständigkeit:
    - „Es fühlt sich niemand Zuständig diese Regeln zu erstellen.“
    - „Ideen sind vorhanden, die Frage ist eher, wer es in Angriff nimmt.“
  - Auslastung:
    - „Es hat niemand Zeit oder will sich niemand Zeit nehmen sie zu erstellen.“
    - „Personen, die das Wissen vielleicht haben sowas anzugehen, denen fehlt vermutlich die Zeit dafür.“
  - Wissen:
    - „Selber habe ich keine Kenntnisse, um so etwas anzugehen.“
    - „Es gibt viele Personen, die solche Hilfsmittel erst verwenden, wenn sie fertig sind und ihnen erklärt wurden.“
- Mehrwert:
  - erleichtert Selbst- und Fremdkontrolle
- Offene Frage 1. Ansatz
  - „Ideen gibt es, es braucht eine Struktur, die es zulässt, sowie eine oder mehrere Personen die dafür zuständig sind und Ressourcen erhalten. Am meisten Zeit benötigt die Kontrolle von Geschwindigkeiten, deshalb würde ich dort starten.“

## Hürde 1: Schnittstelle IFC-Import

### Problemschilderung:

- Nach Scan2BIM können die IFC in Trimble Nova importiert jedoch nicht weiter attribuiert werden.
- Beim erhalten eines IFC zur Ausführung muss zur Einpflegung der Produktionsstandard das Modell in Trimble Nova nachmodelliert werden, da keine geometrischen Änderungen erfolgen können.

### Herangehensweise:

1. Erstellung eines kleinen RLT-Modells in Trimble Nova
2. Export in IFC 4
3. Import IFC in Trimble Nova
  - Import 1: als Datei
  - Import 2: als Element
  - Import 3: Import und Übernahme von Räumen
4. Testen der Attribuierung und Geometrieänderung

### Abgrenzung:

Die Untersuchung erfolgt mit dem unternehmensintern genutzten CAD-Programm "Trimble Nova" und Modell-Checker "Solibri".

Nova: 18.2 Patch 3

Solibri: 24.6.1

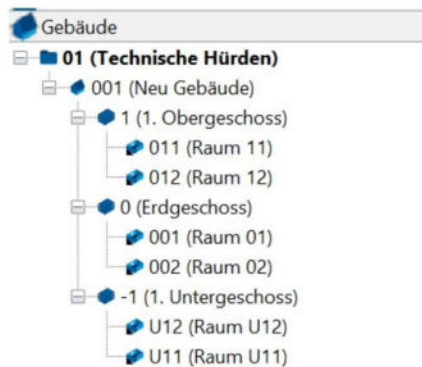
## Dokumentation:

### Schritt 1: Modell-Erstellung

Eigenschaften Projekt

Nr.	01
Beschreibung	Technische Hürden
Regionen	
Dokumentenverzeich...	C:\Users\johe\Deskt...
Adressen	
Geschosshöhe	2.75 m
Abhangdecke	2.55 m
Importgruppe	Standard
<b>Geodätische Position</b>	
<b>Geodätische Positi...</b>	
<b>Transformation</b>	
<b>Standard U-Werte</b>	
Projektbemerkung	
Jahr	std. Jahr
Regenwasserlasten	
IfcProjectName	C:\Users\johe\Deskt...
IfcVersion	IFC4
IfcGlobalId	314EK8i9b6lweB\$Y43...
<b>Berechnungsverfa...</b>	
Heizflächen Referenz ...	<input checked="" type="checkbox"/>
Bei Berechnungen di...	<input checked="" type="checkbox"/>
Direktes Laden Proje...	<input type="checkbox"/>
Aktualisieren der Attr...	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Netze</b>	
<b>Trimble Connect</b>	

Schritt 1.1: Eigenschaften Projekt



Schritt 1.2: Gebäudestruktur

### Schritt 2: Modell-Export

IFC-Export

Zeichnung Layer Klasse Gewerk

Name	Geschoss	Gebäude	Export	Gesperrt
A EG.n4m	Erdgeschoss	Neu Gebäude	<input checked="" type="checkbox"/>	-
A OG.n4m	1. Obergeschoss	Neu Gebäude	<input checked="" type="checkbox"/>	-
A UG.n4m	1. Untergeschoss	Neu Gebäude	<input checked="" type="checkbox"/>	-

Optionen Datei

Dateiname ifc C:\Users\johe\Desktop\MT14 Nova Projekt\MT14 Testprojekt\01\IfcOut\technische Hürden.ifc  ifc überschreiben

Dateiheader Autor Jonas Heutschi Organisation Gruner Authorisation

Optionen Format

nur sichtbare Layer  Isolation eigenständig  Spaceboundaries  gesamte Struktur  Nordwinkel

Längeneinheit Meter Verschiebung keine Verschiebu Version IFC4 Label 0

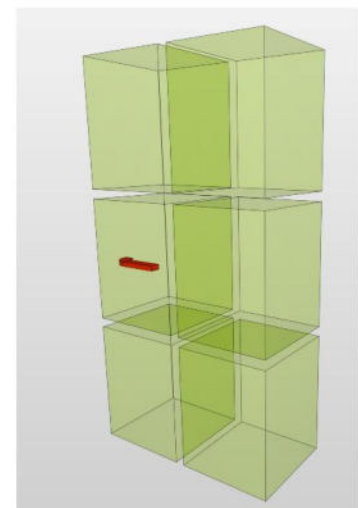
Vorlage Template1

IfcSystem  Standardsystem  Projektsystem

Trimble Connect Upload  Hochladen zu Trimble Connect  Trimble Connect Datei nach Export und Upload anzeigen

Trimble Connect Datei Trimble Connect Ziel auswählen

Schritt 2.1: Export Einstellungen

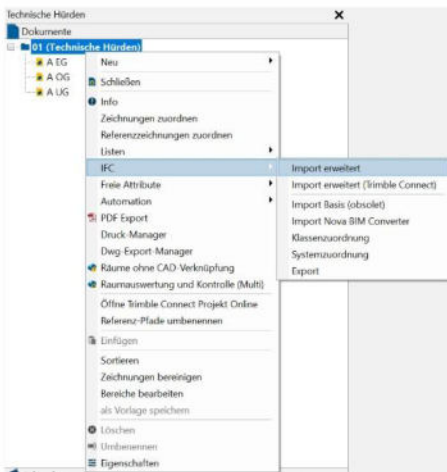


Schritt 2.2: Ansicht Modell in Solibri

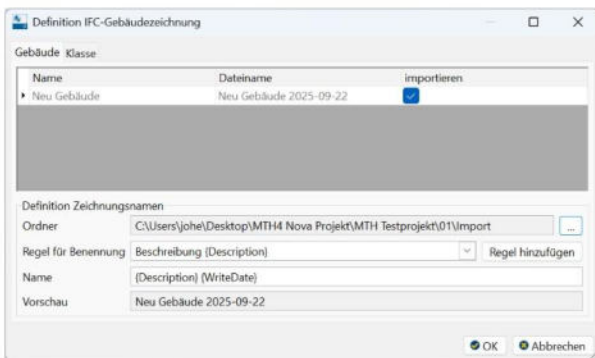
### Bemerkung:

Es gibt keine Einstellungsoptionen zur Model View Definition

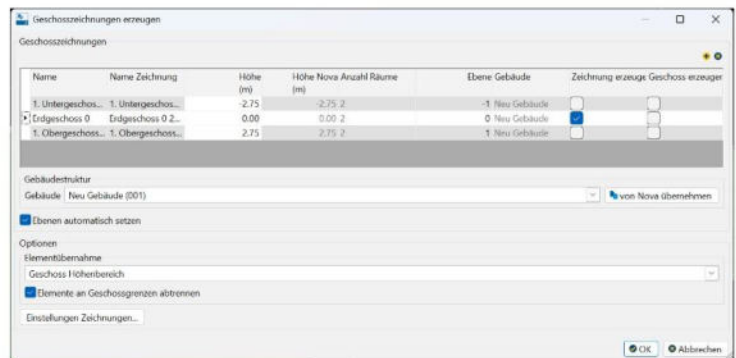
### Schritt 3: Import und Testen von Importvariante 1



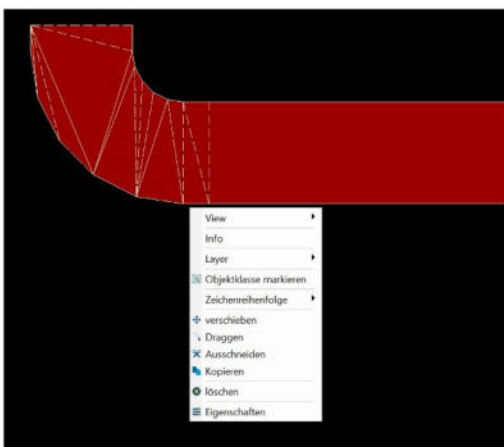
Schritt 3.1: Import als Datei



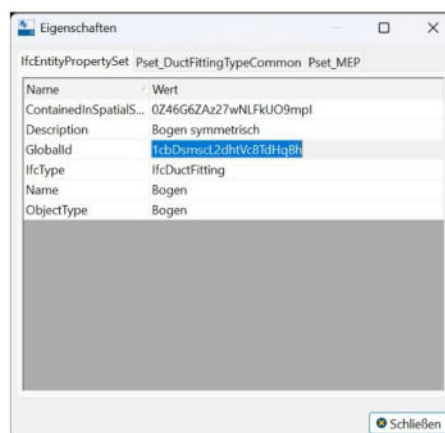
Schritt 3.2: Einstellungen beim Import als Gebäudezeichnung



Schritt 3.3: Einstellungen beim Erzeugen der Geschosszeichnungen

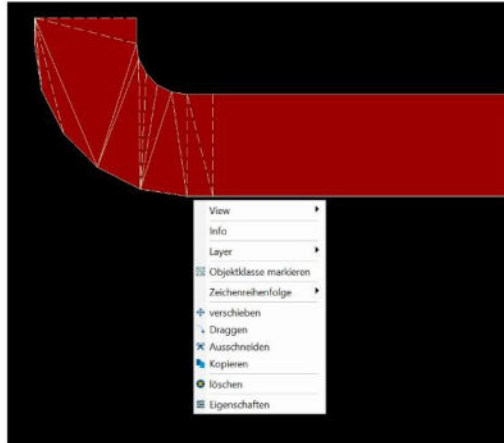
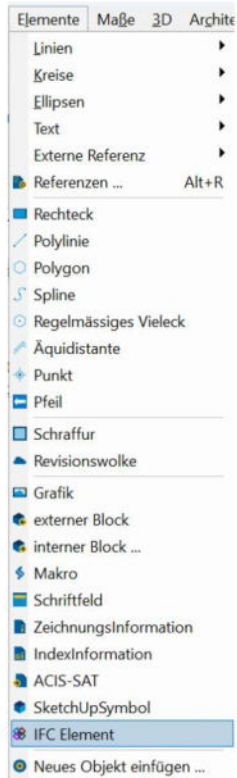


Schritt 3.4: Elemente können einzeln angewählt werden. Eingeschränkte Auswahl Programmfunktionen. Keine geometrische Anpassung möglich.

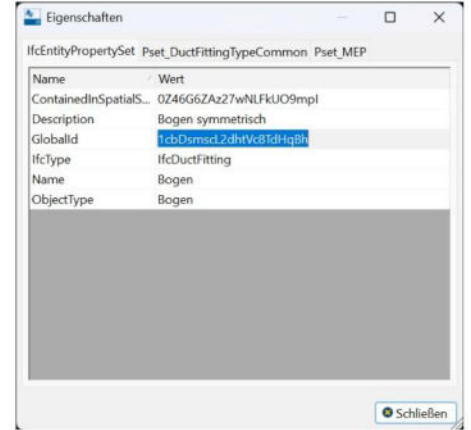


Schritt 3.5: Informationen werden importiert und können angezeigt werden. Bearbeitung, Überschreibung oder hinzufügen von weiteren ist nicht möglich.

**Schritt 4:** Testen Importvariante 2



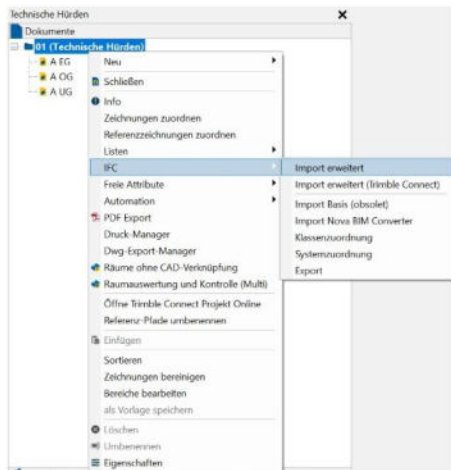
**Schritt 4.2:** Elemente können einzeln ausgewählt werden. Eingeschränkte Auswahl Programmfunktionen. Keine geometrische Anpassung möglich.



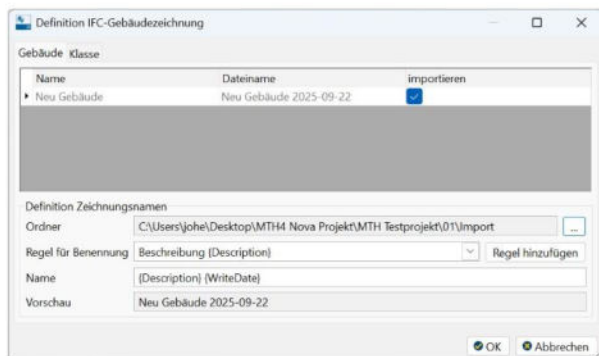
**Schritt 4.3:** Informationen werden importiert und können angezeigt werden. Bearbeitung, Überschreibung oder hinzufügen von weiteren ist nicht möglich.

**Schritt 4.1:** Import als IFC Element

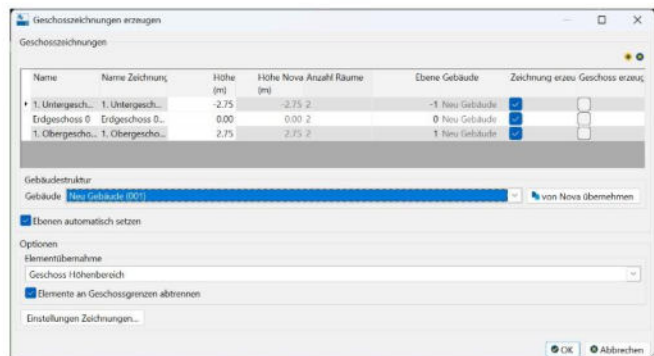
**Schritt 5:** Importversuch von Räumen



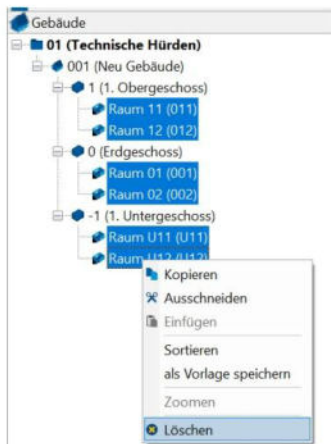
**Schritt 5.1:** Import als Datei



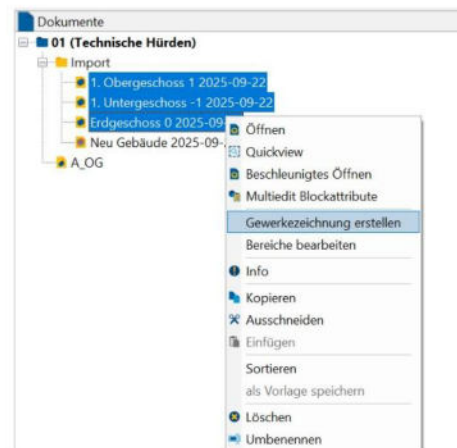
**Schritt 5.2:** Einstellungen beim Import als Gebäudezeichnung



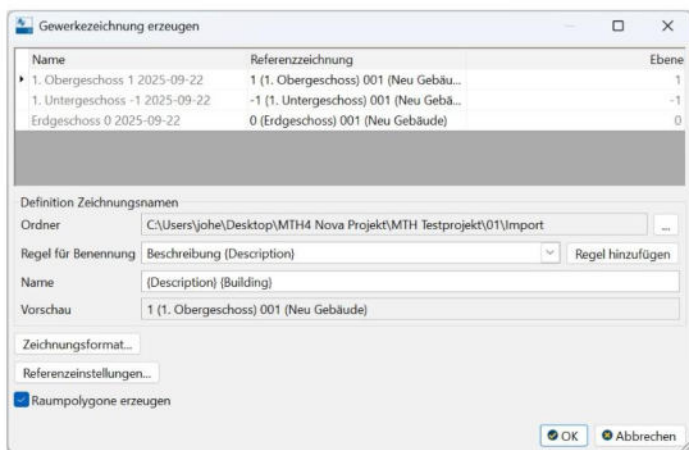
**Schritt 5.3:** Einstellungen beim erzeugen der Geschosszeichnungen



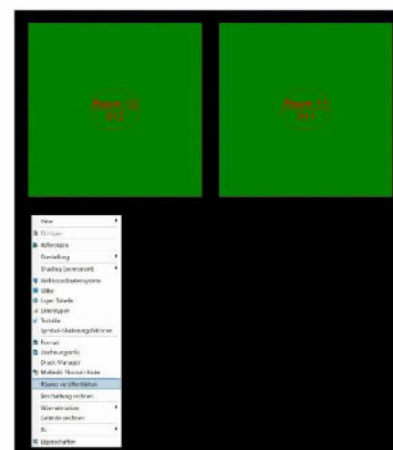
Schritt 5.4: Räume aus Gebäudestruktur entfernen



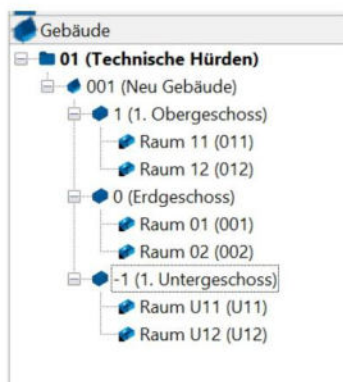
Schritt 5.5: Neue Gewerkezeichnungen erstellen



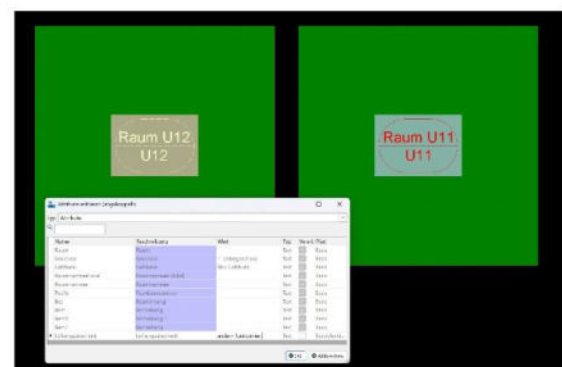
Schritt 5.6: Raumpolygone erzeugen aktivieren



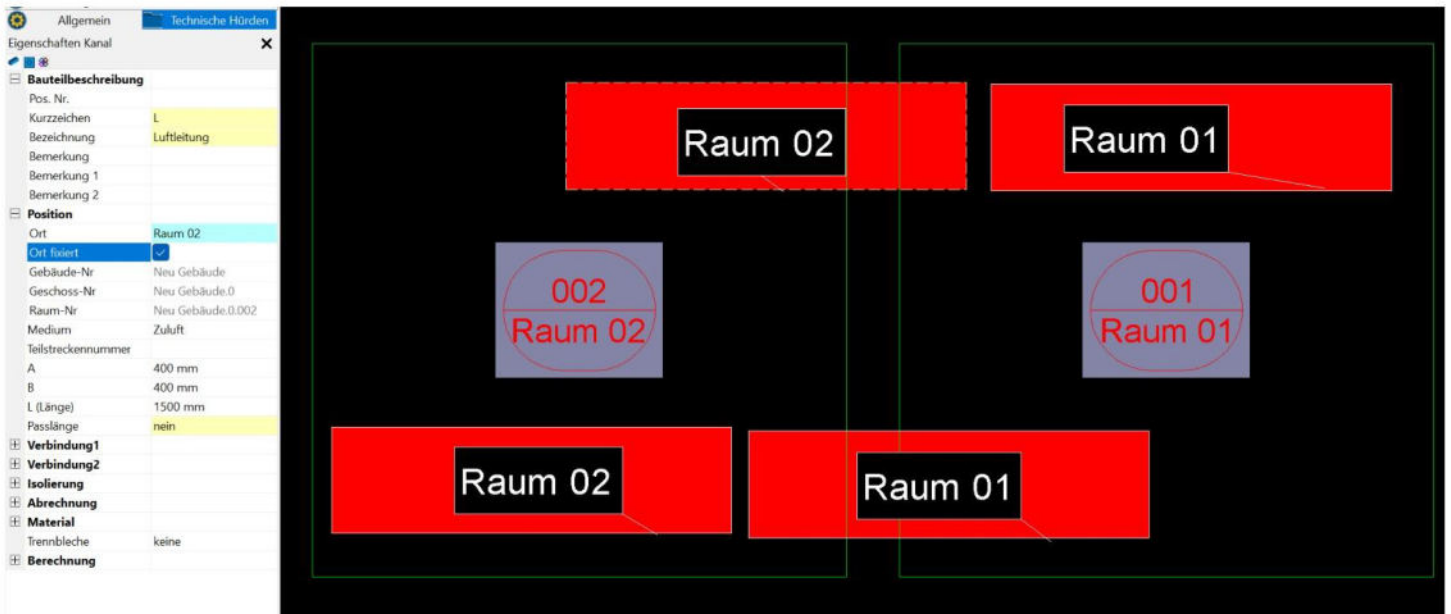
Schritt 5.6: In jeder Gewerkezeichnung die Räume veröffentlichen



Schritt 5.6: Räume werden in Struktur übernommen und können genutzt werden.



Schritt 5.7: Zum Beispiel lassen sich Attribute ergänzen und editieren.



**Schritt 5.8:** Die Räume können genutzt werden, um den Ort von Bauteilen zu ermitteln. Allerdings zeigt sich, dass stets nur der Raum mit dem grössten Anteil des Bauteils als Ort eingetragen wird. Bei nicht segmentierten Leitungen durch mehrere Räume wäre damit nur ein Raum eingetragen.

#### Erkenntnisse Hürde 1:

- Objekte können in Trimble Nova nach Import per IFC nicht geometrisch bearbeitet werden.
- Es können auch keine Attribute bearbeitet oder hinzugefügt werden.
- Räume können importiert und dann in Nova mit übernommener GlobalID neu erstellt werden. Ansonsten ist ebenfalls jegliche Bearbeitung unterbunden.
- Es werden für Bauteile lediglich angezeigt in welchem Raum sie sich grösstenteils befinden. Evt. Hindernis, wenn nicht segmentierte Leitungen modelliert sind.

## Hürde 2: Schnittstelle IFC-Export

### Problemschilderung:

- Zentrale Informationen zur Prüfung sind die Flussrichtung und die Systeme. Abhängig von CAD ist deren Export gemäss Expertengespräch einfacher möglich oder nicht. In Revit ist es gemäss Gespräch mit BIM-Koordinator umständlich die Systeme zu exportieren. Teilsysteme starten in Revit immer bei Abgängen / Verzweigungen.

### Herangehensweise:

1. Erstellung eines kleinen RLT-Modells in Trimble Nova
2. Export in IFC 4
  - Export 1: unberechnet / ohne Geschossverbinder
  - Export 2: unberechnet / mit Geschossverbinder
  - Export 3: berechnet / mit Geschossverbinder
3. Prüfen IFC-Datei mit Modell-Viewer / Notepad++ auf:
  - Geometrie
  - Elementverbindungen
  - Systeme
  - Flussrichtung
  - Geschossübergänge

### Abgrenzung:

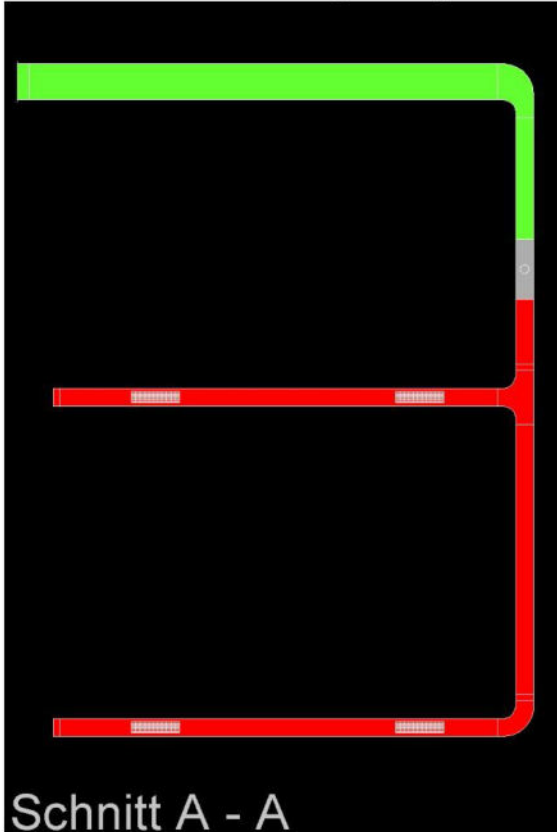
Die Untersuchung erfolgt mit dem unternehmensintern genutzten CAD-Programm "Trimble Nova" und Modell-Checker "Solibri".

Nova: 18.2 Patch 3

Solibri: 24.6.1

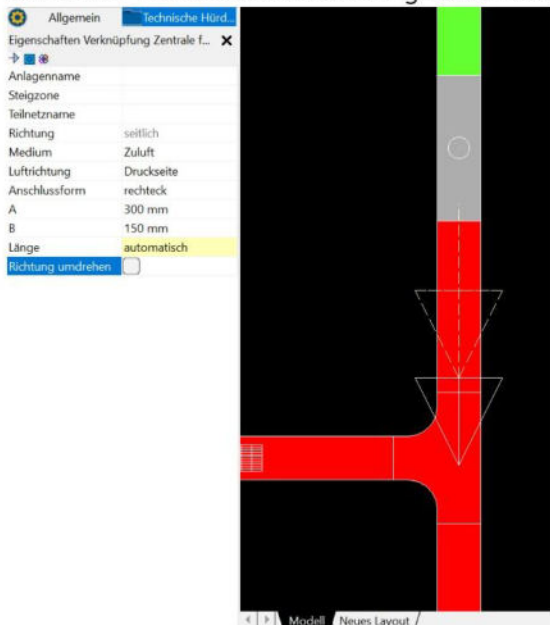
## Dokumentation:

**Schritt 1:** Modell-Erstellung und Export unberechnet ohne Geschossverbindung

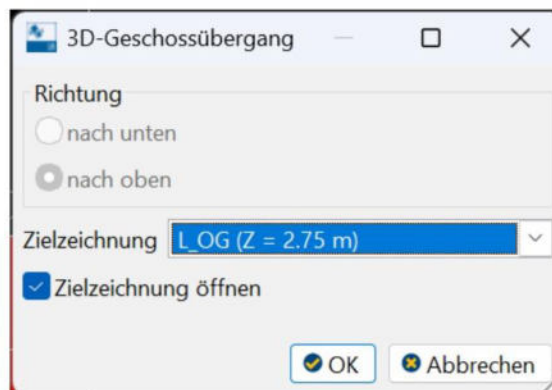


**Schritt 1.1:** Modellerstellung, simples Leitungsnetz mit WSG, Ventilator und Diffusionsgitter in Kanal verteilt über 3 Geschosse.

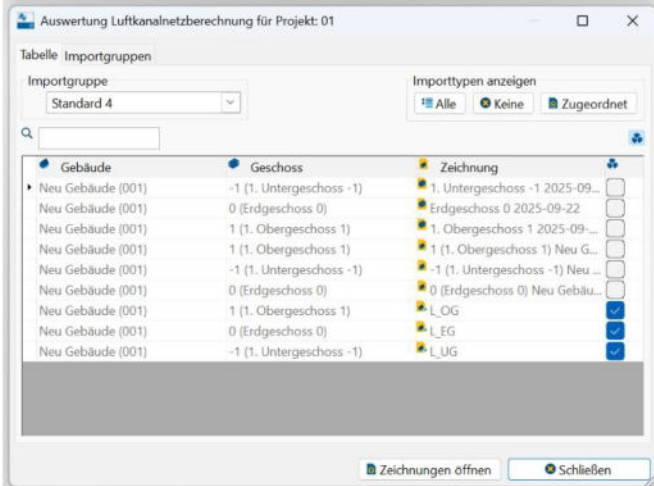
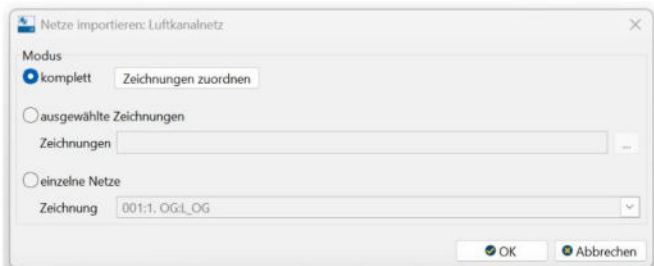
**Schritt 2:** Geschossverbinder ergänzen und Export unberechnet mit Geschossverbindung



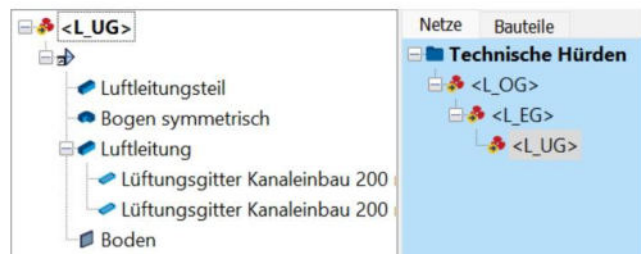
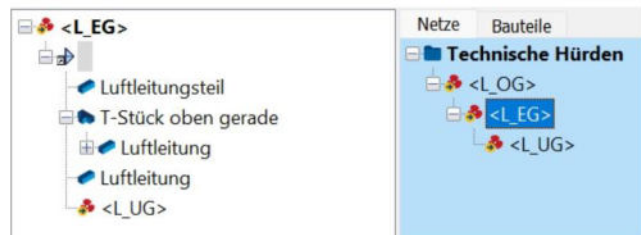
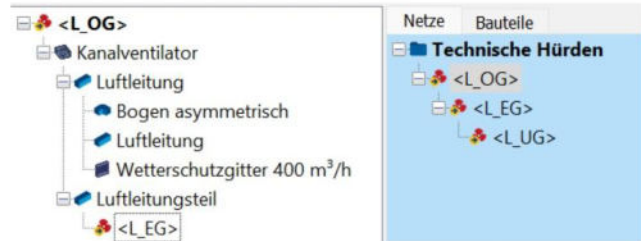
**Schritt 2.1:** Modellieren sämtlicher Geschossverbinder im Erdgeschoss



**Schritt 2.2:** Geschossübergang erstellen für angrenzende Geschosse und Leitungen neu verbinden.

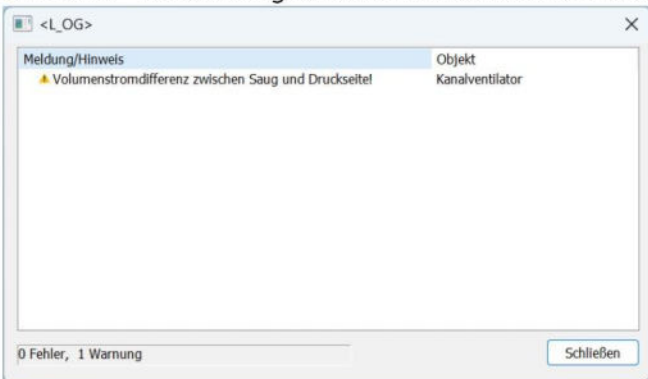


**Schritt 2.3:** Netzimport in Luftkanalrechnung zur Kontrolle der Geschossverbindungen

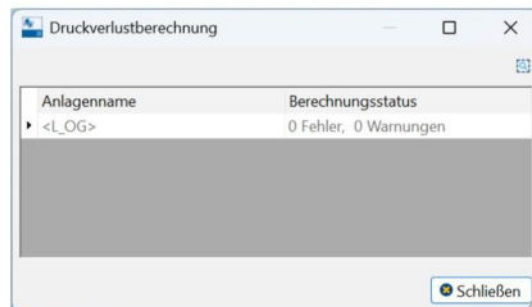


**Schritt 2.4:** Teilnetze korrekt erkannt und verbunden. Export erfolgt ohne Kanalberechnung.

### Schritt 3: Berechnung durchführen und berechnet exportieren

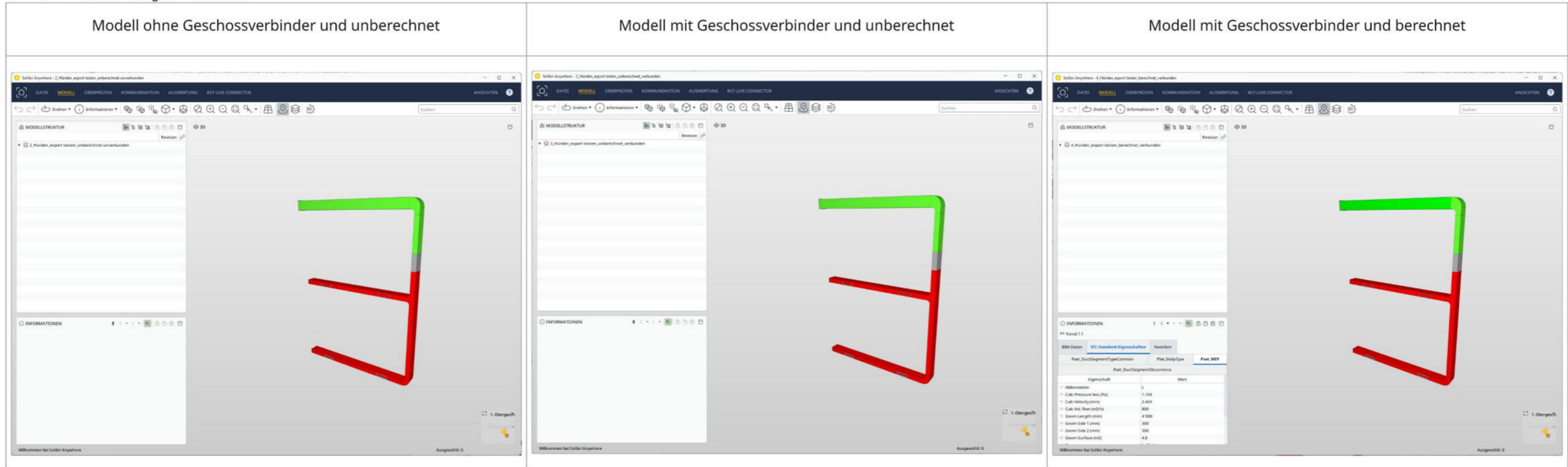


**Schritt 3.1:** Obschon keine Volumenströme hinterlegt wurden sind bereits enthalten und es kommt zu einer Fehlermeldung



**Schritt 3.2:** Nach manueller Korrektur erfolgt Berechnung ohne Fehlermeldung.

Schritt 4: Betrachtung der Geometrie



Erkenntnis: Optisch sind keine Unterschiede der Geometrie wahrzunehmen.

Schritt 5: Betrachtung der Elementverbindungen

Modell ohne Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und berechnet
<p>INFORMATIONEN</p> <p>Ventilator.1.1</p> <p>BIM-Daten IFC-Standard-Eigenschaften Favoriten</p> <p>Identifikation Position Mengen <b>Beziehungen</b> Klassifikation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Container</li> <li>Definiert nach Typ</li> <li>Gruppen</li> <li>Verbunden mit <ul style="list-style-type: none"> <li>Kanal.1.2</li> <li>Kanal.1.3</li> </ul> </li> <li>Vereinigte Geschosse</li> </ul> <p>#383=IFCFAN('08qyKCXlr0HhSvIkaLY9\$!',#2,'Kanalventilator','Kanalventilator','Kanalventilator',#394,#398,\$,\$);</p> <p>#1428=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('3\$DHq_3yJ5q95sbROIJzUd',#2,\$,\$,#1372,#383);</p> <p>#1430=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('01b5_XYNf4agxjs1JodaD',#2,\$,\$,#1380,#383);</p> <p>#1372=IFCDISTRIBUTIONPORT('06Q_A59WHB19vEGIdfRRC0',#2,'CP2',,\$,\$,#1373,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1380=IFCDISTRIBUTIONPORT('21eV8EN4H8VRnXymHS8Irr',#2,'CP1',,\$,\$,#1381,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1376=IFCRELCONNECTSPORTS('17k2RhzhVv6qe3TGUW\$jeWt',#2,\$,\$,#1369,#1372,\$);</p> <p>#1383=IFCRELCONNECTSPORTS('2kQoQxZJT1PQP7FR_Fs3xU',#2,\$,\$,#1377,#1380,\$);</p> <p>#1369=IFCDISTRIBUTIONPORT('2CFk1ZhCJA6ecMXAMQ5amv',#2,'CP2',,\$,\$,#1370,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1377=IFCDISTRIBUTIONPORT('1xr84RlJDCRQsyiem_kwLq',#2,'CP1',,\$,\$,#1378,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p>	<p>INFORMATIONEN</p> <p>Ventilator.1.1</p> <p>BIM-Daten IFC-Standard-Eigenschaften Favoriten</p> <p>Identifikation Position Mengen <b>Beziehungen</b> Klassifikation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Container</li> <li>Definiert nach Typ</li> <li>Gruppen</li> <li>Verbunden mit <ul style="list-style-type: none"> <li>Kanal.1.2</li> <li>Kanal.1.3</li> </ul> </li> <li>Vereinigte Geschosse</li> </ul> <p>#383=IFCFAN('08qyKCXlr0HhSvIkaLY9\$!',#2,'Kanalventilator','Kanalventilator','Kanalventilator',#394,#398,\$,\$);</p> <p>#1439=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0cvZAMJub4dPtzBdUwYjv',#2,\$,\$,#1383,#383);</p> <p>#1441=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('32zfwk68fEXO\$_IVM2yYbE',#2,\$,\$,#1391,#383);</p> <p>#1383=IFCDISTRIBUTIONPORT('1Hwer5mmL8PefvskkiDv4h',#2,'CP2',,\$,\$,#1384,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1391=IFCDISTRIBUTIONPORT('2pt4uRfpL3ruA9jDOLQSED',#2,'CP1',,\$,\$,#1392,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1387=IFCRELCONNECTSPORTS('1EA\$daQFPALfHHXp2DFBZJ',#2,\$,\$,#1380,#1383,\$);</p> <p>#1394=IFCRELCONNECTSPORTS('3rb6js99zDaPd8v4SA1dkV',#2,\$,\$,#1388,#1391,\$);</p> <p>#1380=IFCDISTRIBUTIONPORT('0V0ehWTK6Oumo8jIbQO_',#2,'CP2',,\$,\$,#1381,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1388=IFCDISTRIBUTIONPORT('3vrhjnZ_n6W89HL\$B6yNM',#2,'CP1',,\$,\$,#1389,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p>	<p>INFORMATIONEN</p> <p>Ventilator.1.1</p> <p>BIM-Daten IFC-Standard-Eigenschaften Favoriten</p> <p>Identifikation Position Mengen <b>Beziehungen</b> Klassifikation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Container</li> <li>Definiert nach Typ</li> <li>Gruppen</li> <li>Verbunden mit <ul style="list-style-type: none"> <li>Kanal.1.2</li> <li>Kanal.1.3</li> </ul> </li> <li>Vereinigte Geschosse</li> </ul> <p>#392=IFCFAN('08qyKCXlr0HhSvIkaLY9\$!',#2,'Kanalventilator','Kanalventilator','Kanalventilator',#408,#412,\$,\$);</p> <p>#1487=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1yTWpotu9BtAwTxaWRnQVJ',#2,\$,\$,#1431,#392);</p> <p>#1489=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('3rt8vFfu51sw6qzjcy3UoE',#2,\$,\$,#1439,#392);</p> <p>#1431=IFCDISTRIBUTIONPORT('0SwzjjhxrFLhgcDdy_I2Q6',#2,'CP2',,\$,\$,#1432,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1439=IFCDISTRIBUTIONPORT('2f88qD29r5_hEBHJxTmBrA',#2,'CP1',,\$,\$,#1440,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1435=IFCRELCONNECTSPORTS('3eiVubDQFrFr4ar9wmLmx9',#2,\$,\$,#1428,#1431,\$);</p> <p>#1442=IFCRELCONNECTSPORTS('3Q4ml9EvnE8e2MrE7fZ_MV',#2,\$,\$,#1436,#1439,\$);</p> <p>#1428=IFCDISTRIBUTIONPORT('3ow2YXXOD0291VpWqToRs7',#2,'CP2',,\$,\$,#1429,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p> <p>#1436=IFCDISTRIBUTIONPORT('0HSf\$9rmj8Q9Z5KsvCo130',#2,'CP1',,\$,\$,#1437,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);</p>

Erkenntnis: Keine Unterschiede bei Elementverbindungen erkennbar.

[IFCFAN] - [IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT] - [IFCDISTRIBUTIONPORT] - [IFCRELCONNECTSPORTS] - [IFCDISTRIBUTIONPORT] - [IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT] - [IFCELEMENT]

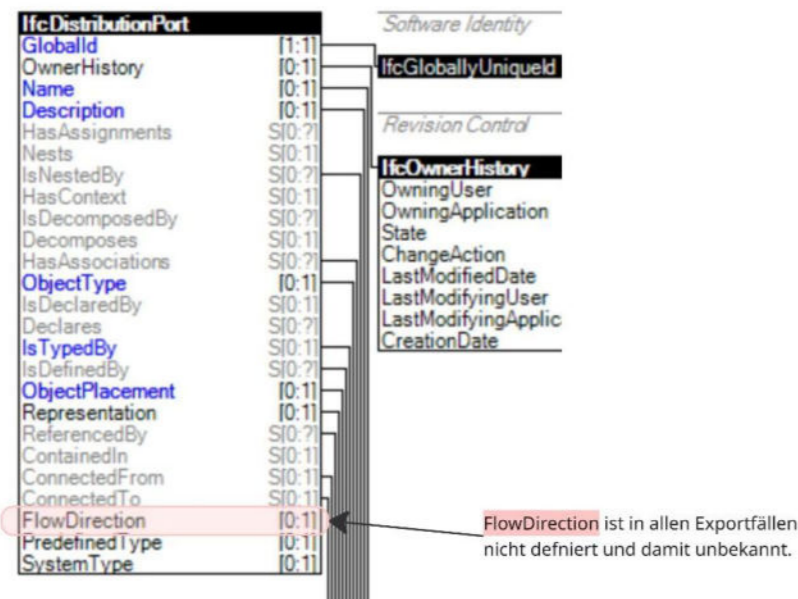
Schritt 6: Vergleich Export Systeme

Modell ohne Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und berechnet
<pre>#384=IFCSYSTEM('3FNzdNeGfC8usb4opFbk8',#2,'Zuluft','',\$);</pre> <pre>#1400=IFCRELASSIGNSTOGROUP('00PcxZXH5EpOX8hBA07G4i',#2,\$,\$, (#383,#666,#706,#758,#779,#808,#851,#1050,#1075,#1109,#1127,#1136,#1144,#1153,#1271),\$,#384);</pre> <p>15 Bauteile stimmt mit modellierter Zuluft überein (inkl. Ventilator)</p> <pre>#26=IFCSYSTEM('2hsiWp7oH5XvqNxvUDf6Bx',#2,'Aussenluft','',\$);</pre> <pre>#1399=IFCRELASSIGNSTOGROUP('345r5DiMHBJ9wEPb4Bn4U\$',#2,\$,\$, (#25,#239,#294,#630),\$,#26);</pre> <p>4 Bauteile stimmt mit modellierter Aussenluft überein</p>	<pre>#384=IFCSYSTEM('1UzIYXGon8_8pbc57FNfPt',#2,'Zuluft','',\$);</pre> <pre>#1411=IFCRELASSIGNSTOGROUP('1cP61frpr2wxmtPIRXeZ4',#2,\$,\$, (#383,#666,#704,#710,#762,#783,#812,#855,#1054,#1088,#1091,#1116,#1121,#1138,#1147,#1155,#1164,#1282,#1286),\$,#384);</pre> <p>19 Bauteile stimmt mit modellierter Zuluft überein (inkl. Ventilator und 4 Geschossverbinder)</p> <pre>#26=IFCSYSTEM('2HFQ9xe8zCsxzFVlo8zLHL',#2,'Aussenluft','',\$);</pre> <pre>#1410=IFCRELASSIGNSTOGROUP('3huzukZ9jCFht7AIjCJrg9',#2,\$,\$, (#25,#239,#294,#630),\$,#26);</pre> <p>4 Bauteile stimmt mit modellierter Aussenluft überein</p>	<pre>#393=IFCSYSTEM('09WGCXTPC68E4V2Sgph9Y',#2,'Zuluft','',\$);</pre> <pre>#1459=IFCRELASSIGNSTOGROUP('1FdXS8CF98OuaFhjeBqNE',#2,\$,\$, (#392,#684,#724,#731,#783,#805,#839,#883,#1083,#1119,#1122,#1149,#1154,#1174,#1185,#1196,#1207,#1328,#1332),\$,#393);</pre> <p>19 Bauteile stimmt mit modellierter Zuluft überein (inkl. Ventilator und 4 Geschossverbinder)</p> <pre>#26=IFCSYSTEM('3WzvQipbHBcun2PwOV4V36',#2,'Aussenluft','',\$);</pre> <pre>#1458=IFCRELASSIGNSTOGROUP('32XkuluvP5Kev0bn1f8WIL',#2,\$,\$, (#25,#241,#312,#644),\$,#26);</pre> <p>4 Bauteile stimmt mit modellierter Aussenluft überein</p>

**Erkenntnis:** Export der Medien erfolgt standardmässig als IFCSYSTEM. Projekteinstellungen sind möglich vorzunehmen. IFCVIRTUALELEMENT werden ebenfalls dem IFCSYSTEM hinzugefügt.

Schritt 7: Vergleich Flussrichtung

Modell ohne Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und berechnet
<pre>#383=IFCFAN('08qyKCXlr0HhSvIkaLY9\$I',#2,'Kanalventilator','Kanalventilator','Kanalventilator',#394,#398,\$,\$);</pre> <pre>#1428=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('3\$DhQ_3yj5q95sbROIIZuD',#2,\$,\$,#1372,#383);</pre> <pre>#1430=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('01b5_XYNf4agxjs1J0daD',#2,\$,\$,#1380,#383);</pre> <pre>#1372=IFCDISTRIBUTIONPORT('06Q_A59WHB19vEGIdfRRC0',#2,'CP2',\$,\$,#1373,\$,..NOTDEFINED..,\$,\$);</pre> <pre>#1380=IFCDISTRIBUTIONPORT('21eV8EN4H8VRnXymHS8Irr',#2,'CP1',\$,\$,#1381,\$,..NOTDEFINED..,\$,\$);</pre>	<pre>#383=IFCFAN('08qyKCXlr0HhSvIkaLY9\$I',#2,'Kanalventilator','Kanalventilator','Kanalventilator',#394,#398,\$,\$);</pre> <pre>#1439=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0cVZAMjUb4dPtzBdUwYIjv',#2,\$,\$,#1383,#383);</pre> <pre>#1441=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('32zfwk68FEXO\$_VM2Vybe',#2,\$,\$,#1391,#383);</pre> <pre>#1383=IFCDISTRIBUTIONPORT('1HWer5mmL8PefvskkiDv4h',#2,'CP2',\$,\$,#1384,\$,..NOTDEFINED..,\$,\$);</pre> <pre>#1391=IFCDISTRIBUTIONPORT('2pt4uRfpL3ruA9jDOLQSED',#2,'CP1',\$,\$,#1392,\$,..NOTDEFINED..,\$,\$);</pre>	<pre>#392=IFCFAN('08qyKCXlr0HhSvIkaLY9\$I',#2,'Kanalventilator','Kanalventilator','Kanalventilator',#408,#412,\$,\$);</pre> <pre>#1487=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1yTWpotu9BtAwTxaWRnQVJ',#2,\$,\$,#1431,#392);</pre> <pre>#1489=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('3rt8vFfu51sw6qzjcy3Uoe',#2,\$,\$,#1439,#392);</pre> <pre>#1431=IFCDISTRIBUTIONPORT('0SwzjjhxrFLhgcCdy_I2Q6',#2,'CP2',\$,\$,#1432,\$,..NOTDEFINED..,\$,\$);</pre> <pre>#1439=IFCDISTRIBUTIONPORT('2f88qD29r5_hEBHjXtmBrA',#2,'CP1',\$,\$,#1440,\$,..NOTDEFINED..,\$,\$);</pre>



**Erkenntnis:** Flussrichtung wird in keinem Fall exportiert, nicht einmal beim Ventilator. Keine Einstellmöglichkeiten in der Software für den Export vorhanden.

## Schritt 8: Geschossübergänge

Modell ohne Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und unberechnet	Modell mit Geschossverbinder und berechnet
<p>#1050=IFCDUCTSEGMENT('3IUS4ngTj8uwZp4jOukBAW',#2,'Kanal','Luftleitungsteil','Kanal',#1054,#1057,\$,\$);</p> <p><b>Verbindung CP1:</b>            #1423=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0j5u9CyeP8MPti4yrKSjXO',#2,\$,\$,#1354,#1050);            #1354=IFCDISTRIBUTIONPORT('17za\$4zu57o9fMs\$0XdqbO',#2,'CP1',,\$,\$,#1355,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);            #1360=IFCRELCONNECTSPORTS('0jrr2yznr6PBy1GlxowbXD',#2,\$,\$,#1354,#1357,\$);            #1357=IFCDISTRIBUTIONPORT('2tnEsjgWz7L9zEegrFc2fX',#2,'CP1',,\$,\$,#1358,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);            #1424=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('2PTjmMsOn1LafNkIqoiwQo',#2,\$,\$,#1357,#851);            #851=IFCDUCTFITTING('1kC8mrGcr4c9j_OptytWjK',#2,'T-Stück','T-Stück oben gerade','T-Stück',#866,#869,\$,\$);</p> <p><b>Erkenntnis:</b> CP1 ist nicht die Verbindung zum anderen Geschoss.</p> <p><b>Verbindung CP2:</b>            #1425=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0\$4jqgfg94pxTuUAW673b0',#2,\$,\$,#1361,#1050);            #1361=IFCDISTRIBUTIONPORT('1yMuCtg1bcXPUpZoWnY9I',#2,'CP2',,\$,\$,#1362,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);            #1368=IFCRELCONNECTSPORTS('0yN6mv1qz7HRvex01xrajG',#2,\$,\$,#1361,#1364,\$);            #1364=IFCDISTRIBUTIONPORT('3eUQWGuuf5ug8MKBX3keHj',#2,'CP1',,\$,\$,#1365,\$,NOTDEFINED,,\$,\$);            #1426=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0j2g\$A3W5CDvncphjAWu_O',#2,\$,\$,#1364,#666);            #666=IFCDUCTSEGMENT('02Xq7SYXr5_AICXy\$z8cOK',#2,'Kanal','Luftleitungsteil','Kanal',#675,#679,\$,\$);</p> <p><b>Nachweis Geschossübergang:</b>            #1434=IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE('0VXMI3fE51mgy\$8dsitgI',#2,\$,\$,            (#706,#758,#779,#808,#851,#1050,#1075),#704);            #704=IFCBUILDINGSTOREY('0Z46G6ZA27wNLFkUO9mpI',#2,'Erdgeschoss 0','0','Geschoss',            #705,\$,\$,ELEMENT,0.);            #1433=IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE('3OzvIOkG1AFv73dolCveQ2',#2,\$,\$,            (#25,#239,#294,#383,#630,#666),#23);            #23=IFCBUILDINGSTOREY('20LvSuMoT32xT\$73MUvKI9',#2,'1. Obergeschoss 1','1','Geschoss',            #24,\$,\$,ELEMENT,2.75);</p> <p><b>Erkenntnis:</b> In Trimble Nova 18.2.3 werden Geschossverbindungen bei unverbunden Elementen erkannt und exportiert. Jedoch nur wenn Geometrien der beiden Geschossanschlüsse kongruent (ausser Geschosszuweisung).</p>	<p>#1091=IFCDUCTSEGMENT('0YqNqzP0f16em6uruACCuU',#2,'Kanal','Luftleitungsteil','Kanal',#1094,#1097,\$,\$);            #1088=IFCVIRTUALELEMENT('3REWdSAb18ZP7I73switoO',#2,'Verknüpfung Zentrale für RLT-Netz','Verknüpfung Zentrale für RLT-Netz','Verknüpfung Zentrale für RLT-Netz',#1090,\$,\$);</p> <p><b>Alle Nennungen von #1091:</b>            #1411=IFCRELASSIGNSTOGROUP('1cP61frpr2wxmtPIRXEzX4',#2,\$,\$,            (#383,#666,#704,#710,#762,#783,#812,#855,#1054,#1088,#1091,#1116,#1121,#1138,#1147,#1155,#1164,            #1282,#1286),#384);            #1436=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1yWSHe\$19EjxYmM6eMQZht',#2,\$,\$,#1374,#1091);            #1445=IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE('2dv8mGcPf5fPqPscjB_fil',#2,\$,\$,            (#710,#762,#783,#812,#855,#1054,#1088,#1091,#1116),#708);            #1449=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('3bhHEWVHD6wPAQzYmHQPeC',#2,\$,\$,            (#239,#630,#666,#783,#1054,#1091,#1147,#1286),#241);            #1460=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('36Vtk6Ic977R2CUhxgzEWI',#2,\$,\$,(#666,#1091,#1286),#667);            #1474=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('1lwdf5jCdOmW6Z_COy6E',#2,\$,\$,(#1091,#1286),#1093);            #1482=IFCRELDEFINESBYTYPE('0HO3Ra_kvAFvp8kKlfbguD',#2,\$,\$,(#666,#1091,#1286),#674);</p> <p><b>Erkenntnis:</b> Für Kanal wird nur ein Anschluss in IFC exportiert, dieser führt zum angrenzenden T-Stück im selben Geschoss. Keine Verbindung zu IFCVIRTUALELEMNT auffindbar. Damit keine Rückschlüsse zu der Geschossverbindung vorhanden!            Einzige Verbindung ist #1459, welche die Elemente für das IFCSYSTEM gruppiert, und #1493, welche die Elemente für das Geschoss gruppiert.</p>	<p>#1122=IFCDUCTSEGMENT('0YqNqzP0f16em6uruACCuU',#2,'Kanal','Luftleitungsteil','Kanal',#1127,#1130,\$,\$);            #1119=IFCVIRTUALELEMENT('3REWdSAb18ZP7I73switoO',#2,'Verknüpfung Zentrale für RLT-Netz','Verknüpfung Zentrale für RLT-Netz','Verknüpfung Zentrale für RLT-Netz',#1121,\$,\$);</p> <p><b>Alle Nennungen von #1122:</b>            #1459=IFCRELASSIGNSTOGROUP('1FdXS8CF98OuaFhJjeBqNE',#2,\$,\$,            (#392,#684,#724,#731,#783,#805,#839,#883,#1083,#1119,#1122,#1149,#1154,#1174,#1185,#1196,#1207,#1328,            #1332),#393);            #1484=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('3lmwjagpDCYeIPLlxKPTcm',#2,\$,\$,#1422,#1122);            #1493=IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE('07frylpxX2jxj0qHBymq9R',#2,\$,\$,            (#731,#783,#805,#839,#883,#1083,#1119,#1122,#1149),#729);            #1497=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('0z1N_a\$uf8Z8CPV9k_ayAZ',#2,\$,\$,            (#241,#644,#684,#805,#1083,#1122,#1185,#1332),#244);            #1508=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('3V6GcM5azEM93mUNCBxbDj',#2,\$,\$,(#684,#1122,#1332),#685);            #1523=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('2MMou9xVDSQRRGGetCDYUS',#2,\$,\$,(#1122),#1124);            #1537=IFCRELDEFINESBYTYPE('2rJj1mqvT8Z8FIOGaE4nIM',#2,\$,\$,(#684,#1122,#1332),#694);</p> <p><b>Erkenntnis:</b> Für Kanal wird nur ein Anschluss in IFC exportiert, dieser führt zum angrenzenden T-Stück im selben Geschoss. Keine Verbindung zu IFCVIRTUALELEMNT auffindbar. Damit keine Rückschlüsse zu der Geschossverbindung vorhanden!            Einzige Verbindung ist #1459, welche die Elemente für das IFCSYSTEM gruppiert, und #1493, welche die Elemente für das Geschoss gruppiert.</p>

**Erkenntnis:** Geschossverbindungen sind ohne die Modellierung von Geschossverbindern in IFC enthalten. Sind Geschossverbinder modelliert können die Übergänge im IFC nicht erkannt werden.

Bei modellierten Geschossverbinder können die Geschossverbindungen nach Export in IFC nicht nachvollzogen werden.

## Erkenntnisse Hürde 2:

- Optisch sind keine Unterschiede der Geometrie wahrzunehmen.
- Keine Unterschiede bei Elementverbindungen erkennbar.
- Export der Medien erfolgt standardmässig als IFCSYSTEM. Projektspezifische Einstellgen können vorgenommen werden.
- Flussrichtung wird nicht unterstützt.
- Geschossübergänge bei Modellen ohne Geschossverbindern vorhanden. Sonst keine Rückschlüsse ohne geometrische Auswertungen möglich.

## Spätere Erkenntnisse:

- Export berechneter Modelle mit Bauteilverbindung bei Geschossübergängen kann durch abwählen der IFCVIRTUALELEMENT beim IFC-Export erfolgen
- Export von Nova erkennt auch im Geschoss selber Verbindungen die nicht modelliert sind.
- Bei Dämmung werden Verbindungen teils falsch exportiert.

## Hürde 3: Limitationen von Prüfplattformen

### Problemschilderung:

- Sämtliche Prüfplattformen haben unterschiedliche Stärken und Limitationen. Beispielsweise kennt Revizto kein Exkludieren in Prüfregeln und kann nicht zur Kontrolle von Aussparungen verwendet werden.

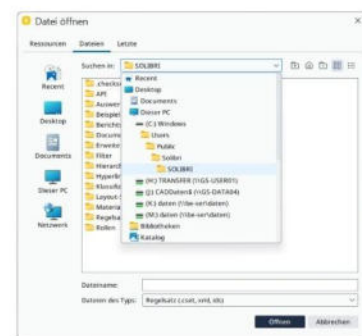
### Herangehensweise:

1. In Solibri die Standard Prüfregeln erfassen (Solibri ist der meistgenannte Modell-Checker)
2. Prüfregeln des SwissPackage für RLT erfassen

### Abgrenzung:

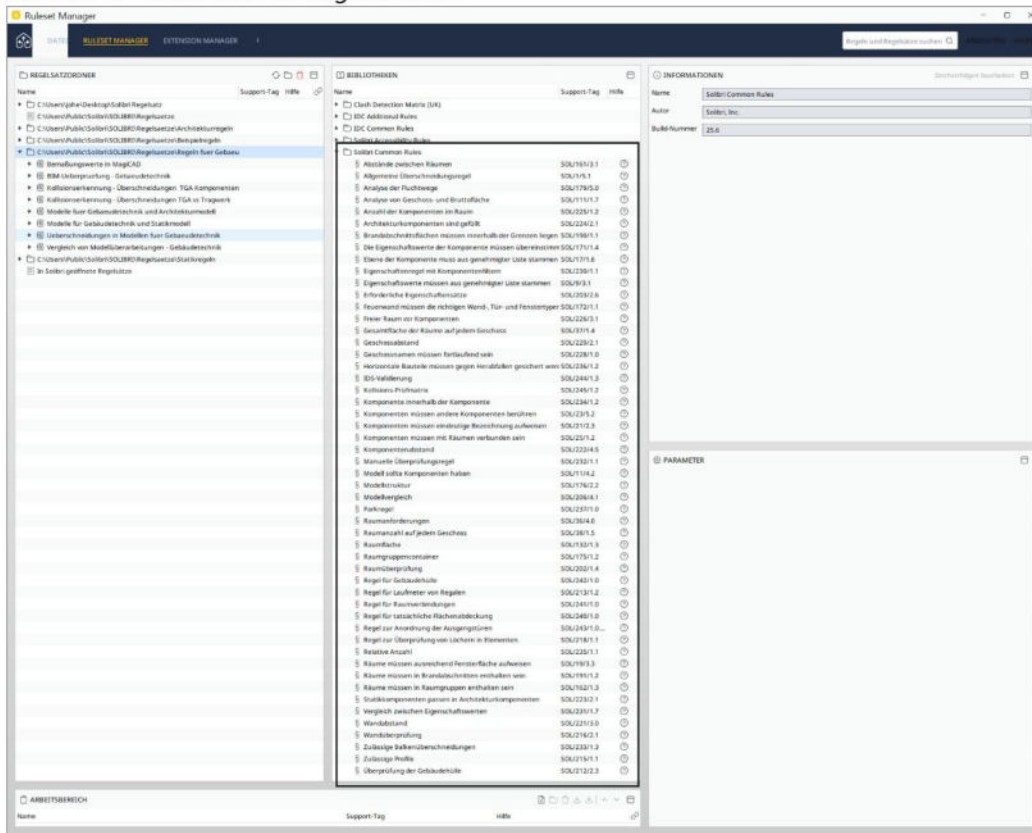
Die Untersuchung erfolgt mit dem unternehmensintern genutzten CAD-Programm "Trimble Nova" und Modell-Checker "Solibri".

Nova: 18.2 Patch 3  
Solibri: 25.6  
SwissPackage: 1.2.40



# Dokumentation:

## Schritt 1: Standard Prüfregele Solibri



**Schritt 1.1:** Betrachtete Regeln im Ruleset Manager. Die Regeln im Regelsatzordner bauen auf der Grundregeln aus der Bibliothek auf.

**Schritt 1.2:** In nachfolgenden Tabelle ist die Einschätzung sämtlicher Prüfregele enthalten. Es erfolgt eine Gliederung nach bestmöglicher Einschätzung. Da die Prüfregele keinen Einblick in den Prüfalgorithme gewähren ist die Einteilung subjektiv behaftet.



Regelname	Regelbeschreibung	Auswertung								
		Geometrisch				Eigenschaften			Beziehungen	
		Volumen	Fläche	Länge	Position	Geometriotyp	Wert / Typ	Wertebedingungen		Anzahl
Gesamtfläche der Räume auf jedem Geschoss	Mit dieser Regel wird überprüft, ob die Gesamtfläche der Räume auf jedem Geschoss innerhalb bestimmter Grenzen liegt.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschossabstand	Mit dieser Regel werden die vertikalen Abstände zwischen Komponenten überprüft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschossnamen müssen fortlaufend sein	Mit dieser Regel wird überprüft, ob Geschossnamen numerisch und fortlaufend sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Horizontale Bauteile müssen gegen Herabfallen gesichert werden	Diese Regel überprüft, dass das Herabfallen von horizontalen Komponenten, wie z. B. Decken nicht möglich ist. Diese Regel überprüft, dass horizontale Komponenten durch vertikale Komponenten, wie Mauern oder Geländer gestützt werden. Befindet sich an der Kante der horizontalen Komponente keine vertikale Komponente, muss die horizontale Komponente durch eine weitere horizontale Komponente fortgeführt werden, wobei die Lücke nicht größer als angegeben sein darf.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IDS-Validierung	Diese Regel validiert IFC-Modelle anhand von IDS-XML-Dateien (Information Delivery Specification). Sie unterstützt alle gängigen IDS-Dateiformatversionen, einschließlich v0.9.6, v0.9.7 und v1. Die Information Delivery Specification (IDS) ist ein von buildingSMART entwickelter Standard zur Definition von Informationsanforderungen auf eine Weise, die von Menschen leicht gelesen und von Computern interpretiert werden kann. Dieser in der Entwicklung befindliche Standard hilft Mitarbeitern der Baubranche dabei, ihre Anforderungen an den Austausch besser zu definieren, und sorgt für Klarheit zwischen den verschiedenen Interessengruppen. Es stellt sicher, dass Eigentümer von Anlagen genau angeben können, was sie wollen, und gibt den Projektteilnehmern einen besseren Einblick in das, was sie liefern müssen. Es sorgt für mehr Sicherheit und Klarheit, wenn es in Kombination mit anderen Standards und Dienstleistungen verwendet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kollisions-Prüfmatrix	Die Kollisions-Prüfmatrix detektiert, visualisiert und dokumentiert alle Kollisionen in Ihrem BIM Projekt. Kollisionsart und Toleranzen sind in den Regelparametern benutzerdefiniert anpassbar. Die Parameter können aus Excel importiert und der Bericht in Excel exportiert werden, um weitergehende Analysen und das Teilen zu ermöglichen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Komponente innerhalb der Komponente	Diese Regel überprüft die Abstände zwischen den Komponentenoberflächen, wenn sich Komponenten innerhalb anderer Komponenten befinden.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Komponenten müssen andere Komponenten berühren	Mit dieser Regel wird überprüft, ob Komponentenoberflächen andere Komponenten oberhalb oder unterhalb berühren. Die Prüfung erfordert, dass die Oberflächen parallel und einander zugewandt sind.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Komponenten müssen eindeutige Bezeichnung aufweisen	Mit dieser Regel wird überprüft, ob Jede Komponente eine eindeutige Bezeichnung aufweist (im gesamten Modell, in jedem Geschoss oder in derselben Raumgruppe). Zudem wird überprüft, ob die Bezeichnung korrekt sind (falls erforderlich).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>





INFORMATIONEN
Zeichenfolgen bearbeiten

Name: Regel für Raumverbindungen

Beschreibung: Bearbeiten  
 Diese Regel überprüft die direkten Verbindungen zwischen ausgewählten Räumen und ob diese direkt mit der Außenseite des Gebäudes verbunden sind.

Autor: Salibri, Inc.

Version: 1.0

Datum: 2018-12-17

Support-Tag: SOL/241/1.0

PARAMETER
Schweregradparameter

Zu überprüfende Räume

Zu überprüfende Räume (A)

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert

Anforderungen für Raumverbindungen

Direkter Ausgang aus Raum A zur Außenseite des Gebäudes

**Zulässig**  
 Wenn der Zugang besteht, kann er auf den richtigen Typ überprüft werden.

**Erforderlich**  
 Muss eine Tür oder eine Öffnung nach draußen haben.

**Verboten**  
 Kein Zutritt von außerhalb des Gebäudes zulässig.

Art des direkten Zugangs, der berücksichtigt werden soll

**Jede Tür oder Öffnung**  
 Sowohl Türen als auch Öffnungen werden berücksichtigt.

**Türen berücksichtigen**  
 Es werden nur Türen berücksichtigt.

**Öffnungen berücksichtigen**  
 Es werden nur Öffnungen berücksichtigt.

Zu überprüfende Räume

Zu überprüfende Räume (B)

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert

Anforderungen für Raumverbindungen

Direkter Zugang (Tür oder Öffnung) zum Raum B

**Zulässig**  
 Wenn der Zugang besteht, kann er auf den richtigen Typ überprüft werden.

**Erforderlich**  
 Jeder Raum A muss mindestens eine direkte Verbindung zu einem Raum B haben.

**Verboten**  
 Keiner Raum A darf eine Verbindung zu einem Raum B haben.

Art des direkten Zugangs, der berücksichtigt werden soll

**Jede Tür oder Öffnung**  
 Sowohl Türen als auch Öffnungen werden berücksichtigt.

**Türen berücksichtigen**  
 Es werden nur Türen berücksichtigt.

**Öffnungen berücksichtigen**  
 Es werden nur Öffnungen berücksichtigt.

INFORMATIONEN
Zeichenfolgen bearbeiten

Name: Analyse der Fluchtwege

Beschreibung: Bearbeiten  
 Mit dieser Regel wird überprüft, ob es möglich ist, das Gebäude bei einem Feuer oder einem anderen Notfall sicher zu verlassen. Das Gebäude muss eine ausreichende Anzahl angemessen platzierter Ausgänge aufweisen, die über ausreichend Kapazität verfügen, damit die Zeit zum Verlassen des Gebäudes nicht gefährlich lang wird.

Autor: Salibri, Inc.

Version: 5.0

Datum: 2023-08-28

Support-Tag: SOL/179/5.0

PARAMETER
Schweregradparameter

Allgemein

Raumklassifikation: Raumnutzung (Klassifizierung nicht geladen)

Übergeordnete Anforderungen

Klassifikationsname	Weglänge	Fläche/Nutzer	Anzahl der Ausgänge	Startpunkt	Fiber
*	30,00 m	10,00 m <sup>2</sup>	1 Tür		

Route

Methode der Routenführung: Treppenlänge:

Multiplikator für die gemeinsame Wege:  Multiplikator für die Treppenhöhe:

Überprüfen, ob sich die Türen in Fluchtrichtung öffnen:

Ausgänge und vertikaler Zugang

Klassifikationen  Fiber

Ausgangstüren

Klassifikation für Ausgangstüren: Ausgänge (Klassifizierung nicht geladen)

Klassifikationsname	Ausgangstyp
*	Ausgangstür

Vertikale Erschließung

Klassifikation vertikaler Erschließung: Vertikale Erschließung (Klassifizierung nicht geladen)

Klassifikationsname von Treppen für Fluchtwege

Brandabschnitte

Prioritäten der Brandabschnitte

Durchgang zum Ausgang

Minimale Höhe des Durchgangs zum Ausgang:

Minimale Breite des Durchgangs zum Ausgang

Nutzer	Gesamtbreite von Türen	Gesamtbreite von Durchgängen	Minimale Breite der Tür	Minimale Breite des Durchgangs
120	1,20 m	1,20 m	900 mm	900 mm

INFORMATIONEN
Zeichenfolgen bearbeiten

Name: Komponenten müssen mit Räumen verbunden sein

Beschreibung: Bearbeiten  
 Mit dieser Regel wird überprüft, ob äußere Komponenten mit einem Raum und innere Komponenten mit zwei Räumen verbunden sind. Türen, Fenster und Öffnungen werden überprüft.

Autor: Salibri, Inc.

Version: 1.2

Datum: 2009-03-06

Support-Tag: SOL/25/1.2

PARAMETER
Schweregradparameter

Türen überprüfen:

Fenster überprüfen:

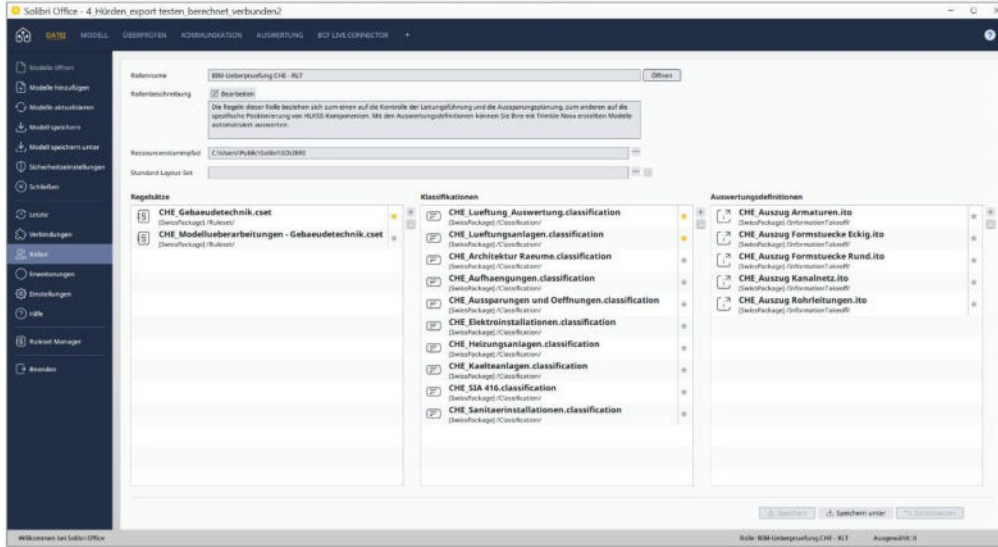
Öffnungen überprüfen:

Nur Beziehungen verwenden:

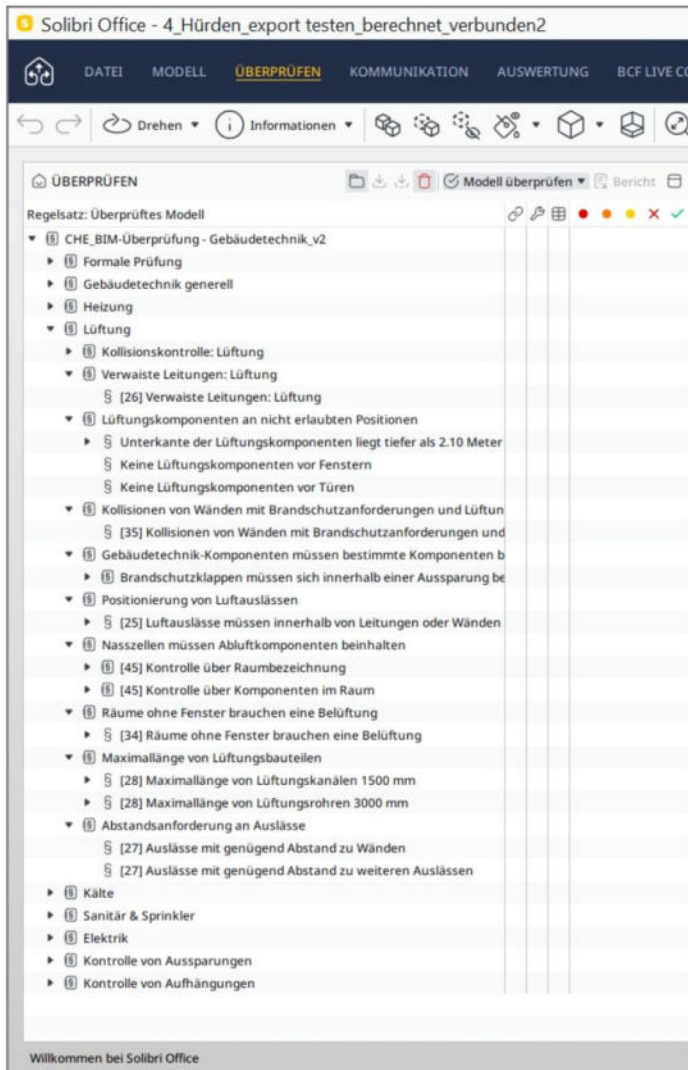


## Dokumentation:

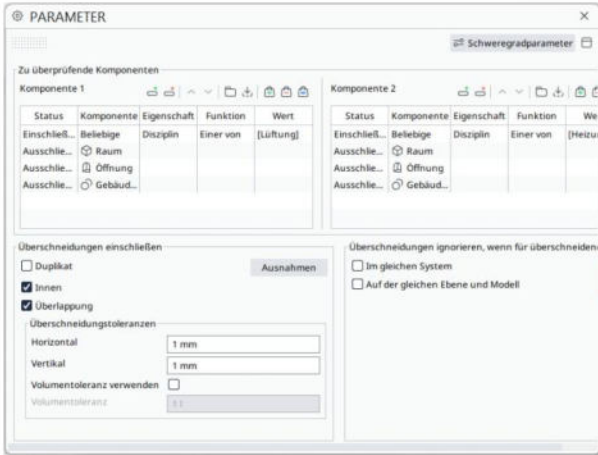
### Schritt 2: Prüfregele des Solibri SwissPackages



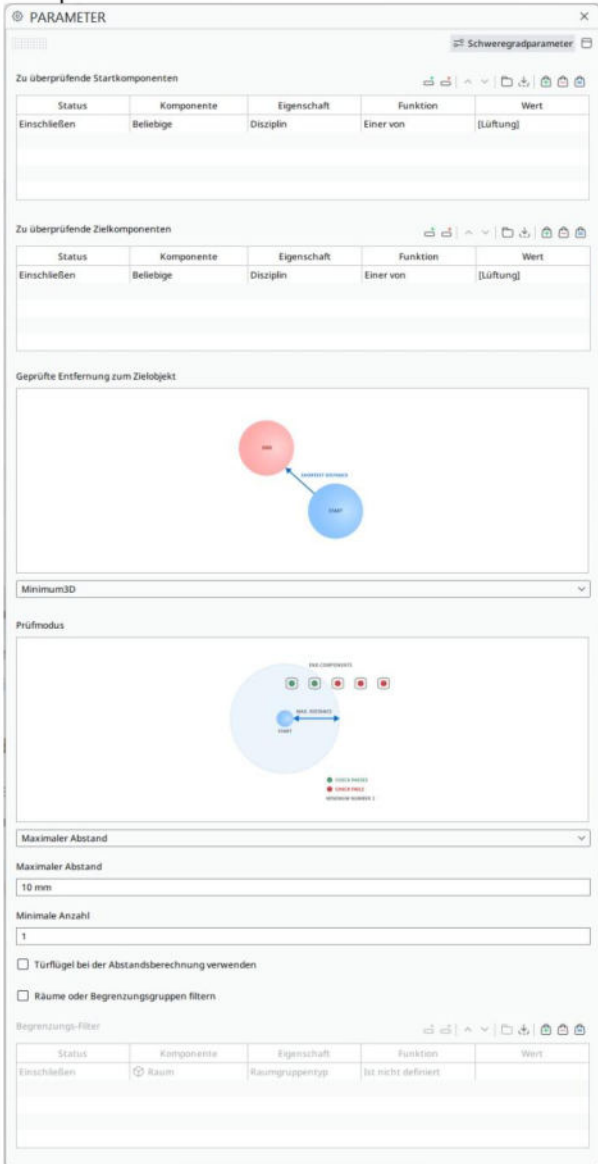
#### Schritt 2.1: Öffnen Rolle BIM-Ueberpruefung CHE - Gebaedetechnik



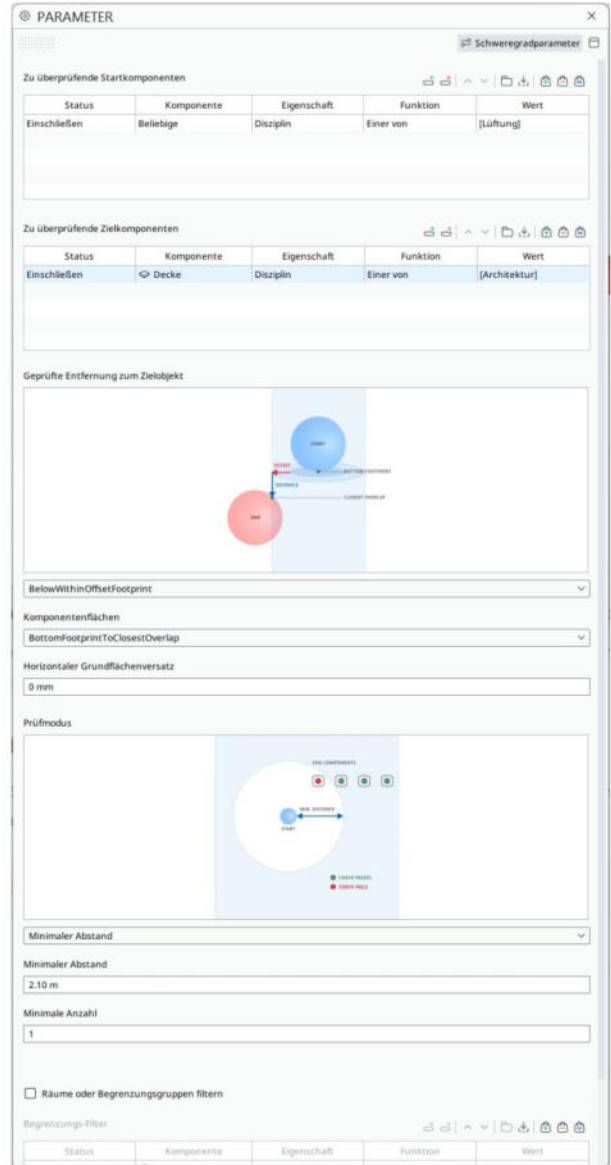
#### Schritt 2.2: Prüfregele in BIM-Ueberpruefung CHE - Gebaedetechnik



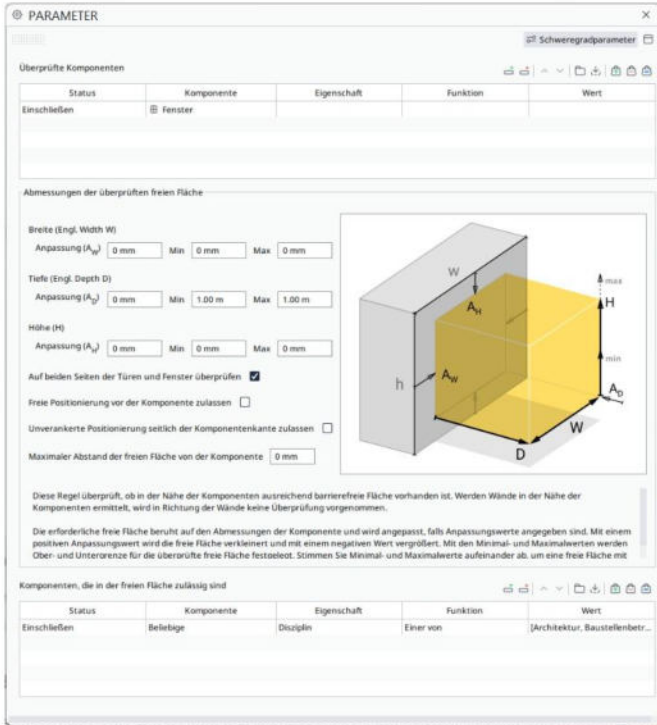
**Schritt 2.3:** Kollisionskontrolle Lüftung  
Überprüfung von geometrischer Überlappung von Komponenten



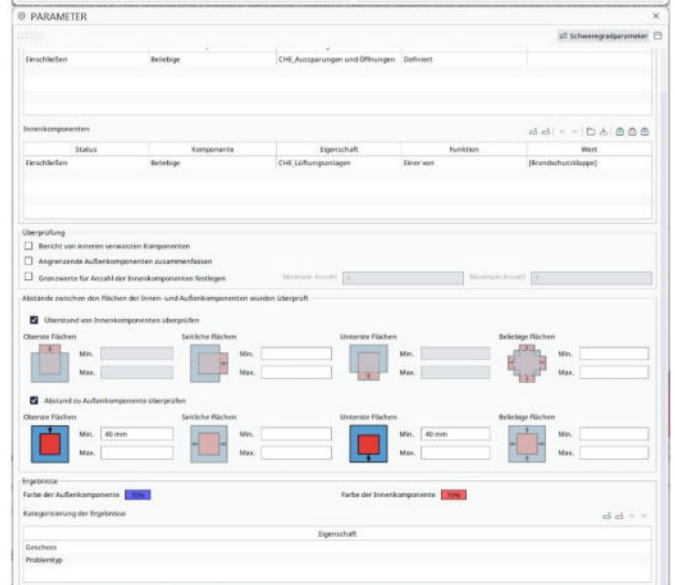
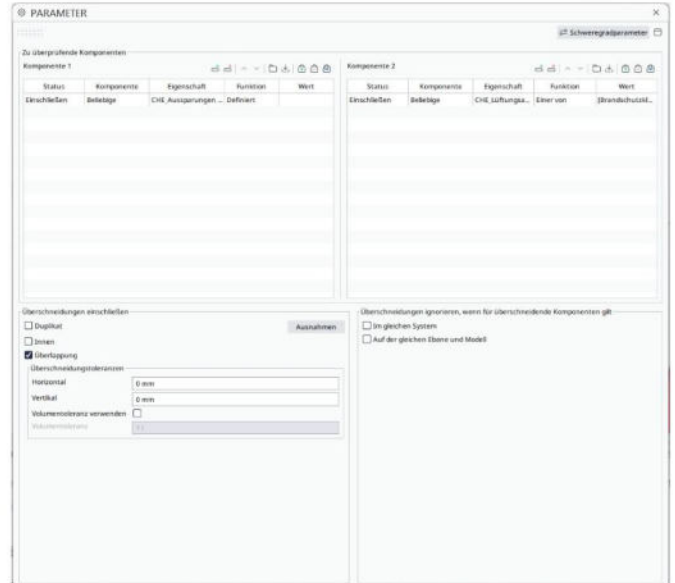
**Schritt 2.4:** Verwaiste Leitungen Lüftung  
Maximaler Abstand zwischen 2 Komponenten der Lüftung darf 10 mm nicht überschreiten.



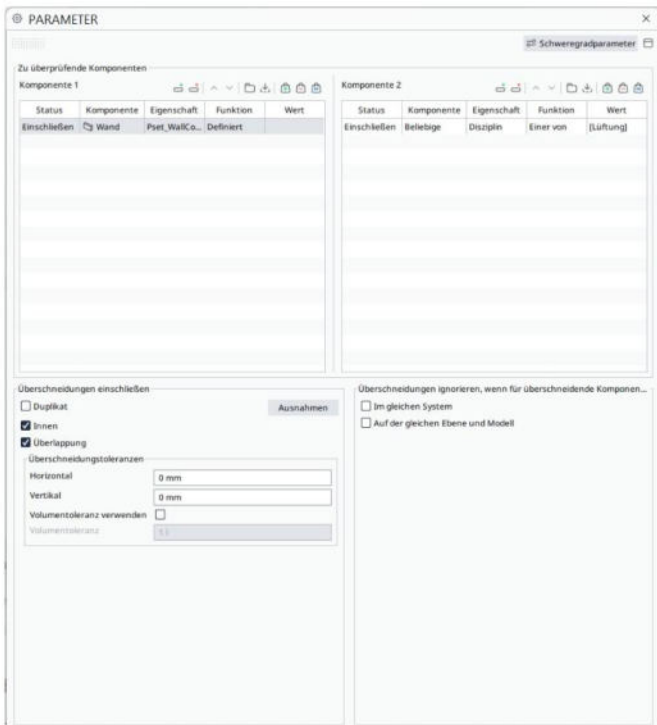
**Schritt 2.5:** Komponenten der Lüftungen müssen mindestens 2.1 m über dem nächsten Punkt der Oberfläche des Geschossbodens sein.



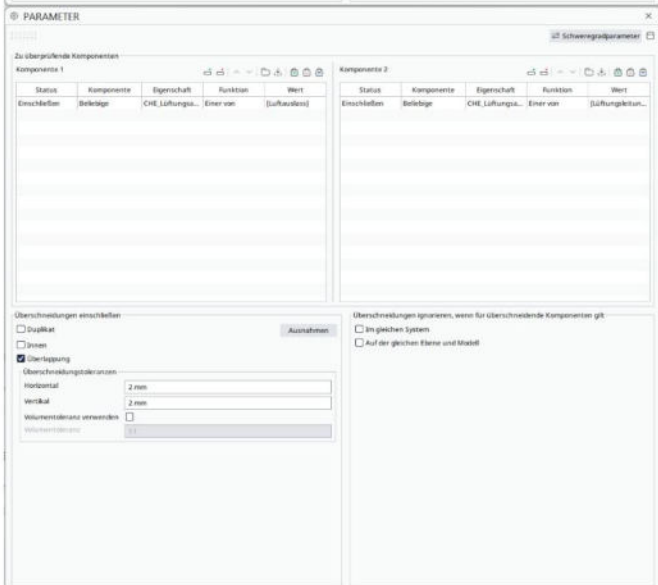
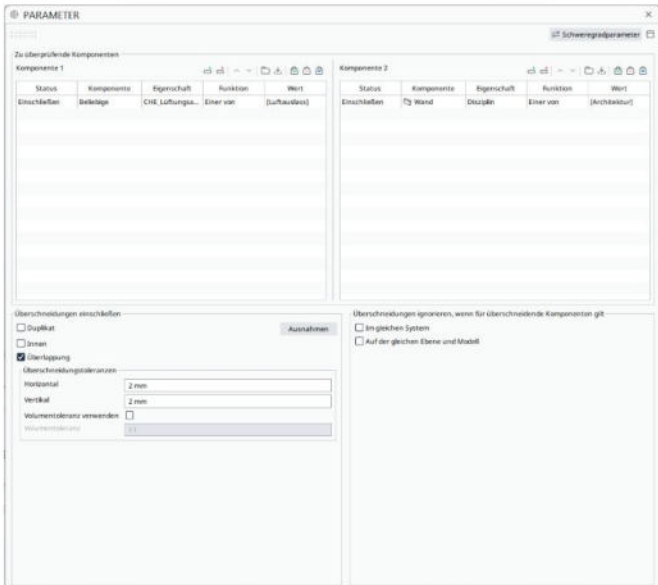
**Schritt 2.6:** Vor Fenstern und Türen dürfen sich keine Lüftungskomponenten befinden.



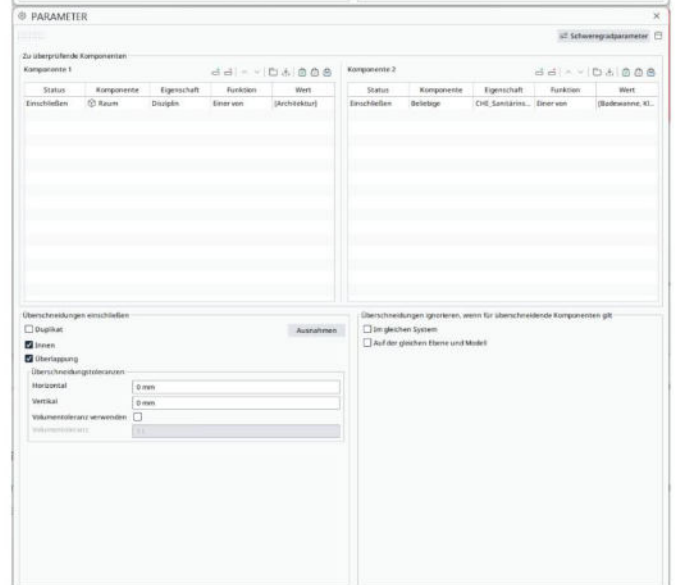
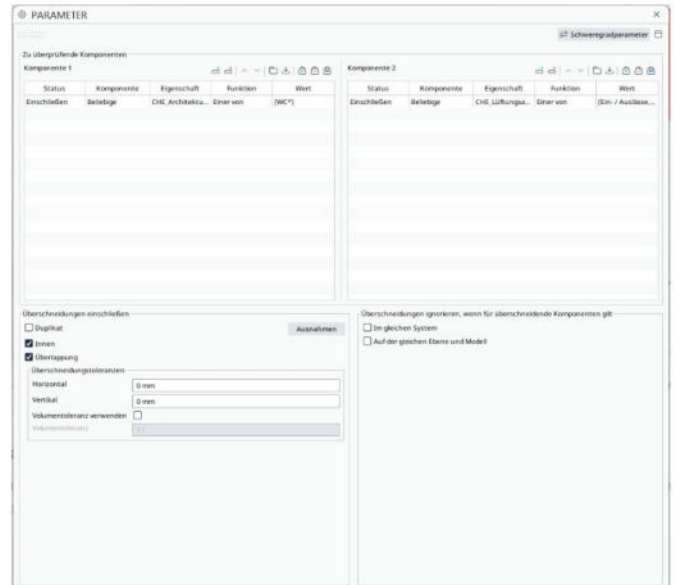
**Schritt 2.8:** Sind BSK in Wänden und haben sie mindestens 40 mm Abstand zu den Aussparungskanten oben und unten.



**Schritt 2.7:** Keine Überschneidung von Wänden mit Brandschutzanforderung und Lüftungskomponenten.



**Schritt 2.9:** Luftauslässe müssen in Wänden oder in Luftleitungen liegen.



**Schritt 2.10:** Räume mit WC im Raumnamen oder Komponenten wie Badewanne, Dusche, Toilette müssen Ablufteinlässe enthalten.

PARAMETER Schweregradparameter

Zu überprüfende Startkomponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Raum			
Ausschließen	Raum	CHE_SIA 416	Einer von	[2.1.3 Funktionsfläche ...
Ausschließen	Belebig	CHE_Architektur Räume	Einer von	[Aufzug]
Ausschließen	Belebig	CHE_Architektur Räume	Einer von	[Treppenhaus]

Zu überprüfende Zielkomponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Fenster			

Geprüfte Entfernung zum Zielobjekt

Minimum2D

Höhenversatz

0 mm

Prüfmodus

Maximaler Abstand

Maximaler Abstand

10 mm

Minimale Anzahl

1

Türflügel bei der Abstandsberechnung verwenden

Räume oder Begrenzungsgruppen filtern

Begrenzungs-Filter

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Raum	Raumgruppentyp	Ist nicht definiert	

**Schritt 2.11:** Alle Räume ausser Aufzug und Treppenhaus müssen Fenster oder Luftein- / Luftauslässe enthalten.

PARAMETER Schweregradparameter

Zu überprüfende Komponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Belebig	CHE_Lüftungsanlagen	Einer von	[Lüftungsleitung Eckig]

Anforderungen

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Belebig	Pset MEP.Geom-Length*(m...)	Definiert	

Kategorisierung der Ergebnisse

Eigenschaft

PARAMETER Schweregradparameter

Zu überprüfende Komponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Belebig	CHE_Lüftungsanlagen	Einer von	[Lüftungsleitung Rund]

Anforderungen

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Belebig	Pset MEP.Geom-Length*(m...)	Definiert	

Kategorisierung der Ergebnisse

Eigenschaft

**Schritt 2.12:** Maximale Länge von Kanälen beträgt 1.5 m und von Rohren 3.0 m.

PARAMETER Schweregradparameter

Zu überprüfende Startkomponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Beliebige	CHZ_Lüftungsanlagen	Einer von	{Luftauslass}

Zu überprüfende Zielkomponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Wand	Dazuplin	Einer von	{Architektur}

Geprüfte Entfernung zum Zielobjekt

Minimum3D

Prüfmodus

Minimaler Abstand

Minimaler Abstand

1.50 m

Minimale Anzahl

1

Türflügel bei der Abstandsberechnung verwenden

Räume oder Begrenzungsgruppen filtern

Begrenzungs-Filter

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Raum	Raumgruppentyp	Ist nicht definiert	

**Schritt 2.13:** Auslässe müssen mindestens 1.5 m von Wänden entfernt sein.

PARAMETER Schweregradparameter

Zu überprüfende Startkomponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Beliebige	CHZ_Lüftungsanlagen	Einer von	{Luftauslass}

Zu überprüfende Zielkomponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Beliebige	CHZ_Lüftungsanlagen	Einer von	{Luftauslass}

Geprüfte Entfernung zum Zielobjekt

Minimum3D

Prüfmodus

Minimaler Abstand

Minimaler Abstand

1.50 m

Minimale Anzahl

1

Türflügel bei der Abstandsberechnung verwenden

Räume oder Begrenzungsgruppen filtern

Begrenzungs-Filter

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Raum	Raumgruppentyp	Ist nicht definiert	

**Schritt 2.14:** Auslässe müssen untereinander mindestens 1.5 m entfernt sein.

### Erkenntnisse:

- SwissPackage beschränkt sich auf Regeln welche Geometrien und Eigenschaften einschliessen. Beziehungen werden nicht angewendet.
- Die Regeln sind statisch z.B. bei den Luftauslässen ist der Abstand nicht in Abhängigkeit zu einem Volumenstrom. Damit können Regeln erstellt werden müssten jedoch je Typ und Luftmenge eigene Regel enthalten.

**Erkenntnisse Hürde 3:**

- Sobald logische Formeln zu verwenden wären, welche über Wertebereiche hinausgehen, sind Klassifikationen und Regeln limitiert.
- Längere Wege limitieren sich auf Architektur wie Fluchtweg und Distanzen zwischen Räumen zeigen. Ansonsten können in Regeln einzeln auf direkt verbundene Elemente zugegriffen werden.
- Das SwissPackage umfasst nur im Bereich Gebäudetechnik nur Regeln mit Prüfung von Geometrie oder Eigenschaften sowie deren Kombination.

# Anhang A17: Prüffälle und erwartete Informationsanforderung

## Prüfgebiet 1: Strömungsgeschwindigkeit

### Strömungsgeschwindigkeit nach MuKEn 2025

#### Anforderungen:

##### Art. 1.19 Lüftungstechnische Anlagen (V)

<sup>1</sup> Lüftungstechnische Anlagen mit Aussenluft und Fortluft sind mit einer Wärmerückgewinnung auszurüsten. Die Temperatur-Effizienz muss dem Stand der Technik entsprechen, sofern keine Anforderung der Energieeffizienzverordnung gilt.

<sup>2</sup> Einfache Abluftanlagen von beheizten Räumen sind entweder mit einer kontrollierten Zuführung der Ersatzluft und einer Wärmerückgewinnung oder einer Nutzung der Wärme der Abluft auszurüsten, sofern der Abluftvolumenstrom mehr als 1'000 m<sup>3</sup>/h und die Betriebsdauer mehr als 500 h/a beträgt. Dabei gelten mehrere getrennte einfache Abluftanlagen im gleichen Gebäude als eine Anlage. Andere Lösungen sind zulässig, wenn mit einer fachgerechten Energiebedarfsrechnung nachgewiesen wird, dass kein erhöhter Energiebedarf eintritt.

<sup>3</sup> Die Luftgeschwindigkeiten dürfen in Apparaten, bezogen auf die Nettofläche, 2 m/s und im massgebenden Strang der Kanäle folgende Werte nicht überschreiten:

- bis 1'000 m<sup>3</sup>/h 3 m/s,
- bis 2'000 m<sup>3</sup>/h 4 m/s,
- bis 4'000 m<sup>3</sup>/h 5 m/s,
- bis 10'000 m<sup>3</sup>/h 6 m/s,
- über 10'000 m<sup>3</sup>/h 7 m/s.

<sup>4</sup> Grössere Luftgeschwindigkeiten sind zulässig:

- a. wenn mit einer fachgerechten Energieverbrauchsrechnung nachgewiesen wird, dass kein erhöhter Energieverbrauch eintritt;
- b. bei weniger als 1'000 Jahresbetriebsstunden;
- c. bei Anlagen, bei denen die grössere Luftgeschwindigkeit wegen einzelner räumlicher Hindernisse nicht vermeidbar ist.

<sup>5</sup> Lüftungstechnische Anlagen für Räume oder Raumgruppen mit wesentlich unterschiedlichen Nutzungen oder Betriebszeiten sind mit Einrichtungen auszurüsten, die einen individuellen Betrieb ermöglichen.

<sup>6</sup> Elektrische Energie zur Vorerwärmung der Aussenluft bzw. Erhöhung der Ablufttemperatur darf ausschliesslich bei Wohnraumlüftungsanlagen und nur so weit eingesetzt werden, wie es zur Vermeidung von Vereisung erforderlich ist. Eine Zusatzheizung mit elektrischer Energie ist nicht zulässig.

#### Kommentar zu Art. 1.19 Abs. 1-5:

Die Anforderungen basieren auf der Norm SIA 382/1, Ausgabe 2025, Abschnitt 5.7 (Wärme- und Feuchterückgewinnung) sowie Abschnitt 5.11 (Luftförderung, Druckverluste, eingeschlossen Vorgaben an die Luftgeschwindigkeiten in Kanälen [Ziffer 5.11.5.6 ff.])

### Strömungsgeschwindigkeit nach SIA 382-1 / 2025

#### Anforderungen:

5.11.5.7 Die maximalen Luftgeschwindigkeiten in runden Luftleitungen  $v_{a,du,rd}$  je nach maximalem Luftvolumenstrom und energieäquivalenten Volllaststunden (Elektro-Volllaststunden) sollten die Richtwerte in Tabelle 49 nicht überschreiten. Die Elektro-Volllaststunden können nach Anhang G bzw. dem Grundlagenbericht zu SIA 2024 [147] abgeschätzt werden.

Tabelle 49 Maximale Luftgeschwindigkeiten in runden Luftleitungen (Lüftungsrohren)

Auslegungs-Luftvolumenstrom in runden Luftleitungen	Maximale Luftgeschwindigkeiten in runden Luftleitungen $v_{a,du,rd}$ bei Elektro-Volllaststunden <sup>1)</sup>		
	bis 2'000 h/a	4'000 h/a	8'000 h/a
bis 40 m <sup>3</sup> /h	2,5 m/s	2,5 m/s	2,5 m/s
>40 m <sup>3</sup> /h bis 1'000 m <sup>3</sup> /h	3 m/s	3 m/s	3 m/s
>1'000 m <sup>3</sup> /h bis 2'000 m <sup>3</sup> /h	4 m/s	4 m/s	3,5 m/s
>2'000 m <sup>3</sup> /h bis 4'000 m <sup>3</sup> /h	5 m/s	5 m/s	4 m/s
>4'000 m <sup>3</sup> /h bis 10'000 m <sup>3</sup> /h	6 m/s	5,5 m/s	4,5 m/s
>10'000 m <sup>3</sup> /h	7 m/s	6 m/s	5 m/s

<sup>1)</sup> Zwischenwerte dürfen interpoliert werden

Bei verzweigten Lüftungssystemen sind diese Richtwerte im Strang mit dem grössten Druckverlust einzuhalten («kritischer Strang»). In untergeordneten Strängen sind – unter Ausnutzung des ohnehin vorhandenen Druckniveaus – höhere Luftgeschwindigkeiten zulässig. Zu beachten sind jedoch die schalltechnischen Anforderungen.

*Beispiel:* RLT-Anlage für 2'000 m<sup>2</sup> Grossraumbüros mit 2,9 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h), zweistufiger Betrieb

- Luftvolumenstrom Luftleitung:  $q_{v,a,du}$  = 5'800 m<sup>3</sup>/h
- Jährliche Volumenstrom-Volllaststunden:  $t_{v,Flid,qv}$  = 3'290 h (gemäss SIA 2024); hier nicht relevant
- Jährliche Elektro-Volllaststunden:  $t_{v,Flid,el}$  = 2'740 h (gemäss [147])
- Maximale Luftgeschwindigkeit runde Luftleitung (interpoliert):  $v_{a,du,rd}$  = 5,8 m/s

5.11.5.8 Bei gleicher Querschnittsfläche, gleicher Strömungsgeschwindigkeit und Rauigkeit ergeben sich mit runden Luftleitungen die kleinsten Druckverluste. Wenn nichtrunde Luftleitungen verwendet werden müssen, sollten für vergleichbare Druckverluste die Luftgeschwindigkeiten gegenüber den in Tabelle 49 genannten Richtwerten um den Reduktionsfaktor nach Tabelle 50 reduziert werden.

Tabelle 50 Reduktionsfaktor für Luftgeschwindigkeiten in nichtrunden Luftleitungen (Lüftungskanälen) zur Erreichung vergleichbarer Druckverluste wie in runden Luftleitungen (Lüftungsrohren)

Seitenverhältnis	Reduktionsfaktor auf Luftgeschwindigkeit in runden Luftleitungen $f_{v,rd}$ <sup>1)</sup>									
	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
rechteckige Form	0,941	0,914	0,876	0,842	0,813	0,788	0,766	0,746	0,729	0,714
flachovale Form	–	0,933	0,893	0,857	0,825	0,798	0,775	0,754	0,736	0,720

<sup>1)</sup> Zwischenwerte dürfen interpoliert werden

Eine Auslegung im hellgrau schattierten Bereich wird nicht empfohlen.

*Beispiel:* gleiche RLT-Anlage wie in Beispiel unter 5.11.5.7

- Nichtrunde Luftleitung (Lüftungskanal) mit Seitenverhältnis: 1/5
- Maximale Luftgeschwindigkeit rechteckige Luftleitung:  
 $v_{a,du,rt} = v_{a,du,rd} \cdot f_{v,rd,rt} = 5,8 \text{ m/s} \cdot 0,813 = 4,7 \text{ m/s}$
- Maximale Luftgeschwindigkeit flachovale Luftleitung:  
 $v_{a,du,ov} = v_{a,du,rd} \cdot f_{v,rd,ov} = 5,8 \text{ m/s} \cdot 0,825 = 4,8 \text{ m/s}$

### Brainstorming Fragen zur Qualitätsprüfung:

- Enthalten alle Luftleitungen einen Volumenstrom?
- Enthalten alle Luftleitungen eine effektive Luftgeschwindigkeit?
- Hält die Luftgeschwindigkeit die Grenzen nach SIA / MuKEin ein?
- Stimmt der Volumenstrom in den Leitungen mit dem Raumbuch überein?

### Weiter betrachtete Prüffälle:

Prüffall 1a: Luftgeschwindigkeit MuKEin

Prüffall 1b: Luftgeschwindigkeit SIA

# Prüfgebiet 1: Strömungsgeschwindigkeit

Prüfteil	Informationsanforderung			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
1a Strömungsgeschwindigkeit MuKEn	Bauteil Luftleitungsnetz	Luftgeschwindigkeit [m/s]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	0	1
	Bauteil Luftleitungsnetz	Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1b Strömungsgeschwindigkeit SIA	Bauteil Luftleitungsnetz	Luftgeschwindigkeit [m/s]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	3	3
	Bauteil Luftleitungsnetz	Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Leitungsprofil		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Abmessung Profil [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass MEP Raum		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Elektro-Volllaststunden [h/a]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

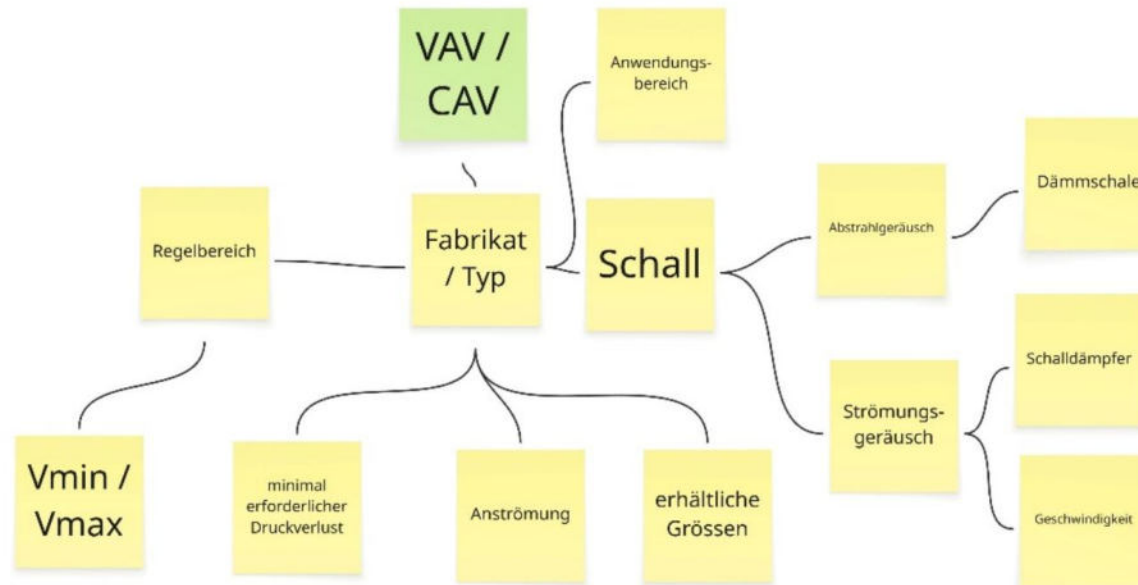
### Anforderungen:

- 5.11.7.3 Bei der zweistufigen Betriebsart können in erster Näherung Volumenstromanteile von 67 % (1. Stufe) und 100 % (2. Stufe) des Normallüftungsbetriebs angenommen werden. Bei der stufenlosen Betriebsart ist der minimal regelbare Volumenstromanteil des Normallüftungsbetriebs zu berücksichtigen. Dieser hängt von verschiedenen Faktoren ab (z.B. minimal erforderlicher Vordruck der Volumenstromregler, minimale Drehzahl der Frequenzumrichter) und kann in erster Näherung mit 20 % bis 30 % angenommen werden.

SN 546382-1, 2025. Mechanische Lüftung in Gebäuden - Grundlagen und Anforderungen, SIA.

### Bemerkungen

Anforderungen sind vorwiegend technisch von Herstellern und Best Practice und nicht von Normen / Richtlinien.



### Brainstorming Fragen zur Qualitätsprüfung:

- Stimmen Anforderungen des Raumbuchs variabel / konstant mit dem Volumenstromregler überein?
- Stimmen die minimale / maximale Luftvolumenstrom zwischen Raumbuch und Volumenstromregler überein?
- Ist bei Räumen mit akustischen Anforderungen ein Schalldämpfer zwischen Volumenstromregler und Raum vorhanden?
- Enthalten bei Mehrzonenanlagen alle Stränge einen konstanten oder variablen Volumenstromregler?
- Beinhaltet das Netz keine seriellen Volumenstromregler?
- Stimmen Zonen- und Einzelraum-Volumenstromregler zwischen Modell und Raumbuch überein?
- Grösse / Typ Volumenstromregler erhältlich?
- Dämmschale erforderlich?
- Technische Auslegung korrekt?
- Grobe Kontrolle z.B. Liegt die Luftgeschwindigkeit von Volumenstromregler bei Nutzungen mit hohen / mittleren akustischen Anforderungen zwischen 0.5 - 4 m/s und bei jenen mit niedrigen zwischen 1 - 6 m/s?
- Einbaurichtung korrekt?
- Anströmstrecke vorhanden?

### Weiter betrachtete Prüffälle:

- Prüffall 2a: Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch
- Prüffall 2b: Regelbereich übereinstimmend mit Raumbuch
- Prüffall 2c: Schalldämpfer zu lärmempfindlichen Räumen
- Prüffall 2d: Mehrzonenanlagen durchgehend mit VSR
- Prüffall 2e: Keine seriellen VSR
- Prüffall 2f: Plausibler Regelbereich
- Prüffall 2g: Anströmstrecke
- Prüffall 2h: Dämmschale

Prüfteil	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
2a Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch	Bauteil Luftleitungsnetz	CAV oder VAV		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	3	3
	Bauteil Luftleitungsnetz	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Raumbuch Raum	Volumenstromregelung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Volumenstromregler	minimaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2b Regelbereich übereinstimmend mit Raumbuch	Bauteil Volumenstromregler	maximaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	3	3
	Bauteil Luftleitungsnetz	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Raumbuch Raum	minimaler Volumenstrom [m³/h]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Raumbuch Raum	maximaler Volumenstrom [m³/h]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Volumenstromregler	CAV oder VAV		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2c Schalldämpfer zu lärmempfindlichen Räumen	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	3	3
	Bauteil Ein- / Auslass		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Raumbuch Raum	Lärmempfindlichkeit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

## Prüfgebiet 2: Auslegung Volumenstromregler

Prüffall	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
2d Mehrzonenanlagen durchgehend mit VSR	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	1	1	1
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2e Keine seriellen VSR	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	1	1	1
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2f Plausibler Regelbereich	Bauteil Volumenstromregler	minimaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	7	0	2
	Bauteil Volumenstromregler	maximaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Volumenstromregler	Hersteller & Fabriakt		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Volumenstromregler	Abmessung [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Volumenstromregler	Fabriakt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Volumenstromregler	Dimension / Abmessungen [mm]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Volumenstromregler	Regelbereich		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
2g Anströmstrecke	Bauteil Volumenstromregler	CAV oder VAV		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	6	1	1
	Bauteil Luftleitungsnetz	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Leitungsprofil		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Abmessung Profil [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Länge [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2h Dämmschale	Bauteil Volumenstromregler		Verbindung VSR zu Installationsraum	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	1	2	2
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Lärmempfindlichkeit				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

## Anforderungen:

### 5.12 Aussenluft- und Fortluftführung

#### 5.12.1 Allgemeines

5.12.1.1 Zur Minimierung der Druckverluste und des Leistungs- und Energiebedarfs für die Luftförderung sind kurze Luftleitungssysteme anzustreben. Gleichzeitig sind aber die nachfolgend genannten Anforderungen einzuhalten.

5.12.1.2 Aussenluft-Durchlässe fassen die unbehandelte Aussenluft, welche direkt oder über eine Luftleitung in ein Lüftungsgerät geführt wird. Aussenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) hingegen befinden sich in der Gebäudehülle (Aussenwand, Aussenfenster, Aussentüre) und versorgen den Raum bzw. die Zone direkt mit unbehandelter Aussenluft. ALD werden bei Abluftanlagen als Nachströmöffnungen eingesetzt.

5.12.1.3 ALD und Aussenluft-Durchlässe sind so anzuordnen, dass die eintretende Luft so sauber, im Winter so trocken und im Sommer so kühl wie möglich ist. In 5.12.2 und 5.12.4 sind dazu einige Grundsätze gegeben.

5.12.1.4 Die Fortluft ist so auszublasen, dass gesundheitliche oder andere Einwirkungen auf das Gebäude, dessen Benutzer und die Umgebung möglichst weitgehend vermieden werden. In 5.12.3 und 5.12.4 sind dazu einige Grundsätze gegeben.

5.12.1.5 ALD, Aussenluft-Durchlässe und Fortluft-Durchlässe müssen so angeordnet werden, dass auch die Anforderungen an den Brandschutz und an den Schallschutz erfüllt sind. Zu berücksichtigen sind auch die Windeinwirkungen gemäss SIA 261 sowie die Einwirkungen durch meteorologische und gravitative Naturgefahren gemäss SIA 261/1 (vgl. [150] und [151]). Die Grundlagen der VKG betreffend hagelsicherer Bauteile sind zu berücksichtigen (vgl. [152]). ALD, Aussenluft-Durchlässe und Fortluft-Durchlässe dürfen keine Eintrittsstellen für Wasser oder Erdmaterial sein.

5.12.1.6 Bei RLT-Anlagen mit Dauerbetrieb mit gemeinsamen Aussenluft- und/oder Fortluftleitungen sind bei jedem Luftbehandlungsgerät dichtschiessende Klappen vorzusehen. Die Leckluft rate darf die Klasse 3 bzw. ATC 3 – ALT «C» nach SN EN 1751, Anhang C.2 bzw. Anhang C.3, nicht überschreiten.

Bei RLT-Anlagen ohne Dauerbetrieb sind dichtschiessende Aussenluft- und Fortluftklappen vorzusehen. Die Leckluft rate darf die Klasse 2 bzw. ATC 4 – ALT «B» nach SN EN 1751, Anhang C.2 bzw. Anhang C.3, nicht überschreiten.

Die Prüfung der Dichtheit im geschlossenen Zustand erfolgt nach SN EN 1751, Ziffer 5.2.

*Anmerkung:* Bei ALD kann von den Anforderungen abgewichen werden.

SN 546382-1, 2025. Mechanische Lüftung in Gebäuden - Grundlagen und Anforderungen, SIA.

#### 5.12.2 Anforderungen an Aussenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) und Aussenluft-Durchlässe

5.12.2.1 Die Lage der ALD und Aussenluft-Durchlässe ist so zu wählen, dass eine negative Beeinflussung der Luftqualität durch lokale Emissionsquellen wie Fortluft, Radon, Rauchgas, Geruchs- und sonstige Störquellen (z.B. verkehrsreiche Strassen, Parkplätze, Einwirkungen von Personen) möglichst gering gehalten wird.

5.12.2.2 Die horizontale Distanz zu Schadstoff- oder Geruchsquellen wie Abfallsammelstellen, häufig benutzten Parkplätzen für drei oder mehr Fahrzeuge, Be- und Entladestellen, Strassen, Kaminen usw. muss mindestens 8 m betragen.

5.12.2.3 Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Anordnung von ALD und Aussenluft-Durchlässen in der Nähe von Nasskühltürmen. Aus hygienischen Gründen ist eine Anordnung in der Hauptwindrichtung zu vermeiden. In jedem Fall ist auf eine gute Instandhaltung von Kühltürmen zu achten. Weitere Angaben finden sich in Richtlinie SWKI RE200-02 [76]<sup>19</sup>.

5.12.2.4 ALD und Aussenluft-Durchlässe in Fassaden an stark befahrenen Strassen sind zu vermeiden. Wo dies nicht möglich ist, sind sie so hoch wie möglich anzuordnen.

5.12.2.5 ALD und Aussenluft-Durchlässe sind so zu platzieren, dass die Gefahr einer Ansaugung von Fortluft sowie anderer belasteter oder störender Luft minimiert wird (siehe 5.12.4).

5.12.2.6 ALD und Aussenluft-Durchlässe dürfen nicht direkt über Terrain oder in einem Lichtschacht angeordnet werden. Es wird ein Abstand von mindestens dem 1,5-Fachen der maximal jährlich zu erwartenden Schneehöhe zwischen der Unterkante des Durchlasses und dem Boden empfohlen.

5.12.2.7 Aussenluft-Durchlässe auf öffentlich zugänglichem Grund oder gemeinschaftlich genutzten privaten Arealen (z.B. Spielplatz bei Wohngebäuden) sollten mindestens 3,0 m über Boden liegen. In den übrigen Fällen sollte die minimale Höhe von Aussenluft-Durchlässen 1,5 m betragen. Die Regeln der Baukunde bezüglich Gerüchen, Schadstoffen, Regen und Hagelansammlungen, Hochwasser, Schnee usw. sind zu beachten.

5.12.2.8 Bei Aussenluft-Durchlässen auf einem Dach oder einer Terrasse muss deren Unterkante mindestens auf einer Höhe liegen, welche 1,5-mal die maximale jährliche Schneehöhe beträgt ( $h = 1,5 \cdot h_{max,an}$ ). Mit Schutzmassnahmen sind Reduktionen zulässig. Ergänzende Hinweise zu lokalen Effekten können bei Einheimischen und der zuständigen Baubehörde erfragt werden.

5.12.2.9 Liegen keine langjährigen Messdaten<sup>20</sup> für die maximale jährliche Schneehöhe  $h_{max,an}$  am Gebäudestandort vor, kann die massgebende Schneehöhe  $h$  aus der charakteristischen Schneelast  $q_k$  nach SIA 261 mit einer mittleren Raumlast von Schnee  $q_s = 3 \text{ kN/m}^2$  abgeschätzt werden:  $h = q_k / q_s$ .

*Anmerkung:* SIA 261 berücksichtigt Schneelasten für statische Anforderungen (50-Jahres-Ereignis). Deshalb kann auf den Zuschlag von 50% wie bei jährlichen Ereignissen gemäss 5.12.2.8 verzichtet werden.

5.12.2.10 Aussenluft-Durchlässe auf dem Dach sollten auf der windexponierten Seite angeordnet werden. Dies gilt auch für die Wahl der Fassade, in welcher ein Aussenluft-Durchlass angeordnet wird.

5.12.2.11 Aussenluft-Durchlässe in der Nähe von nicht beschatteten Plätzen, Dächern oder Wänden sind so anzuordnen oder zu schützen, dass keine übermässig erwärmte Luft angesaugt wird.

5.12.2.12 Aussenluft-Durchlässe sollten mit einem Gitter (Öffnungsweite mind. 5 mm bis max. 10 mm) geschützt werden und die effektive Luftgeschwindigkeit (bezogen auf die Nettoquerschnittsfläche) sollte maximal 2 m/s betragen, um das Eindringen von Vögeln und das Mitreissen von Feuchtigkeit (Schnee, Regen, Nebel) und Staub (inkl. Blätter) zu minimieren (siehe auch SN EN 13030). In Gebieten mit starkem Nebel wird die Einhaltung eines Maximalwerts von 1,5 m/s empfohlen. Eine ortsfeste elektrische Widerstandsheizung zum Schutz des Aussenluft-Durchlasses vor Vereisung ist zu begründen.

5.12.2.13 ALD und Aussenluft-Durchlässe müssen gereinigt werden können (vgl. 2.4.5).

SN 546382-1, 2025. Mechanische Lüftung in Gebäuden - Grundlagen und Anforderungen, SIA.

## 5.12.3 Anforderungen an Fortluft-Durchlässe

5.12.3.1 Die Lage der Fortluft-Durchlässe ist so zu wählen, dass die Fortluft keine Geruchsbelästigungen verursacht. Fortluft wird vorzugsweise über das Dach direkt ins Freie abgeführt.

5.12.3.2 Bei Fortluft-Durchlässen sollte deren Unterkante mindestens auf einer Höhe liegen, welche 1,5-mal die maximale jährliche Schneehöhe beträgt ( $h = 1,5 \cdot h_{max,an}$ ). Mit Schutzmassnahmen sind Reduktionen zulässig. Siehe auch 5.12.2.9.

5.12.3.3 Fortluft der Kategorie EHA 1 und EHA 2 gemäss 1.7.5 kann ohne besondere Nachweise an der Fassade ausgestossen werden, wenn die folgenden Anforderungen eingehalten sind:

- Die Distanz des Fortluft-Durchlasses zum Nachbargebäude beträgt mindestens 8 m.
- Die Distanz des Fortluft-Durchlasses zu einem ALD, einem Aussenluft-Durchlass oder einem zu öffnenden Fenster in der gleichen Fassade beträgt mindestens 2 m. Dabei sollte der Fortluft-Durchlass wenn möglich oberhalb des ALD, des Aussenluft-Durchlasses bzw. des Fensters liegen. Zu beachten ist auch die lokale Ausblassituation (Strahlumlenkung).
- Der Fortluft-Volumenstrom beträgt maximal 1'800 m<sup>3</sup>/h.
- Die Austrittsgeschwindigkeit beträgt im Normallüftungsbetrieb mindestens 5 m/s.

5.12.3.4 In allen anderen Fällen ist die Unbedenklichkeit der vorgesehenen Lösung, z. B. mittels Ausbreitungsrechnung, nachzuweisen, oder die Fortluft ist über Dach zu führen. Dabei sind die folgenden Anforderungen einzuhalten:

- Der Fortluftstrom muss vertikal nach oben gerichtet sein.
- Die Austrittsgeschwindigkeit muss im Normallüftungsbetrieb mindestens 5 m/s betragen.
- Bei Kaminen, welche der SR 814.318.142.1 (LRV) unterliegen, sind die Mindesthöhen und Austrittsgeschwindigkeiten nach deren Anhang 6 einzuhalten.
- Für Anlagen, welche nicht in den Geltungsbereich von Anhang 6 der SR 814.318.142.1 (LRV), fallen oder deren Kaminhöhe nicht nach diesem Anhang 6 berechnet werden kann, sind die Kamin-Empfehlungen UV-1318 [124] des BAFU einzuhalten.

*Anmerkung:* Letztere zwei Aufzählungspunkte betreffen insbesondere Lüftungsanlagen, welche die Abgase von Fahrzeugen sammeln und als Abluft an die Umwelt abgeben; vgl. hierzu Richtlinie SWKI VA103-01 [61].

## 5.12.4 Distanz zwischen Aussenluft- und Fortluft-Durchlass

5.12.4.1 Fortluft- und Aussenluft-Durchlässe sind so anzuordnen, dass die Gefahr einer Rezirkulation von Fortluft möglichst klein ist. Dabei sind die lokalen Strömungsverhältnisse zu beachten.

5.12.4.2 Allgemeine Richtwerte für die minimalen Distanzen zwischen Aussenluft- und Fortluft-Durchlässen sind aus Figur 8 ersichtlich. Diese sind von der Kategorie der Fortluft gemäss 1.7.5 abhängig. Für EHA 4 sind die Distanzen am grössten und zusätzlich vom Volumenstrom abhängig. Die Werte in Figur 8 gelten für Austrittsgeschwindigkeiten bis 6 m/s; mit grösseren Austrittsgeschwindigkeiten sind kleinere Distanzen möglich.

*Beispiel:* Lüftungsanlage für eine gewerbliche Küche mit 10'800 m<sup>3</sup>/h (3,0 m<sup>3</sup>/s) Fortluft.

- Die vertikale Höhe des Fortluft-Durchlasses kann
  - a) 4 m unterhalb des Aussenluft-Durchlasses,
  - b) auf gleicher Höhe wie der Aussenluft-Durchlass oder
  - c) 2 m oberhalb des Aussenluft-Durchlasses liegen.
- Die Fortluft einer gewerblichen Küche hat gemäss Tabelle 65 die Kategorie EHA 4.
- Gemäss Figur 8 ergeben sich horizontale Abstände von
  - a) ca. 15 m,
  - b) ca. 16 m,
  - c) ca. 11 m.

5.12.4.3 Für Fortluft von Einzel- und Mehrwohnungsanlagen  $\leq 1'800$  m<sup>3</sup>/h (Klasse EHA 1/EHA 2) kann die minimale Distanz zwischen Aussenluft- und Fortluft-Durchlass aus SIA 382/5, Anhang E, entnommen werden.

5.12.4.4 Bei hohen Gebäuden sind die Aussenluft- und Fortluft-Durchlässe so anzuordnen, dass die Effekte von Wind und Auftrieb minimiert werden.

## Anforderungen Zuluft und Abluft:

Anforderungen für Auslässe von Zuluft und Abluft sind vorwiegend technisch von Herstellern und nicht von Normen / Richtlinien geregelt. Die Normen regeln Lüftungseffektivität sowie die Behaglichkeit im Aufenthaltsbereich.



## Bemerkung:

Sämtliche Auslassarten haben unterschiedliche Freistrahilverhalten. Deren Auslegung von Normal- und Teillastbetrieb hängt damit von der Bauform ab. Dazu sind die technischen Herstellerunterlagen zu beachten. Auch die Strahlausbreitung ist von Temperatur und Impuls der jeweiligen Bauform abhängig.

### Brainstorming Fragen zur Qualitätsprüfung:

#### Aussenluft:

- Geschwindigkeit Aussenluftfassung maximal 1.5 / 2 m/s
- Position Aussenluftfassung & Distanz zu Fortluft
- Abstand zu FOL und anderen Emissionsquellen?
- Minimale Höhe in öffentlichen Bereichen und über Dach?
- Motorklappe zwischen Aussenluftfassung und Gerät?
- Aussenluftfassung min. 1.5x Schneehöhe über Terrain oder bei gemeinsam genutzten Flächen 3m?
- Distanz zu Entlüftungen Sanitär

#### Fortluft:

- Klassierung der Fortluft übereinstimmend mit Nutzung?
- Motorklappe zwischen Gerät und Fortluftaustritt?
- 1.5x Schneehöhe eingehalten
- Wenn EHA1 oder EHA2 und Austritt an Fassade:
  - 8 m Abstand zum Nachbargebäude
  - 2 m Abstand zum nächsten offenbaren Fenster
  - Volumenstrom maximal 1'800 m<sup>3</sup>/h
  - Austrittsgeschwindigkeit bei Normallüftung mindesten 5 m/s
- Wenn über Dach:
  - Fortluftstrom vertikal noch oben gerichtet
  - Minimale Austrittsgeschwindigkeit 5 m/s im Normalbetrieb
  - Distanz zu Aussenluftfassungen

#### Legende:

ausgeschlossen wegen geometrischen Prüfungen

#### Zuluft:

- Luftvolumenstrom der Auslässe im Raum mit Raumbuch übereinstimmend?
- Korrekte Anlage die den Raum belüftet?
- Minimaler Mittenabstand eingehalten?
- Ungestörte Ausbreitung des Freistrahls?
- Kaltluftabfall in Normal- und Teillast geprüft zu Behaglichkeitsbereich?
- Prüfung der Grobdimensionierung
- Minimaler Freiraum / Einbauhöhe vorhanden?
- Position Auslass mit Auslassart übereinstimmen?

#### Abluft:

- Luftvolumenstrom der Auslässe im Raum mit Raumbuch übereinstimmend?
- Grobdimensionierung z.B.: Gitter: Geschwindigkeit zwischen 2-3 m/s
- Korrekte Anlage die den Raum belüftet
- Kein Kurzschluss zwischen Zuluft und Abluft?

#### Überströmung:

- Luftvolumenstrom der Auslässe im Raum mit Raumbuch übereinstimmend?
- Freiraum vor Ein- und Auslass?

### Weiter betrachtete Prüffälle:

Prüffall 3a: Ansauggeschwindigkeit Aussenluft

Prüffall 3b: Austrittsgeschwindigkeit Fortluft

Prüffall 3c: Motorklappe in AUL- und FOL-Strang

Prüffall 3d: Klassifizierung der FOL

Prüffall 3e: Übereinstimmung Lüftungsanlage zwischen Modell und Raumbuch

Prüffall 3f: Übereinstimmung Lüftungsanlage zwischen Modell und Raumbuch

Prüffall 3g: Prüfung Grobdimensionierung

Prüffall	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
3a Ansauggeschwindigkeit Aussenluft	Bauteil Aussenlufteinlass	maximaler Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	4	0	1
	Bauteil Aussenlufteinlass	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Aussenlufteinlass	Offene Fläche Lufteinlass [m <sup>2</sup> ]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Aussenlufteinlass	Anteil freier Querschnitt [%]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Aussenlufteinlass									
3b Ausstrittsgeschwindigkeit Fortluft	Bauteil Fortluftdurchlass	maximaler Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	4	0	1
	Bauteil Aussenlufteinlass	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Fortluftdurchlass	Offene Fläche Luftdurchlass [m <sup>2</sup> ]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Fortluftdurchlass	Anteil freier Querschnitt [%]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Fortluftdurchlass									
3c Motorklappe in AUL- und FOL- Strang	Bauteil Lüftunggerät	Anlagenkennzeichnung		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	3	1	1
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz									
3d Klassifizierung der FOL	Bauteil Luftleitungsnetz	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	3	3	3
	Bauteil Luftleitungsnetz	FOL-Kategorie		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Nutzung / Luftverunreinigung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum									

Prüfteil	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
3e Übereinstimmung Volumenstrom zwischen Auslässen zu Raumbuch	Bauteil Ein- / Auslass	minimaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	5	2	3
	Bauteil Ein- / Auslass	maximaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	minimaler Volumenstrom [m³/h]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	maximaler Volumenstrom [m³/h]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3f Übereinstimmung Lüftungsanlage zwischen Modell und Raumbuch	Bauteil Lüftungsanlage	Anlagenkennzeichnung		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	3	3	3
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Medium		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Zu- und Abluft		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Anlagenkennzeichnung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3g Prüfung Grobdimensionierung	Bauteil Ein- / Auslass	minimaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	7	0	2
	Bauteil Ein- / Auslass	maximaler Volumenstrom [m³/h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass	Hersteller & Fabrikt		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass	Abmessung [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Ein- / Auslass	Hersteller & Fabrikt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Ein- / Auslass	Dimension / Abmessungen [mm]					<input checked="" type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Ein- / Auslass	Betriebsbereich					<input checked="" type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Ein- / Auslass						<input checked="" type="checkbox"/>			
	technische Unterlagen Ein- / Auslass						<input checked="" type="checkbox"/>			

### Anforderungen:

#### 3.7.6 Einbau von Lüftungsleitungen [\(siehe Anhang\)](#)

1 Lüftungsleitungen, die öffnungslos durch andere Brand- oder Lüftungsabschnitte führen oder deren Austrittsöffnungen sich im darüber oder darunter liegenden Geschoss befinden, sind mit Feuerwiderstand EI 30, in Schleusen und vertikalen Fluchtwegen mit dem gleichen Feuerwiderstand wie die nutzungsbezogene Brandabschnittsbildung, mindestens aber mit Feuerwiderstand EI 30 auszuführen, zu bekleiden oder bei Lüftungsabschnitten mit Brandschutzklappen zu versehen.

2 Installationsschächte dürfen nicht als Lüftungsleitungen verwendet werden.

#### 3.8.2 Einbau [\(siehe Anhang\)](#)

1 Brandschutzklappen sind anzuordnen:

- a bei Durchtrittsstellen von Lüftungsleitungen durch Brandmauern, brandabschnittsbildenden Wänden und Decken;
- b wenn öffnungslose Lüftungsleitungen durch andere Lüftungsabschnitte führen und nicht den erforderlichen Feuerwiderstand aufweisen.

2 Auf den Einbau von Brandschutzklappen kann verzichtet werden:

- a wenn einzelne Brandabschnitte unter Berücksichtigung des baulichen Brandschutzkonzeptes zu Lüftungsabschnitten zusammengefasst werden können;
- b bei Büro- und Schulbauten, wenn die Fläche des Lüftungsabschnittes 1'200 m<sup>2</sup> nicht übersteigt;
- c bei Beherbergungsbetrieben und Wohnbauten, wenn die Fläche des Lüftungsabschnittes 600 m<sup>2</sup> nicht übersteigt;
- d bei Lüftungsanlagen von Nasszellen;
- e bei separater [Lüftungsleitungsführung](#) bis zur Lüftungszentrale;
- f in Hochhäusern bei Lüftungsanlagen von Nasszellen, Wohnungsküchen und dergleichen, sofern je Steigkanal nicht mehr als 5 Geschosse angeschlossen sind;
- g zwischen Lüftungszentralen und den Installationsschächten.

3 Der Einbau und die Anwendung von Absperrvorrichtungen werden mit der Leistungserklärung oder VKF-Technischen Auskunft festgelegt.

4 Absperrvorrichtungen dürfen nicht anstelle von geforderten Brandschutzklappen eingebaut werden.

### Brainstorming Fragen zur Qualitätsprüfung BSK / Transit:

- Bei Transitleitungen in Lüftungsabschnitt Dämmung oder BSK vorhanden?
- Im Lüftungsabschnitt der Transitleitung befindet sich kein Auslass.
- Lüftungsabschnitte untereinander mit BSK getrennt?
- Lüftungsabschnitte im Raumbuch eingetragen?
- Kompensator an BSK, wenn vor Wand montiert?
- **Nach Herstellervorgaben montierte Dämmung und BSK?**

### Legende:

**ausgeschlossen wegen geometrischen Prüfungen**

### Weiter betrachtete Prüffälle:

Prüffall 4a: Transitleitungen

Prüffall 4b: Einbau von Brandschutzklappen

Prüffall	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
4a Tranisleitungen	Bauteil Luftleitung	Bauteilart		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	4	4	3
	Bauteil Luftleitung		Verbindung RLT-Bauteil zu Installationsraum		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitung	Dämmstärke		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitung	Typ Dämmung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Ein- / Auslass Zu- und Abluft		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Lüftungsabschnitt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	4b Einbau Brandschutzklappen	Bauteil Ein- / Auslass	Bauteilart		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bauteil Ein- / Auslass			Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bauteil Luftleitung		Bauteilart		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bauteil Luftleitung			Verbindung RLT-Bauteil zu Installationsraum		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bauteil Luftaufbereitungsgerät			Verbindung Gerät zu Installationsraum		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bauteil Luftleitungsnetz			Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bauteil Luftleitung		Dämmstärke		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Bauteil Luftleitung		Typ Dämmung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
MEP Raum			Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Raumbuch Raum		Lüftungsabschnitt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Raumbuch Raum		Nutzung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

## Anforderungen:

### Art. 1.19 Lüftungstechnische Anlagen

(V)

<sup>1</sup> Lüftungstechnische Anlagen mit Aussenluft und Fortluft sind mit einer Wärmerückgewinnung auszurüsten. Die Temperatur-Effizienz muss dem Stand der Technik entsprechen, sofern keine Anforderung der Energieeffizienzverordnung gilt.

<sup>2</sup> Einfache Abluftanlagen von beheizten Räumen sind entweder mit einer kontrollierten Zuführung der Ersatzluft und einer Wärmerückgewinnung oder einer Nutzung der Wärme der Abluft auszurüsten, sofern der Abluftvolumenstrom mehr als 1'000 m<sup>3</sup>/h und die Betriebsdauer mehr als 500 h/a beträgt. Dabei gelten mehrere getrennte einfache Abluftanlagen im gleichen Gebäude als eine Anlage. Andere Lösungen sind zulässig, wenn mit einer fachgerechten Energiebedarfsrechnung nachgewiesen wird, dass kein erhöhter Energiebedarf eintritt.

<sup>3</sup> Die Luftgeschwindigkeiten dürfen in Apparaten, bezogen auf die Nettofläche, 2 m/s und im massgebenden Strang der Kanäle folgende Werte nicht überschreiten:

bis	1'000 m <sup>3</sup> /h	3 m/s,
bis	2'000 m <sup>3</sup> /h	4 m/s,
bis	4'000 m <sup>3</sup> /h	5 m/s,
bis	10'000 m <sup>3</sup> /h	6 m/s,
über	10'000 m <sup>3</sup> /h	7 m/s.

<sup>4</sup> Grössere Luftgeschwindigkeiten sind zulässig:

- wenn mit einer fachgerechten Energieverbrauchsrechnung nachgewiesen wird, dass kein erhöhter Energieverbrauch eintritt;
- bei weniger als 1'000 Jahresbetriebsstunden;
- bei Anlagen, bei denen die grössere Luftgeschwindigkeit wegen einzelner räumlicher Hindernisse nicht vermeidbar ist.

<sup>5</sup> Lüftungstechnische Anlagen für Räume oder Raumgruppen mit wesentlich unterschiedlichen Nutzungen oder Betriebszeiten sind mit Einrichtungen auszurüsten, die einen individuellen Betrieb ermöglichen.

<sup>6</sup> Elektrische Energie zur Vorerwärmung der Aussenluft bzw. Erhöhung der Ablufttemperatur darf ausschliesslich bei Wohnraumlüftungsanlagen und nur so weit eingesetzt werden, wie es zur Vermeidung von Vereisung erforderlich ist. Eine Zusatzheizung mit elektrischer Energie ist nicht zulässig.

### Art. 1.20 Wärmedämmung von Lüftungstechnischen Anlagen

(V)

Luftkanäle, Rohre und Geräte von Lüftungs- und Klimaanlage n müssen je nach Temperaturdifferenz im Auslegungsfall und  $\lambda$ -Wert des Dämmmaterials gemäss Norm SIA 382/1:2025 Ziffer 5.14 gegen Wärmeübertragung (Wärmeverlust und Wärmeaufnahme) geschützt werden. In begründeten Fällen wie z.B. bei kurzen Leitungsstücken, Kreuzungen, Wand- und Deckendurchbrüchen, wenig benutzten Leitungen mit Klappen im Bereich der thermischen Hülle sowie bei Platzproblemen bei Ersatz und Erneuerungen können die Dämmstärken reduziert werden.

## 5.14 Wärmedämmung

5.14.1 Sämtliche Luftbehandlungsgeräte, Luftleitungen und Komponenten, bei denen ohne Wärmedämmung im Auslegungsfall eine Wärmestromdichte zwischen Medium und Umgebung von mehr als 8 W/m<sup>2</sup> auftreten würde, müssen so wärmedämmt sein, dass die Wärmestromdichte mit der Wärmedämmung maximal 5 W/m<sup>2</sup> beträgt.

5.14.2 Bei Luftleitungen (Kanäle und Rohre) gilt die Anforderung von 5.14.1 als erfüllt, wenn die Dämmdicke die Mindestanforderung nach Tabelle 53 erfüllt.

Tabelle 53 Minimale Dämmdicken von Luftleitungen je nach deren Art und Lage

Art der Luftleitung	Minimale Dämmdicke je nach Lage der Luftleitung		
	Innerhalb der thermischen Gebäudehülle	In allseitig geschlossenem Raum ausserhalb der thermischen Gebäudehülle	In nicht allseitig geschlossenem Raum oder im Freien
Aussenluft (ODA) oder Fortluft (EHA)	100 mm (60 mm) <sup>1)</sup>	30 mm	0 mm
Zuluft (SUP) oder Abluft (ETA)	Je nach Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung im Auslegungsfall: < 5 K      0 mm 5 bis < 10 K      30 mm 10 bis < 15 K      60 mm ≥ 15 K      100 mm	60 mm	100 mm

<sup>1)</sup> Der Wert von 60 mm gilt für Anlagen mit einer Vorkonditionierung vor der WRG (z. B. Erdreich-Wärmeübertrager oder andere Vorerwärmung).

Die Dämmdicken in Tabelle 53 gelten für eine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  zwischen 0,03 W/(m·K) und 0,05 W/(m·K). Bei  $\lambda$ -Werten unter 0,03 W/(m·K) kann, bei  $\lambda$ -Werten über 0,05 W/(m·K) muss die Dämmdicke so angepasst werden, dass die Wärmestromdichte der Situation mit den Dämmdicken von Tabelle 53 mit  $\lambda = 0,04$  W/(m·K) entspricht.

*Anmerkung:* Gemäss SN EN ISO 12241 ist zwischen der Nennwärmeleitfähigkeit  $\lambda_d$  (en: *declared thermal conductivity*) und der Betriebswärmeleitfähigkeit  $\lambda_o$  (en: *design thermal conductivity*) zu unterscheiden. Die Betriebswärmeleitfähigkeit ist temperaturabhängig. Für weitere Anwendungszwecke der SN EN ISO 12241 muss der Bemessungswert für die Mitteltemperatur jeder einzelnen Schicht angewendet werden.

5.14.3 Wenig benutzte Luftleitungen (Betriebszeit < 500 h/a) müssen nicht wärmedämmt werden, wenn sie ausserhalb der Nutzungszeit mit Klappen im Bereich der thermischen Gebäudehülle abgeschlossen werden (z. B. Luftleitungen für die Verbrennungsluftzufuhr von Cheminées oder Entrauchungsleitungen).

5.14.4 Bei kleinen Anlagen mit weniger als 6 m langen Leitungen mit massgebenden Wärmeverlusten können die Dämmdicken von Tabelle 53 entsprechend Figur 9 reduziert werden, wenn gleichzeitig die folgenden Punkte eingehalten sind:

- Luftvolumenstrom im Normallüftungsbetrieb maximal 220 m<sup>3</sup>/h.
- Anmerkung:* Bei der maximal zulässigen Luftgeschwindigkeit von 3 m/s gemäss 5.11.5.7 entspricht dies einem Durchmesser von 160 mm.
- Zuluft- und Abluft-Temperaturen zwischen 15°C und 30°C.
- Luftbehandlungsgerät mit Wärmerückgewinnung (Platten- oder Rotations-Wärmeübertrager), aber keine Abluft-Wärmepumpe.

### Bemerkungen

Geschwindigkeit ist bereits in Prüffall 1 enthalten.

### Brainstorming Fragen zur Qualitätsprüfung:

- Wärmerückgewinnung nach Stand der Technik geplant?
- Luftgeschwindigkeiten nach MuKE n geplant?  
siehe Prüffall 1
- Nutzungsabhängiger Betrieb beachtet?
- Thermische Dämmung nach Stand der Technik berücksichtigt?

### Weiter betrachtete Prüffälle:

Prüffall 5a: Temperatur-Effizienz von Wärmerückgewinnung

Prüffall 5b: Nutzungsspezifischer Betrieb

Prüffall 5c: Thermische Dämmung

Prüf fall	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
5a Temperatur-Effizienz von Wärmerückgewinnung	Bauteil Lüftungsg erät	WRG-Kategorie		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	3	3
	Lüftungsg erät	Minimale Temperatur-Bruttoeffizienz		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Lüftungsg erät	Minimale Feuchte-Bruttoeffizienz		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Lüftungsg erät		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Elektro-Volllaststunden [h/a]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Anlage	Volumenstrom Anlage [m <sup>3</sup> /h]		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5b Nutzungsspezifischer Betrieb	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	3	3
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Ein- / Auslass Zu- und Abluft		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Betriebszeit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Nutzung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Prüf fall	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
5c Thermische Dämmung	Bauteil Luftleitung		Verbindung Gerät zu Installationsraum	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	7	4	3
	Bauteil Luftleitung	Dämmstärke		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitung	Typ Dämmung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
	MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Anlage	Lufttemperatur Sommer Medium				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Lufttemperatur Sommer Raum				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Anlage	Lufttemperatur Winter Medium				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Lufttemperatur Winter Raum				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Raumbuch Raum	Nutzungszeit				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

## Bemerkungen

Nur Schalldämpfer betrachtet, da dieser in Expertengespräch angesprochen wurden und es eine Vielzahl von Komponenten gibt.



## Anforderungen:

### 5.15.2 Schalldämpfer

5.15.2.1 Zur Verminderung des Ventilatorgeräuschs und zur Reduzierung von Strömungsgeräuschen werden Schalldämpfer eingesetzt. Um die Schallausbreitung über Nebenwege zu vermeiden, aber auch aus Gründen der Wartung, ist eine geeignete Anordnung der Schalldämpfer im RLT-Gerät anzustreben. Wegen der guten Anpassbarkeit an die Geometrie des Geräts kommen für diesen Zweck vorrangig Kulissenschalldämpfer infrage.

5.15.2.2 Schalldämpfer sind zur Verringerung von Geräuschemissionen in unmittelbarer Nähe der Geräuschquelle zu installieren. Aus hygienischen Gründen dürfen sie nicht direkt nach Kühlern mit Entfeuchtungs- oder Befeuchtungseinrichtungen angeordnet werden. Im RLT-Gerät sollten Schalldämpfer deshalb unmittelbar vor und hinter dem Ventilator sowie zwischen der ersten und zweiten Filterstufe angeordnet werden.

5.15.2.3 Bei der Auslegung ist zu berücksichtigen, dass ein erhöhter Druckverlust vermieden wird. Um ein ungehindertes An- und Abströmen sicherzustellen, ist ein Mindestabstand zu anderen Einbauteilen von einfacher (Anströmung) oder 1,5-facher (Abströmung) maximaler Kulissenbreite vorzusehen.

5.15.2.4 Schalldämpfer/Schalldämpferkulissen sind zur Reinigung gut zugänglich oder ausbaubar zu gestalten, ohne andere Komponenten demontieren zu müssen. Sie müssen aus dauerhaft abriebfestem Material bestehen, das gesundheitlich unbedenklich ist. Es wird empfohlen, durch die Verwendung von strömungsgünstigen Anströmprofilen den Luftwiderstand zu reduzieren.

5.15.2.5 Ausser den unmittelbar in Ventilatornähe installierten Hauptschalldämpfern kann es in Abhängigkeit von den Schallschutzansprüchen erforderlich werden, zusätzliche Schalldämpfer in der Luftleitung einzubauen. Auch hier gilt die Regel, die Schalldämpfer möglichst nah an der Schallquelle anzuordnen.

5.15.2.6 Die von den Schalldämpfern zu fordernde Einfügungsdämpfung entspricht der Differenz zwischen dem Schalleistungspegel der Geräuschquelle und dem zulässigen Schalleistungspegel am Luftaus- oder -eintritt, abzüglich der Dämpfung der dazwischen liegenden Bauteile. Die Ermittlung der erforderlichen Einfügungsdämpfung ist im Frequenzbereich von 63 Hz bis 8 kHz durchzuführen.

5.15.2.7 Die Auslegung der Schalldämpfer ist stets unter Berücksichtigung des Volumenstroms vorzunehmen. Der maximale Druckverlust für Schalldämpfer in Luftleitungen sollte 50 Pa nicht überschreiten. Bei der Planung von Anlagen mit sehr hohen Schallschutzansprüchen sind Werte unter 20 Pa üblich. Die Gründe sind einerseits die im Schalldämpfer erzeugte Schalleistung, die gegebenenfalls die erreichte Schallpegelreduktion vermindert. Andererseits sind auch energetische Aspekte zu berücksichtigen.

5.15.2.8 Die Einfügungsdämpfung wächst mit der Länge des Schalldämpfers, wobei eine Verdopplung der Länge etwas weniger als die doppelte Dämpfung ergibt. Dämpfungswerte von mehr als 50 dB sind beim Einbau in das Luftleitungssystem nur durch Sondermassnahmen, wie Aufteilung des Schalldämpfers in mehrere Einzelschalldämpfer, gegenseitige Körperschallentkopplung und Schallisolierung, erreichbar. In Richtlinie VDI 2081 Blatt 1 [85] ist die maximal erzielbare Einfügungsdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt.

### 5.15.3 Strömungsgeräusche

5.15.3.1 Bei der Dimensionierung eines Schalldämpfers ist darauf zu achten, dass der geforderte Pegel auf der leisen Seite des Schalldämpfers durch das vom Schalldämpfer erzeugte Strömungsgeräusch (Eigengeräusch) nicht wieder angehoben wird. Der analoge Grundsatz gilt für Strömungsgeräusche von Einbauteilen wie Volumenstromreglern, Drossel- und Brandschutzklappen, Luftdurchlässen und Wetterschutzeinrichtungen. Bei Volumenstromreglern ist für die Auslegung der Schallschutzmassnahme vom akustisch ungünstigsten Betriebsfall auszugehen.

5.15.3.2 Lässt sich aus Platzgründen eine Erhöhung des Luftleitungsschallpegels durch Strömungsgeräusche von Einbauteilen nicht vermeiden, müssen nach der Geräuschquelle zusätzliche Schalldämpfer angeordnet werden. Häufige Praxis zur Minderung von Strömungsgeräuschen der Luftleitung ist die Anordnung von Telefonie-Schalldämpfern unmittelbar vor dem Luftdurchlass, womit gleichzeitig die Übertragung von Geräuschen zwischen den Räumen unterdrückt wird.

5.15.3.3 Da das Strömungsgeräusch von Bauteilen überproportional von der Luftgeschwindigkeit abhängt, bewirkt eine geringe Reduzierung der Anströmgeschwindigkeit bereits eine deutliche Absenkung des Geräuschpegels. Niedrige Anströmgeschwindigkeiten und gute Strömungsführung sind deshalb Grundprinzipien der Lärminderung.

### 5.15.4 Schallübertragung zwischen Räumen

5.15.4.1 Zwischen Räumen, die durch gemeinsame Luftleitungen mit Luftdurchlassöffnungen verbunden sind, besteht die Gefahr, dass Geräusche über die Luftleitung in andere Räume übertragen werden (sogenannte Telefonie).

5.15.4.2 Um eine Minderung des Schalldämmmasses von Trennbauteilen zu vermeiden, muss die Schalldruckpegeldifferenz über die Luftleitung im relevanten Frequenzbereich um mindestens 10 dB höher sein als die über das Trennbauteil. Für Sprachgeräusche betrifft das die Oktaven 125 Hz bis 2'000 Hz. Siehe dazu auch 2.2.7.12.

*Anmerkung:* In Richtlinie VDI 2081 Blatt 1 [85], Ziffer 13.4.4, ist ein Verfahren zur Berechnung der Telefonie zwischen zwei Räumen beschrieben.

5.15.4.3 Zur Vermeidung der Telefonie und wegen der beengten Verhältnisse bietet sich im Deckenbereich der Einsatz von flexiblen Schalldämpfern an. Allerdings sollte der Anteil flexibler Luftleitungen aus Gründen der Hygiene (vgl. Richtlinie SWKI VA104-01 [62]) und des Brandschutzes (vgl. VKF-BSR 25-15 [52]) grundsätzlich auf das notwendige Mass beschränkt werden.

5.15.4.4 Luftleitungsbauteile aus Stahlblech haben besonders bei tiefen Frequenzen eine niedrige Schalldämmung. Um die Schallübertragung über die Wände der Luftleitung in Räume zu vermeiden (Berechnungsmöglichkeit siehe Richtlinie VDI 2081 Blatt 1 [85]), sollte der Schalldämpfer möglichst nah an der Schallquelle angeordnet sein und eine ausreichende Dämpfung aufweisen, andernfalls ist die Luftleitung im betreffenden Abschnitt mit einer Schalldämmung zu versehen.

5.15.4.5 Eine wirksame Schalldämmung besteht z.B. aus einem Schallabsorptionsmaterial mit einer Ummantelung aus mindestens 0,5 mm dickem Blech, wobei der Blechmantel keine starre Verbindung zur Luftleitung besitzen darf. Bezüglich der Materialauswahl und der Hygiene ist Richtlinie SWKI VA104-01 [62] zu beachten.

### Brainstorming Fragen zur Qualitätsprüfung:

- Schalldämpfer in unmittelbarer Nähe zu Schallquelle angeordnet? Bei Schallquellen ein Schalldämpfer vorgesehen?
- So platziert, dass genügende An- und Abströmstrecke vorhanden?
- Korrekte technische Auslegung?
- Gut zugänglich und austauschbar? Nicht in Wand verbaut?
- Maximaler Druckverlust um 50 Pa ideal, um 20 Pa bei schalltechnische anspruchsvollen Anlagen.
- Telefoneschalldämpfer zwischen lärmempfindlichen Räumen vorhanden?

### Legende:

ausgeschlossen wegen geometrischen Prüfungen

### Weiter betrachtete Prüffälle:

Prüffall 6a: Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen

Prüffall 6b: An- und Abströmung

Prüffall 6c: Prüfung Grobdimensionierung

Prüffall 6d: Telefoneschall

# Prüfgebiet 6: Auslegung Komponenten allgemein

Prüf Fall	Notwendige Informationen			Datenmodelle				Auswertung		
	Bauteil / Element	Attribute	Relation	Fachmodell RLT	Fachmodell MEP Räume	Raumbuch RLT	Unterlagen Hersteller	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle
6a Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen	Bauteil "Schallquellen"	Bauteiltyp: Geräte / VSR		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	3	1	1
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Länge [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6b An- und Abströmstrecke	Bauteil Schalldämpfer	maximale Kulissenbreite		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	3	1	1
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Luftleitungsnetz	Länge [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6c Prüfung Grobdimensionierung	Bauteil Kulissenschalldämpfer	Kulissenbreite [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	4	0	1
	Bauteil Kulissenschalldämpfer	Kulissenanzahl [Stk.]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Kulissenschalldämpfer	Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Kulissenschalldämpfer	Breite / Höhe / Länge [mm]		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Kulissenschalldämpfer			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6d Telefonieschall	Bauteil Luftleitungsnetz	Bauteiltyp		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	3	3
	Bauteil Luftleitungsnetz		Beziehung zu angrenzenden RLT-Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Ein- / Auslass MEP Raum		Verbindung RLT-Bauteil zu belüftetem Raum	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil MEP Raum		Verbindung von MEP-Raum zu Raumbuch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Raumbuch Raum	Lärmempfindlichkeit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bauteil Raumbuch Raum			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

# Anhang A18: Prüffälle

## Kategorisierung durch Nutzwertanalyse Kompliziertheit

Prüffall	Nutzwertanalyse Kompliziertheit							
	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Informationscontainer	Punkte Kategorie Informationen	Punkte Kategorie Relationen	Punkte Kategorie Datenmodell	Punkte Kompliziertheit	Zugeordnete Kategorie
1a Strömungsgeschwindigkeit MuKen	2	0	1	0.9	0.0	1.0	1.9	Kategorie 1
1b Strömungsgeschwindigkeit SIA	5	3	3	2.1	1.8	3.0	6.9	Kategorie 3
2a Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2
2b Regelbereich übereinstimmend mit Raumbuch	5	3	3	2.1	1.8	3.0	6.9	Kategorie 3
2c Schalldämpfer nach VSR zu lärmempfindlichen Räumen	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2
2d Mehrzonenanlagen durchgehend mit VSR	1	1	1	0.4	0.6	1.0	2.0	Kategorie 1
2e Keine seriellen VSR	1	1	1	0.4	0.6	1.0	2.0	Kategorie 1
2f Plausibler Regelbereich	7	0	2	3.0	0.0	2.0	5.0	Kategorie 2
2g Anströmstrecke VSR	6	1	1	2.6	0.6	1.0	4.2	Kategorie 2
2h Dämmschale VSR	1	2	2	0.4	1.2	2.0	3.6	Kategorie 2
3a Ansauggeschwindigkeit Aussenluft	4	0	1	1.7	0.0	1.0	2.7	Kategorie 1
3b Ausstrittsgeschwindigkeit Fortluft	4	0	1	1.7	0.0	1.0	2.7	Kategorie 1
3c Motorklappe in AUL- und FOL- Strang	3	1	1	1.3	0.6	1.0	2.9	Kategorie 1
3d Klassifizierung der FOL	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2
3e Übereinstimmung Volumenstrom zwischen Auslässen zu Raumbuch	5	2	3	2.1	1.2	3.0	6.3	Kategorie 3
3f Übereinstimmung Lüftungsanlage zwischen Modell und Raumbuch	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 3
3g Prüfung Grobdimensionierung Auslass	7	0	2	3.0	0.0	2.0	5.0	Kategorie 2
4a Tranisleitungen	4	4	3	1.7	2.4	3.0	7.1	Kategorie 3
4b Einbau Brandschutzklappen	6	5	3	2.6	3.0	3.0	8.6	Kategorie 3
5a Temperatur-Effizienz von Wärmerückgewinnung	5	3	3	2.1	1.8	3.0	6.9	Kategorie 3
5b Nutzungsspezifischer Betrieb	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2
5c Thermische Dämmung	7	4	3	3.0	2.4	3.0	8.4	Kategorie 3
6a Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen	3	1	1	1.3	0.6	1.0	2.9	Kategorie 1
6b An- und Abströmstrecke SD	3	1	1	1.3	0.6	1.0	2.9	Kategorie 1
6c Prüfung Grobdimensionierung SD	4	0	1	1.7	0.0	1.0	2.7	Kategorie 1
6d Telefonieschall	2	3	3	0.9	1.8	3.0	5.7	Kategorie 2

Maximum Anzahl je Kategorie

7 5 3

### Auswertung

Kategorie	Anzahl
Kategorie 1	9
Kategorie 2	9
Kategorie 3	8

# Anhang A19: Prüffälle

## Vorauswahl durch Nutzwertanalyse Relevanz

Prüffall	Nutzwertanalyse Kompliziertheit								Nutzwertanalyse Relevanz						
	Anzahl Attribute	Anzahl Relationen	Anzahl Datenmodelle	Punkte Kategorie Informationen	Punkte Kategorie Relationen	Punkte Kategorie Informationscontainer	Punkte Kompliziertheit	Zugeordnete Kategorie	Häufigkeit der Prüfung	Prüfungsgrundlage	Punkte Häufigkeit der Prüfung	Punkte Prüfungsgrundlage	Punkte Relevanz	Top 3 je Kategorie	
1a Strömungsgeschwindigkeit MuKE	2	0	1	0.9	0.0	1.0	1.9	Kategorie 1	Leitungsbauteil	MuKE	4.0	3.0	7.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
1b Strömungsgeschwindigkeit SIA	5	3	3	2.1	1.8	3.0	6.9	Kategorie 3	Leitungsbauteil	SIA	4.0	3.0	7.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
2a Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2	Zone	Anforderung	2.0	2.0	4.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
2b Regelbereich übereinstimmend mit Raumbuch	5	3	3	2.1	1.8	3.0	6.9	Kategorie 3	Zone	Anforderung	2.0	2.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
2c Schalldämpfer nach VSR zu lärmempfindlichen Räumen	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2	Zone	Anforderung	2.0	2.0	4.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
2d Mehrzonenanlagen durchgehend mit VSR	1	1	1	0.4	0.6	1.0	2.0	Kategorie 1	Zone	Funktion	2.0	2.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
2e Keine seriellen VSR	1	1	1	0.4	0.6	1.0	2.0	Kategorie 1	Zone	Funktion	2.0	2.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
2f Plausibler Regelbereich	7	0	2	3.0	0.0	2.0	5.0	Kategorie 2	Zone	Hersteller	2.0	1.0	3.0	<input type="checkbox"/>	
2g Anströmstrecke VSR	6	1	1	2.6	0.6	1.0	4.2	Kategorie 2	Zone	Hersteller	2.0	1.0	3.0	<input type="checkbox"/>	
2h Dämmschale VSR	1	2	2	0.4	1.2	2.0	3.6	Kategorie 2	Zone	Hersteller	2.0	1.0	3.0	<input type="checkbox"/>	
3a Ansauggeschwindigkeit Aussenluft	4	0	1	1.7	0.0	1.0	2.7	Kategorie 1	Anlage	SIA	1.0	3.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
3b Austrittsgeschwindigkeit Fortluft	4	0	1	1.7	0.0	1.0	2.7	Kategorie 1	Anlage	SIA	1.0	3.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
3c Motorklappe in AUL- und FOL- Strang	3	1	1	1.3	0.6	1.0	2.9	Kategorie 1	Anlage	SIA	1.0	3.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
3d Klassifizierung der FOL	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2	Anlage	SIA	1.0	3.0	4.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
3e Übereinstimmung Volumenstrom zwischen Auslässen zu Raumbuch	5	2	3	2.1	1.2	3.0	6.3	Kategorie 3	Raum	Anforderung	3.0	2.0	5.0	<input type="checkbox"/>	
3f Übereinstimmung Lüftungsanlage zwischen Modell und Raumbuch	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 3	Raum	Anforderung	3.0	2.0	5.0	<input type="checkbox"/>	
3g Prüfung Grobdimensionierung Auslass	7	0	2	3.0	0.0	2.0	5.0	Kategorie 2	Raum	Hersteller	3.0	1.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
4a Tranisleitungen	4	4	3	1.7	2.4	3.0	7.1	Kategorie 3	Lüftungsabschnitt	VKF	2.0	3.0	5.0	<input type="checkbox"/>	
4b Einbau Brandschutzklappen	6	5	3	2.6	3.0	3.0	8.6	Kategorie 3	Lüftungsabschnitt	VKF	2.0	3.0	5.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
5a Temperatur-Effizienz von Wärmerückgewinnung	5	3	3	2.1	1.8	3.0	6.9	Kategorie 3	Anlage	MuKE	1.0	3.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
5b Nutzungsspezifischer Betrieb	3	3	3	1.3	1.8	3.0	6.1	Kategorie 2	Zone	MuKE	2.0	3.0	5.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
5c Thermische Dämmung	7	4	3	3.0	2.4	3.0	8.4	Kategorie 3	Leitungsbauteil	MuKE	4.0	3.0	7.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
6a Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen	3	1	1	1.3	0.6	1.0	2.9	Kategorie 1	Zone und Medium	SIA	2.0	3.0	5.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
6b An- und Abströmstrecke SD	3	1	1	1.3	0.6	1.0	2.9	Kategorie 1	Zone und Medium	SIA	2.0	3.0	5.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
6c Prüfung Grobdimensionierung SD	4	0	1	1.7	0.0	1.0	2.7	Kategorie 1	Zone und Medium	SIA	2.0	3.0	5.0	<input type="checkbox"/>	
6d Telefoneschall	2	3	3	0.9	1.8	3.0	5.7	Kategorie 2	Raum	SIA	3.0	3.0	6.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Maximum Anzahl je Kategorie

7 5 3

### Schlüssel Punkteverteilung

Häufigkeit der Prüfung	Punkte
Hersteller	1
Anforderung	2
Funktion	2
SIA	3
VKF	3
MuKE	3

Normative Grundlage	Punkte
Anlage	1
Lüftungsabschnitt	2
Zone	2

# Anhang A20: Prüffälle

## Wahl durch Choosing by Advantages

### Wahl Kategorie 1:

Alternativen / Prüffälle		Verfügbarkeit Datengrundlage je mehr bereits vorhanden desto besser		Relevanz Praxis je höher die Praxisrelevanz, desto besser		Normative Relevanz je höher in der Normenhierarchie desto bevorzugter		Wissenschaftliche Relevanz je besser das Thema zu IFC-Graph passt, desto besser		Machbarkeit je weniger vage Formulierungen, Unsicherheiten, uneinheitliche Vorgaben, Hindernisse, desto besser		Ergebnis
		Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	
		Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	
Kategorie 1	1a Strömungsgeschwindigkeit MuKE	grossteils vorhanden	-	mittel	höher	hoch	relevanter	gering	-	konkret	deutlich präziser	40
		-	-	alltägliches Thema	10	MuKE	10	nur logische Prüfung, keine Nutzung von Relationen	-	kein Interpretationsspielraum	20	
	6a Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen	alles vorhanden	mehr vorhanden	hoch	deutlich höher	mittel	-	eher gering	leicht interessanter	mittel	präziser	45
	-	10	relevant in der Praxis zB nach VSR	20	SIA Norm	-	nur Nutzung unmittelbarer Bauteilnachbarn	5	Bedeutung unmittelbar?	10		
6b An- und Abströmstrecke SD	alles vorhanden	mehr vorhanden	gering	-	mittel	-	eher gering	leicht interessanter	vage	-	15	
	-	10	produkteabhängig, eher vernachlässigbar	-	SIA Norm	-	nur Nutzung unmittelbarer Bauteilnachbarn	5	konkret, womöglich herstellerabhängig	-		

### Wahl Kategorie 2:

Alternativen / Prüffälle		Verfügbarkeit Datengrundlage je mehr bereits vorhanden desto besser		Relevanz Praxis je höher die Praxisrelevanz, desto besser		Normative Relevanz je höher in der Normenhierarchie desto bevorzugter		Wissenschaftliche Relevanz je besser das Thema zu IFC-Graph passt, desto besser		Machbarkeit je weniger vage Formulierungen, Unsicherheiten, uneinheitliche Vorgaben, Hindernisse, desto besser		Ergebnis
		Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	
		Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	
6d Telefonieschall	fast alles vorhanden	etwas mehr vorhanden	hoch	deutlich höher	mittel	etwas relevanter	sehr interessant	deutlich interessanter	mittel	präziser	60	
	zusätzliche Attribute aus SIA MB 2024 notwendig	5	oft vernachlässigt, späterer Einbau aufwendig	20	SIA Norm	5	Suche von Raum zu Raum notwendig	20	Annahmen notwendig	10		
5b Nutzungsspezifischer Betrieb	grossteils vorhanden	-	mittel	höher	hoch	deutlich relevanter	sehr interessant	deutlich interessanter	vage	-	45	
	Klassifizierung Nutzung notwendig	-	weniger interessant, starke Abhängigkeit zu Regelung	10	MuKE	15	Suche von ähnlichen Nutzungen zu ähnlichen Nutzungen	20	vage formuliert, ab wann grosser Unterschied?	-		
2a Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch	alles vorhanden	mehr vorhanden	hoch	deutlich höher	eher gering	-	interessant	interessanter	konkret	deutlich präziser	65	
	-	15	Abgleich Raumbuch / Modell sinnvoll	20	Anforderung Nutzung	-	Suche der belüfteten Räume notwendig	10	kein Interpretationsspielraum	20		
2c Schalldämpfer nach VSR zu lärmempfindlichen Räumen	fast alles vorhanden	etwas mehr vorhanden	hoch	deutlich höher	eher gering	-	interessant	interessanter	mittel	präziser	45	
	zusätzliche Attribute aus SIA MB 2024 notwendig	5	potenzielle Fehlerquelle	20	Anforderung Nutzung / Funktionsgeräusch VSR	-	Suche der belüfteten Räume notwendig	10	Lärmemission VSR anhängig Hersteller / Betriebspunkt	10		
3d Klassifizierung der FOL	grossteils vorhanden	-	gering	-	mittel	etwas relevanter	wenig interessant	-	mittel	präziser	15	
	Klassifizierung ABL notwendig	-	wenig stark belastete ABL / FOL im Alltag	-	SIA Norm	5	über Anlagennummer ohne IFC-Graph möglich	-	Klassifizierung bei gemischter Abluft unklar	10		

### Wahl Kategorie 3:

Alternativen / Prüffälle		Verfügbarkeit Datengrundlage je mehr bereits vorhanden desto besser		Relevanz Praxis je höher die Praxisrelevanz, desto besser		Normative Relevanz je höher in der Normenhierarchie desto bevorzugter		Wissenschaftliche Relevanz je besser das Thema zu IFC-Graph passt, desto besser		Machbarkeit je weniger vage Formulierungen, Unsicherheiten, uneinheitliche Vorgaben, Hindernisse, desto besser		Ergebnis
		Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	Attribut	Vorteil	
		Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	Bemerkung	Wichtigkeit Vorteil	
5c Thermische Dämmung	grossteils vorhanden	-	mittel	-	mittel	relevanter	interessant	interessanter	konkret, einige Ausnahmen	-	20	
	Raumzonen Geometrie / Temperatur notwendig	-	einfach visuell zu kontrollieren	-	MuKE / SIA Norm	10	hauptsächlich Relation zu Raum, andere nur bei Ausnahmen	10	viele Ausnahmen, Schwierigkeit Hohlräume/Doppeldecken	-		
1b Strömungsgeschwindigkeit SIA	fast alles vorhanden	etwas mehr vorhanden	in jedem Projekt Thema	-	mittel	-	wenig interessant	-	konkret	etwas präziser	10	
	El.-Volllaststunden fehlt, in SIA MB 2024 vorhanden	5	nicht in MuKE 25 übernommen	-	SIA Norm	-	über Anlagennummer ohne IFC-Graph möglich	-	-	5		
4b Einbau Brandschutzklappen	fast alles vorhanden	etwas mehr vorhanden	hoch	relevanter	mittel	-	sehr interessant	deutlich interessanter	konkret, einige Ausnahmen	-	35	
	Lüftungsabschnitt fehlt, heute schon visualisiert	5	relevant in jedem Projekt	10	VKF Richtlinie	-	Suche von Lüftungsabschnitt zu Lüftungsabschnitt	20	konkret bis auf Ausnahmen, ausser Ausnahmen	-		

## Hürde 3: Limitationen von Prüfplattformen

### Vorauswahl Kategorie 1:

Prüffall	Kategorisierung		Vorauswahl		Wahl Punkte Choosing by Advantages
	Punkte Nutzwertanalyse Kompliziertheit	Zugewiesene Kategorie	Punkte Nutzwertanalyse Relevanz	Platz Vorauswahl	
1a Strömungsgeschwindigkeit MuKEn	1.9	Kategorie 1	7	1	40.0
6a Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquellen	2.9		5	2	45.0
6b An- und Abströmstrecke SD	2.9		5	3	15.0
6c Prüfung Grobdimensionierung SD	2.7		5	-	-
3c Motorklappe in AUL- und FOL- Strang	2.9		4	-	-
3a Ansauggeschwindigkeit Aussenluft	2.7		4	-	-
3b Ausstrittsgeschwindigkeit Fortluft	2.7		4	-	-
2d Mehrzonenanlagen durchgehend mit VSR	2.0		4	-	-
2e Keine seriellen VSR	2.0		4	-	-

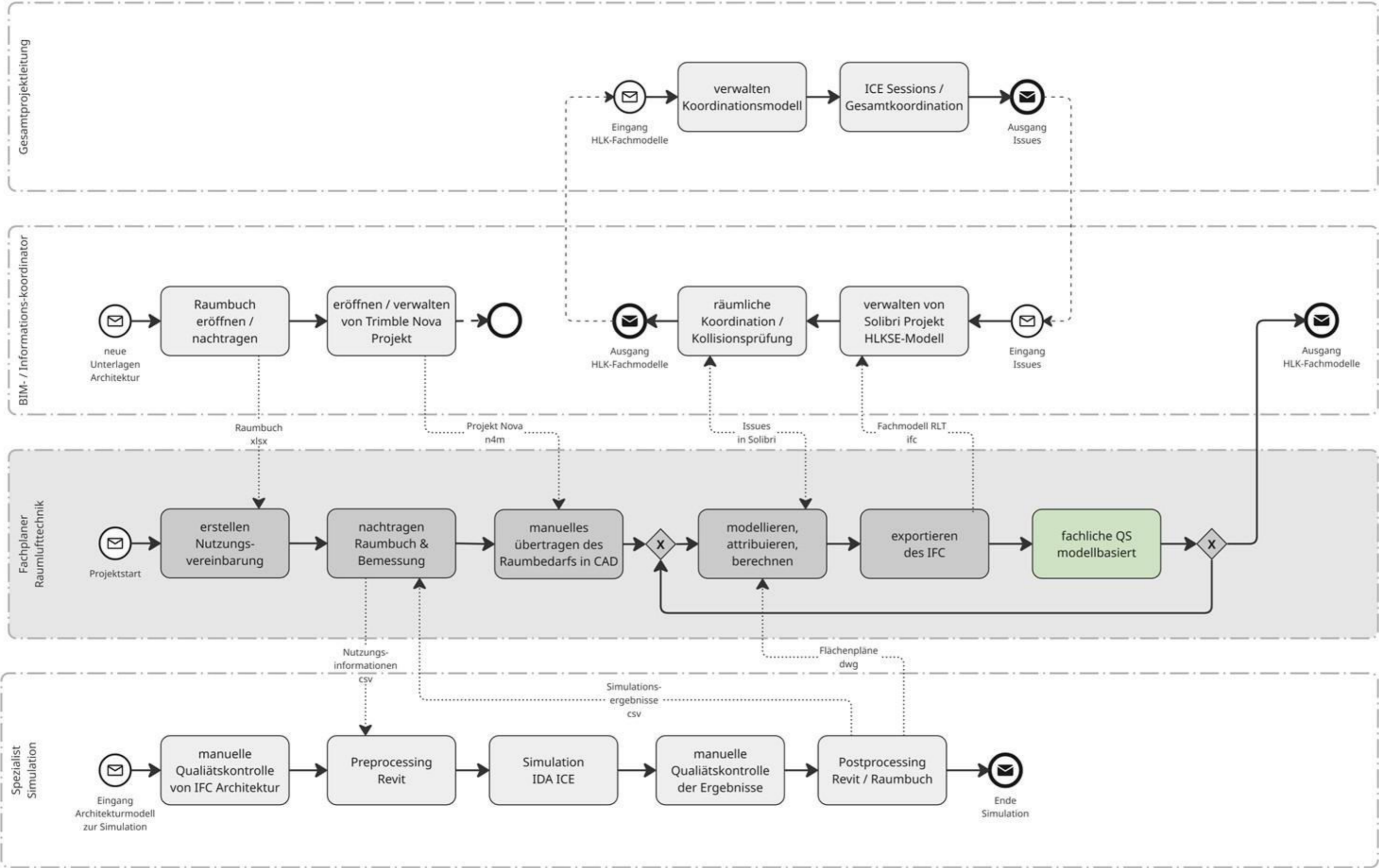
### Vorauswahl Kategorie 2:

Prüffall	Kategorisierung		Vorauswahl		Wahl Punkte Choosing by Advantages
	Punkte Nutzwertanalyse Kompliziertheit	Zugewiesene Kategorie	Punkte Nutzwertanalyse Relevanz	Platz Vorauswahl	
6d Telefonieschall	5.7	Kategorie 2	6	1	60.0
5b Nutzungsspezifischer Betrieb	6.1		5	2	45.0
2a Volumenstromregelung übereinstimmend mit Raumbuch	6.1		4	3	65.0
2c Schalldämpfer nach VSR zu lärmempfindlichen Räumen	6.1		4	3	45.0
3d Klassifizierung der FOL	6.1		4	3	15.0
3g Prüfung Grobdimensionierung Auslass	5.0		4	-	-
2f Plausibler Regelbereich	5.0		3	-	-
2g Anströmstrecke VSR	4.2		3	-	-
2h Dämmschale VSR	3.6		3	-	-

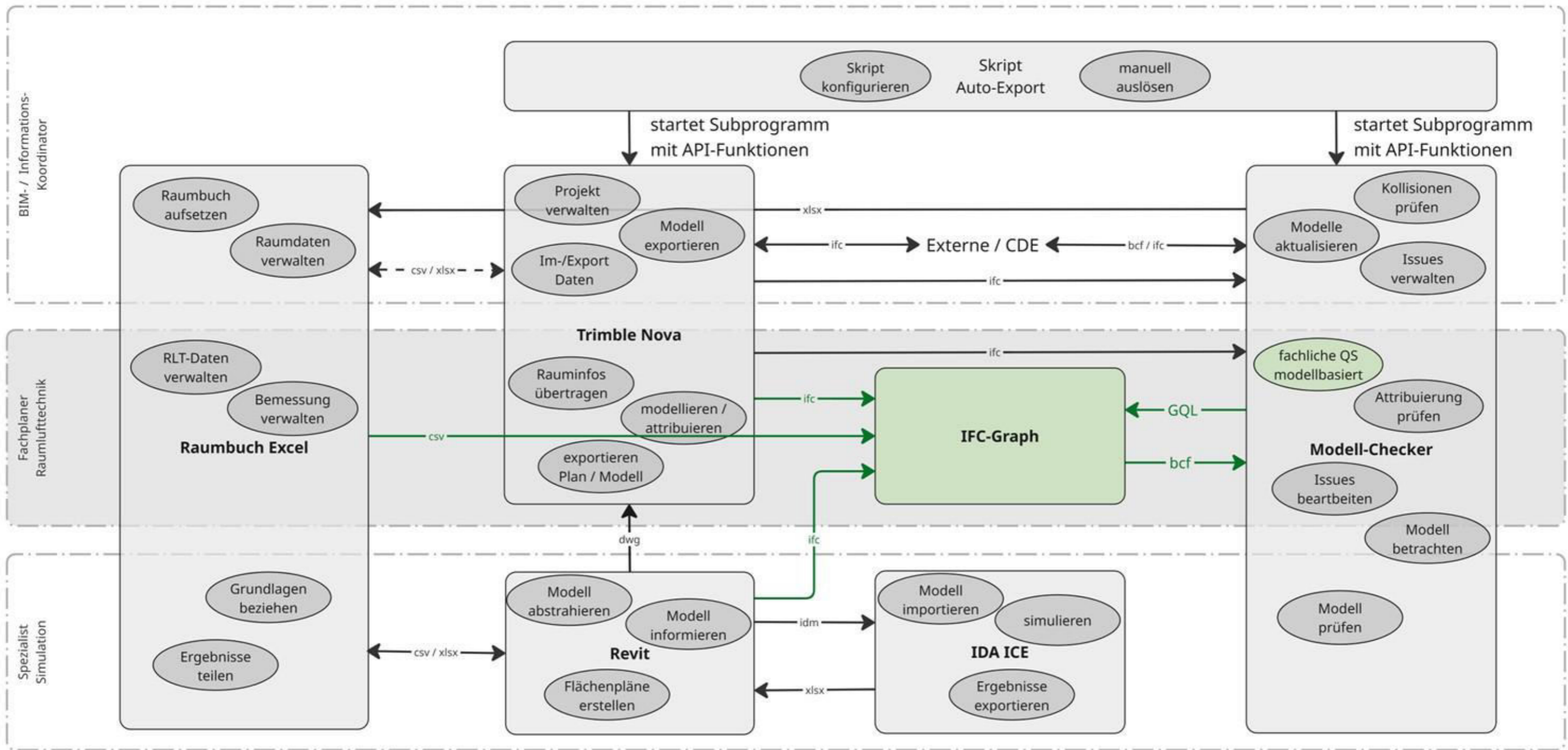
### Vorauswahl Kategorie 3:

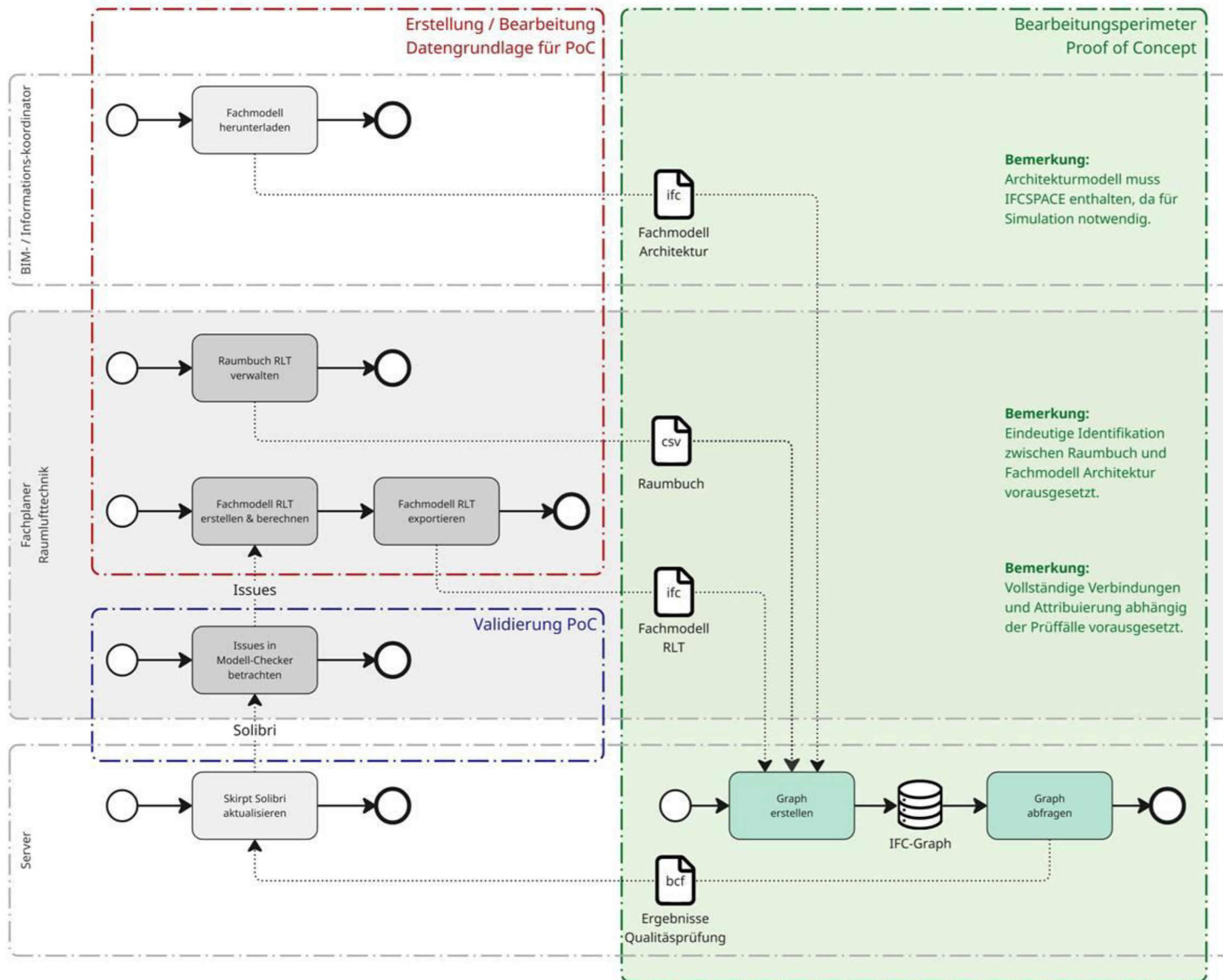
Prüffall	Kategorisierung		Vorauswahl		Wahl Punkte Choosing by Advantages
	Punkte Nutzwertanalyse Kompliziertheit	Zugewiesene Kategorie	Punkte Nutzwertanalyse Relevanz	Platz Vorauswahl	
5c Thermische Dämmung	8.4	Kategorie 3	7	1	20.0
1b Strömungsgeschwindigkeit SIA	6.9		7	2	10.0
4b Einbau Brandschutzklappen	8.6		5	3	35.0
4a Tranisleitungen	7.1		5	-	-
3e Übereinstimmung Volumenstrom zwischen Auslässen zu Raumbuch	6.3		5	-	-
3f Übereinstimmung Lüftungsanlage zwischen Modell und Raumbuch	6.1		5	-	-
2b Regelbereich übereinstimmend mit Raumbuch	6.9		4	-	-
5a Temperatur-Effizienz von Wärmerückgewinnung	6.9		4	-	-

**Anhang A22: PoC - Konzeptidee und Anforderung**  
**Einbindung in Planungsprozess: PoC im internen Planungsprozess vereinfacht**



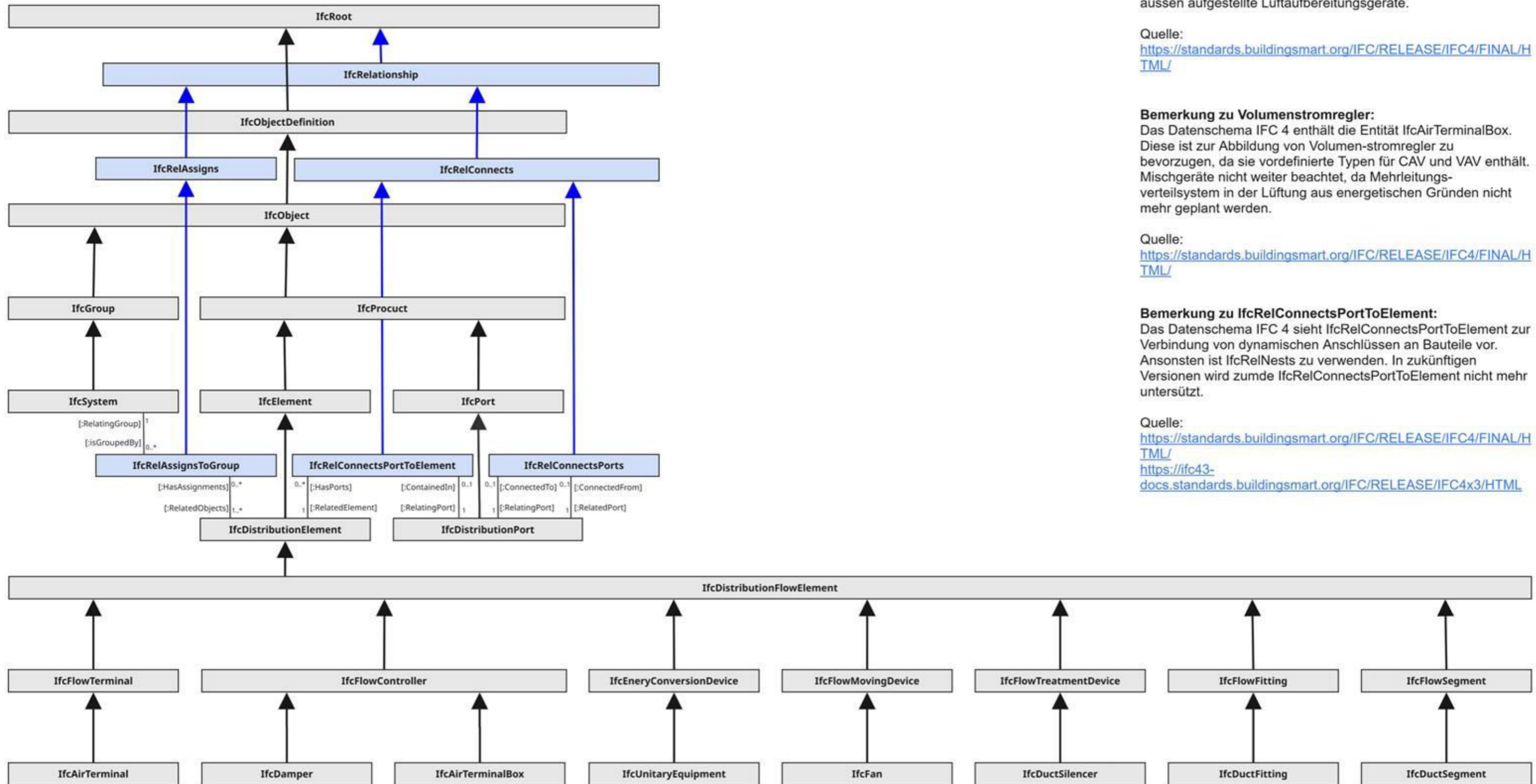
Einbindung in Planungsprozess: Einbettung von PoC in Anwendungslandschaft mit Rollen und Tätigkeiten





# Anhang A24: PoC - Datenmodelle der Eingabe

## DBM RLT - Analyse IFC4-Datei von Trimble Nova mit Hilfe Klassendiagramm



**Bemerkung zu Gerät:**  
 IfcUnitaryEquipment enthält neben ROOFTOPUNIT weitere Typen. Bis auf SPLITSYSTEM bezeichnen alle innen oder aussen aufgestellte Luftaufbereitungsgeräte.

Quelle:  
<https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/FINAL/HTML/>

**Bemerkung zu Volumenstromregler:**  
 Das Datenschema IFC 4 enthält die Entität IfcAirTerminalBox. Diese ist zur Abbildung von Volumenstromregler zu bevorzugen, da sie vordefinierte Typen für CAV und VAV enthält. Mischgeräte nicht weiter beachtet, da Mehrleitungsverteilsystem in der Lüftung aus energetischen Gründen nicht mehr geplant werden.

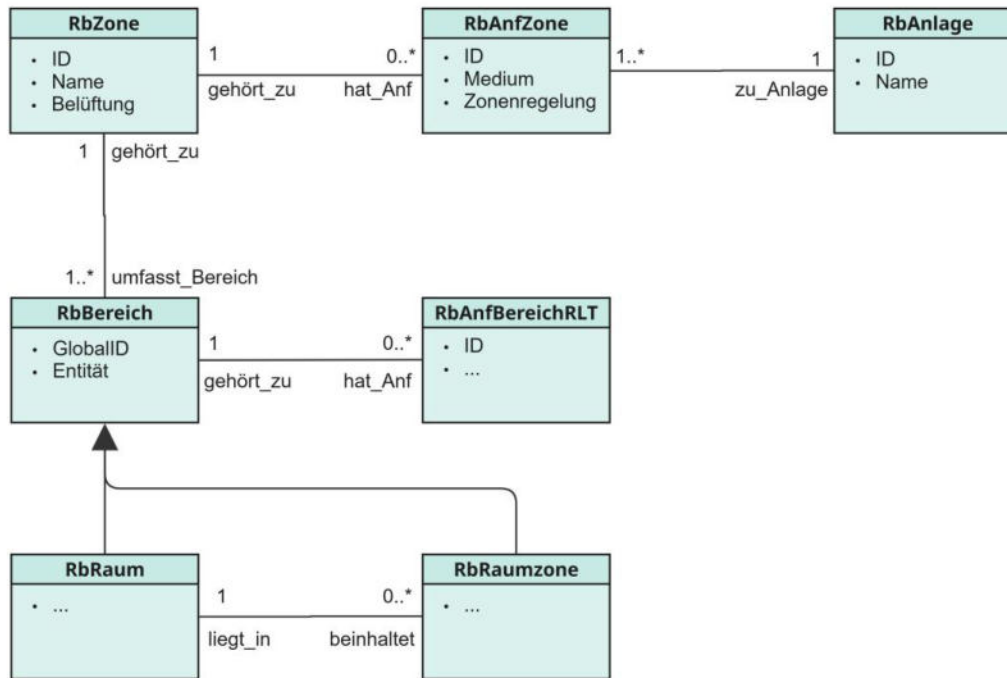
Quelle:  
<https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/FINAL/HTML/>

**Bemerkung zu IfcRelConnectsPortToElement:**  
 Das Datenschema IFC 4 sieht IfcRelConnectsPortToElement zur Verbindung von dynamischen Anschlüssen an Bauteile vor. Ansonsten ist IfcRelNests zu verwenden. In zukünftigen Versionen wird zumde IfcRelConnectsPortToElement nicht mehr unterstützt.

Quelle:  
<https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/FINAL/HTML/>  
<https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4x3/HTML/>



## Raumbuch RLT - Klassendiagramm Raumbuch



### Bemerkung:

Anforderungen für die Bereiche liessen sich in weitere Objekte unterteilen. Dem Bereich liessen sich Nutzung, Raumkonditionen, Raumlasten, Berechnungen, gewählte Volumenströme zuordnen.

Dieser Bereich wird jedoch nicht weiter betrachtet, da nicht relevant für den Anwendungsfall.

## Raumbuch RLT - Relationales Datenbankschema

Tabelle: tbl\_RbZone

ZonID	ZonName	ZonBelüftung
[string]	[string]	[enumeration]
		natürlich
		mechanisch
		hybrid

Tabelle: tbl\_RbAnfZone

AnfZonID	AnfZonRegelung	AnfZonMedium
[string]	[enumeration]	[enumeration]
	keine	Abluft
	CAV	Zuluft
	VAV	

Tabelle: tbl\_Zon\_AnfZon

ZonID	AnfZonID
[string]	[string]

Tabelle: [:zu\_Anlage]

AnfZonID	AnlID
[string]	[string]

Tabelle: tbl\_Zon\_Ber

ZonID	BerGlobalID
[string]	[string]

Tabelle: tbl\_RbAnlage

AnlID	AnlName
[string]	[string]

Tabelle: tbl\_RbBereich

BerGlobalID	BerEnität
[string]	[enumeration]
	lfcSpace
	lfcSpatialZone

### Bemerkung:

Enumeration wird nach den Normalformen von relationalen Datenbanken über einen Fremdschlüssel in eine eigene Tabelle gespeichert. Nicht weiter unterteilt, da als Property des Nodes im Label Property Graph verwendet.

Anforderungen von Bereich nicht abgebildet, da nicht relevant für Anwendungsfall. Informationen wie Name für Prüfung nicht notwendig, vereinfacht jedoch Anwenderverständnis.

## Ableitung der CSV-Schnittstelle Import Raumbuch

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnlID	AnlName	BerGlobalID	BerEnität
[string]	[string]	[string]	[enumeration]	[enumeration]	[enumeration]	[string]	[string]	[string]	[enumeration]
			natürlich	keine	Abluft				lfcSpace
			mechanisch	CAV	Zuluft				lfcSpatialZone
			hybrid	VAV					

### Bemerkung:

Mehrere kleinere Schnittstellen wären übersichtlicher und wartbarer!  
Auch die Verarbeitung wird vereinfacht.

## Anhang A26: PoC - Konzeptueller Entwurf

### Recherche und Wahl Graphdatenbank

Datenbank	unterstützt LPG	unterstützte Abfragesprachen	Integration / API	Linzenz / Kosten	Quelle
Neo4j	Ja	Cypher OpenCypher, ( <b>GQL</b> Teilmenge von Cypher)	Ja	Community Edition gratis / Kommerzielle Abgeote	<a href="https://neo4j.com/">https://neo4j.com/</a>
Nebula Graph	Ja	nGQL OpenCypher <b>GQL</b>	Ja	Open Source Edition: kein GQL Kommerzielle Abgeote	<a href="https://www.nebula-graph.io/">https://www.nebula-graph.io/</a>
Spanner Graph	Ja	<b>GQL</b> SQL	Ja	Kommerzielle Abgeote	<a href="https://cloud.google.com/spanner/docs/graph/overview?hl=de">https://cloud.google.com/spanner/docs/graph/overview?hl=de</a>
Ultipa	Ja	<b>GQL</b> UQL	Ja	Kommerzielle Angebote (Testumgebung ohne API)	<a href="https://www.ultipa.com/">https://www.ultipa.com/</a>
TigerGraph	Ja	GSQL OpenCypher <b>GQL in Entwicklung</b>	Ja	Community Edition gratis Kommerzielle Abgeote	<a href="https://www.tigergraph.com/">https://www.tigergraph.com/</a>
ArangoDB	Ja	AQL	Ja	Community Edition gratis / Kommrezielle Angebote	<a href="https://arangodb.com/">https://arangodb.com/</a>
JanusGraph	Ja	Gremlin	Ja	Open Source	<a href="https://janusgraph.org/">https://janusgraph.org/</a>
Memgraph	Ja	OpenCypher	Ja	Community Edition gratis / Kommerzielle Abgeote	<a href="https://memgraph.com/">https://memgraph.com/</a>

#### Bemerkung:

Wahl von neo4j Desktiop als Graph-Datenbank, da kein Anbieter, welche GQL implementiert haben diese nur kommerziell zur Verfügung stellen.

Neo4j gewählt, da neben obigen Eigenschaften eine aktive Community vorhanden ist und Neo4j Cypher erweitert, um GQL-kompatibel zu sein.

## Python-Skript: 01\_create\_graph

```
from py2neo import Graph
from ifcgraph4r1t import raumbuch, raumlage, ifcgraph

# Eingabe
filepath = r"C:\Users\jh97\OneDrive - FHNW\Desktop\MTH4 Entwicklung\02 Fallstudie\01_Eingabe"
dbm_rlt = "MTH4_LUE_Fallstudie.ifc"
dbm_raum = "MTH4_ARC_Fallstudie.ifc"
rb_rlt = "MTH4_LUE_RB_Fallstudie.csv"
update_rb = False
update_arc = False
update_all = True
project_graph = "fallstudie"

# Verbindung zu Neo4j aufbauen
print("Graph-Erstellung gestartet.")
graph = Graph("bolt://localhost:7687", auth=("neo4j", "neo4jne04j"), name= project_graph)

if update_rb:
    # Bestehendes Raumbuch entfernen und neues hinzufügen
    ifcgraph.delete_roombook(graph)
    raumbuch.create_roombook_RLT_from_csv(graph, filepath, rb_rlt)

    print(f"Raumbuch von IfcGraph '{project_graph}' aktualisiert.")

elif update_arc:
    # Graph-Inhalt teilweise entfernen
    ifcgraph.delete_roombook(graph)
    ifcgraph.delete_dbm_spatial(graph)

    # Modell zu IfcGraph konvertieren
    ifcgraph.create_full_graph(graph, filepath, dbm_raum, "DbmRaum")

    # Verbindungen zwischen DBMs erstellen
    raumlage.create_edges_IfcAirTerminal_to_SpatialZone(graph, filepath, dbm_raum, dbm_rlt)
    raumlage.create_edges_IfcDistributionFlowelement_to_FiresafetyZone(graph, filepath, dbm_raum, dbm_rlt)

    # Raumbuch in Graph hinzufügen
    raumbuch.create_roombook_RLT_from_csv(graph, filepath, rb_rlt)

    print(f"DbmRaum und Raumbuch von IfcGraph '{project_graph}' aktualisiert.")

elif update_all:
    # Graph-Inhalt leeren
    ifcgraph.delete_full_graph(graph)

    # Modell zu IfcGraph konvertieren
    ifcgraph.create_full_graph(graph, filepath, dbm_rlt, "DbmLue")
    ifcgraph.create_full_graph(graph, filepath, dbm_raum, "DbmRaum")

    # Verbindungen zwischen DBMs erstellen
    raumlage.create_edges_IfcAirTerminal_to_SpatialZone(graph, filepath, dbm_raum, dbm_rlt)
    raumlage.create_edges_IfcDistributionFlowelement_to_FiresafetyZone(graph, filepath, dbm_raum, dbm_rlt)

    # Neues Raumbuch in Graph hinzufügen
    raumbuch.create_roombook_RLT_from_csv(graph, filepath, rb_rlt)

    print(f"IfcGraph '{project_graph}' erstellt.")
```

## Python-Skript: 02\_query\_graph

```

from py2neo import Graph
import ifcopenshell
from bcf.v2 import bcfxml
from pathlib import Path
from ifcgraph4rlt import qp_rlt

# Eingabe
filepath_in = r"C:\Users\jh97\OneDrive - FHNW\Desktop\MTH4 Entwicklung\02 Fallstudie\01_Eingabe"
dbm_rlt = "MTH4_LUE_Fallstudie.ifc"

filepath_out = r"C:\Users\jh97\OneDrive - FHNW\Desktop\MTH4 Entwicklung\02 Fallstudie\02_Ergebnisse"
bcf_name = "fallstudie.bcf"

project_graph = "fallstudie"
check_af01 = True
check_af02 = True
check_af03 = False

# Verbindung zu Neo4j aufbauen
print("Graph-Abfrage gestartet.")
graph = Graph("bolt://localhost:7687", auth=("neo4j", "neo4jne04j"), name= project_graph)

# Prüfung Graphqualität
graph_quality = qp_rlt.check_graph(graph)

if graph_quality:

    # Neues BCF Projekt erstellen
    ifc_path = Path(filepath_in) / dbm_rlt
    ifc_file = ifcopenshell.open(ifc_path)
    bcf_project = bcfxml.BcfXml.create_new(project_name= project_graph, )

    # Prüfen und Ausgabe von nicht Verbundenen RLT-Bauteilen
    name, statement = qp_rlt.check_rlt_relationen()
    result = graph.run(statement).data()
    qp_rlt.create_issue(bcf_project, ifc_file, name, result)

    # Qualitätprüfung für Anwendungsfall 01 - Schalldämpfer
    if check_af01:
        # Prüfung 1: Schalldämpfer bei Ventilator
        name, statement = qp_rlt.check_af01_pr01()
        result = graph.run(statement).data()
        qp_rlt.create_issue(bcf_project, ifc_file, name, result)

        # Prüfung 2: Schalldämpfer bei Volumenstromregler
        name, statement = qp_rlt.check_af01_pr02()
        result = graph.run(statement).data()
        qp_rlt.create_issue(bcf_project, ifc_file, name, result)

    # Qualitätprüfung für Anwendungsfall 02 - VSR / Raumbuch
    if check_af02:
        # Prüfung 10: VSR in Strang Übereinstimmend mit Raumbuch
        name, statement = qp_rlt.check_af02_pr10()
        result = graph.run(statement).data()
        qp_rlt.create_issue(bcf_project, ifc_file, name, result)

        # Prüfung 11: Einzel- und Mehrraumzone nach Raumbuch
        name, statement = qp_rlt.check_af02_pr11()
        result = graph.run(statement).data()
        qp_rlt.create_issue(bcf_project, ifc_file, name, result)

    # Qualitätprüfung für Anwendungsfall 03 - Brandschutzklappen
    if check_af03:
        # Prüfung 1: BSKs zwischen 2 Auslässen im selben LA ohne Bauteile ausserhalb
        name, statement = qp_rlt.check_af03_pr01()
        result = graph.run(statement).data()
        qp_rlt.create_issue(bcf_project, ifc_file, name, result)

        # Prüfung 2: Fehlende BSK zwischen Auslässen in unterschiedlichen LA
        name, statement = qp_rlt.check_af03_pr02()
        result = graph.run(statement).data()
        qp_rlt.create_issue(bcf_project, ifc_file, name, result)

    # BCF speichern
    bcf_path = Path(filepath_out) / bcf_name
    bcf_project.save(bcf_path)

    print("Graph-Abfrage beendet.")
else: print(" ⚠ Graph-Abfrage abgebrochen: Graph enthält mehrfache Verbindungen.")

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: ifcgraph

```

from pathlib import Path
from uuid import uuid4
import ifcopenshell
from py2neo import Node, Relationship

def create_pure_node_from_ifc_entity(ifc_entity, ifc_file, dbm_key, hierarchy=False):
    node = Node()
    if ifc_entity.id() != 0:
        node['StepID'] = ifc_entity.id()
        node['GraphID'] = dbm_key + str(ifc_entity.id())
    else:
        node['GraphID'] = dbm_key + str(uuid4())
        node['name'] = ifc_entity.is_a()
    if hierarchy:
        for label in ifc_file.wrapped_data.entity_names():
            label_str = label.decode('utf-8') if isinstance(label, bytes) else str(label)
            if ifc_entity.is_a(label_str):
                node.add_label(label_str)
    else:
        node.add_label(ifc_entity.is_a())

    attributes_type = ['ENTITY INSTANCE', 'AGGREGATE OF ENTITY INSTANCE', 'DERIVED']
    skip_list = ["IfcCartesianPointList3D"]
    for i in range(ifc_entity.__len__()):
        if not ifc_entity.is_a() in skip_list:
            if not ifc_entity.wrapped_data.get_argument_type(i) in attributes_type:
                name = ifc_entity.wrapped_data.get_argument_name(i)
                name_value = ifc_entity.wrapped_data.get_argument(i)
                node[name] = name_value

    node.__primarylabel__ = dbm_key
    node.__primarykey__ = 'GraphID'
    return node

def create_graph_from_ifc_entity_all(graph, ifc_entity, ifc_file, dbm_key):
    node = create_pure_node_from_ifc_entity(ifc_entity, ifc_file, dbm_key)
    graph.merge(node)

    for i in range(ifc_entity.__len__()):
        if ifc_entity[i]:
            if ifc_entity.wrapped_data.get_argument_type(i) == 'ENTITY INSTANCE':
                if ifc_entity[i].is_a() in ['IfcOwnerHistory'] and ifc_entity.is_a() != 'IfcProject':
                    continue
                else:
                    sub_node = create_pure_node_from_ifc_entity(ifc_entity[i], ifc_file, dbm_key)
                    REL = Relationship(node, ifc_entity.wrapped_data.get_argument_name(i), sub_node)
                    graph.merge(REL)

            elif ifc_entity.wrapped_data.get_argument_type(i) == 'AGGREGATE OF ENTITY INSTANCE':
                for sub_entity in ifc_entity[i]:
                    sub_node = create_pure_node_from_ifc_entity(sub_entity, ifc_file, dbm_key)
                    REL = Relationship(node, ifc_entity.wrapped_data.get_argument_name(i), sub_node)
                    graph.merge(REL)

    for rel_name in ifc_entity.wrapped_data.get_inverse_attribute_names():
        if ifc_entity.wrapped_data.get_inverse(rel_name):
            inverse_relations = ifc_entity.wrapped_data.get_inverse(rel_name)
            for wrapped_rel_entity in inverse_relations:
                rel_entity = ifc_file.by_id(wrapped_rel_entity.id())
                sub_node = create_pure_node_from_ifc_entity(rel_entity, ifc_file, dbm_key)
                REL = Relationship(node, rel_name, sub_node)
                graph.merge(REL)

    return graph

def create_full_graph(graph, filepath, filename, dbm_key):
    ifc_path = Path(filepath) / filename
    ifc_file = ifcopenshell.open(ifc_path)

    idx = 1
    length = len(ifc_file.wrapped_data.entity_names())

    for entity_id in ifc_file.wrapped_data.entity_names():
        entity = ifc_file.by_id(entity_id)

        #Nur Fortschritt ausgeben
        print(idx, ' / ', length, f"von {filename} in IFC-Graph geladen.", end='\r')

        create_graph_from_ifc_entity_all(graph, entity, ifc_file, dbm_key)
        idx += 1
    print()
    return graph

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: ifcgraph

```

def delete_full_graph(graph):
    """
    Entfernt alle Nodes und Relationen im IfcGraph.
    Zudem werden die angelegten Bedingungen und Indexe entfernt.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.

    Hinweis:
        Die Funktion führt das Löschen direkt aus.

    Rückgabe:
        Mitteilung, dass Graph geleert wurde.
    """

    # Komplette löschen
    graph.delete_all()

    # Alle Constraints löschen
    constraints = graph.run("SHOW CONSTRAINTS").data()
    for c in constraints:
        name = c['name']
        graph.run(f"DROP CONSTRAINT {name}")

    # Alle Indexe löschen
    indexes = graph.run("SHOW INDEXES").data()
    for i in indexes:
        name = i['name']
        graph.run(f"DROP INDEX {name}")

    return print(f"Inhalt von Graph {graph.name} vollständig geleert.")

def delete_dbm_spatial(graph):
    """
    Entfernt alle Nodes und Relationen über das Label :DbmRaum
    Es erfolgt mit DETACH DELETE, sodass auch alle Beziehungen automatisch
    entfernt werden.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.

    Hinweis:
        Die Funktion führt die Lösch-Query direkt aus.

    Rückgabe:
        Mitteilung, dass DBM Raum entfernt wurde.
    """

    query = """
        MATCH (rb:DbmRaum)
        DETACH DELETE rb
    """

    parameters = {}

    # Query ausführen
    graph.run(query, **parameters)

    return print("Altes DBM Raum entfernt")

def delete_roombook(graph):
    """
    Entfernt alle Nodes und Relationen des Raumbuchs über das Label :RbRLT.
    Es erfolgt mit DETACH DELETE, sodass auch alle Beziehungen automatisch
    entfernt werden.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.

    Hinweis:
        Die Funktion führt die Lösch-Query direkt aus.

    Rückgabe:
        Mitteilung, dass Raumbuch entfernt wurde.
    """

    query = """
        MATCH (rb:RbRLT)
        DETACH DELETE rb
    """

    parameters = {}

    # Query ausführen
    graph.run(query, **parameters)

    return print("Altes Raumbuch entfernt")

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: raumbuch

```

import csv
from pathlib import Path

def new_node_anl(graph, nodes):
    """
    Erstellt Anlagen-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        nodes: Liste mit einem Dictionary je Node. Es beinhaltet Attribute zu AnlID und AnlName.

    Hinweis:
        Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
        None
    """

    if nodes:
        query = """// Anlage-Nodes
UNWIND $lst_nod_anl AS anl
MERGE (anlage:RbAnlage:RbRLT {ID: anl.AnlID})
SET anlage.Name = anl.AnlName
"""

        parameters = {"lst_nod_anl" : nodes}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

def new_node_zon(graph, nodes):
    """
    Erstellt Zonen-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        nodes: Liste mit einem Dictionary je Node. Es beinhaltet Attribute zu ZonID, ZonName und ZonBelüftung.

    Hinweis:
        Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
        None
    """

    if nodes:

        query = """ // Zone-Nodes
UNWIND $lst_nod_zon AS zon
MERGE (zone:RbZone:RbRLT {ID: zon.ZonID})
SET zone.Name = zon.ZonName,
    zone.Belüftung = zon.ZonBelüftung
"""

        parameters = {"lst_nod_zon" : nodes}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

def new_node_anf(graph, nodes):
    """
    Erstellt Anforderung-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        nodes: Liste mit einem Dictionary je Node. Es beinhaltet Attribute zu AnfZonID, AnfZonMedium und AnfZonRegelung.

    Hinweis:
        Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
        None
    """

    if nodes:

        query = """// Anforderung-Nodes
UNWIND $lst_nod_anf AS anf
MERGE (anforderung:RbAnforderungZone:RbRLT {ID: anf.AnfZonID})
SET anforderung.Medium = anf.AnfZonMedium,
    anforderung.Zonenregelung = anf.AnfZonRegelung
"""

        parameters = {"lst_nod_anf" : nodes}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: raumbuch

```

def new_node_ber(graph, nodes):
    """
    Erstellt Bereich-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
    graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
    nodes: Liste mit einem Dictionary je Node. Es beinhaltet Attribute zu BerID und BerEntität.

    Hinweis:
    Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
    None
    """
    if nodes:
        query = """// Bereich-Nodes
        UNWIND $lst_nod_ber AS ber
        MERGE (bereich:RbBereich:RbRLT {ID: ber.BerID})
        SET bereich.Enität = ber.BerEntität
        """
        parameters = {"lst_nod_ber" : nodes}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

def new_edg_anf_anl(graph, edges):
    """
    Erstellt Verbindung zwischen Anforderung- und Anlagen-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
    graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
    nodes: Liste mit einem Dictionary je Verbindung. Es die AnfZonID und die AnlID.

    Hinweis:
    Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
    None
    """
    if edges:
        query = """// Beziehung Anforderung zu Anlage
        UNWIND $lst_edg_anf_anl AS zon_anl
        MATCH (anf:RbAnforderungZone:RbRLT {ID: zon_anl.AnfZonID})
        MATCH (anl:RbAnlage:RbRLT {ID: zon_anl.AnlID})
        MERGE (anf)-[:zu_Anlage]->(anl)
        """
        parameters = {"lst_edg_anf_anl" : edges}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

def new_edg_zon_anf(graph, edges):
    """
    Erstellt Verbindung zwischen Zonen- und Anforderung-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
    graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
    nodes: Liste mit einem Dictionary je Verbindung. Es die ZonID und die AnfZonID.

    Hinweis:
    Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
    None
    """
    if edges:
        query = """// Beziehung Zone zu Anforderung
        UNWIND $lst_edg_zon_anf AS zon_anf
        MATCH (zon:RbZone:RbRLT {ID: zon_anf.ZonID})
        MATCH (anf:RbAnforderungZone:RbRLT {ID: zon_anf.AnfZonID})
        MERGE (zon)-[:hat_Anforderung]->(anf)
        """
        parameters = {"lst_edg_zon_anf" : edges}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: raumbuch

```

def new_edg_zon_ber(graph, edges):
    """
    Erstellt Verbindung zwischen Zonen- und Bereich-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        nodes: Liste mit einem Dictionary je Verbindung. Es die ZonID und die BerID.

    Hinweis:
        Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
        None
    """

    if edges:

        query = """// Beziehung Zone zu Bereich
        UNWIND $lst_edg_zon_ber AS zon_ber
        MATCH (zon:RbZone:RbRLT {ID: zon_ber.ZonID})
        MATCH (ber:RbBereich:RbRLT {ID: zon_ber.BerID})
        MERGE (zon)-[:umfasst_Bereich]->(ber)
        """

        parameters = {"lst_edg_zon_ber" : edges}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

def new_edg_ber_rom(graph, edges):
    """
    Erstellt Verbindung zwischen Bereich- und Raum-Nodes über ein Cypher-Statement.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        nodes: Liste mit einem Dictionary je Verbindung. Es die BerID und die RoomID.

    Hinweis:
        Die Funktion führt das Query direkt aus.

    Rückgabe:
        None
    """

    if edges:

        query = """// Beziehung Bereich zu IfcSpace / IfcSpatialZone
        UNWIND $lst_edg_ber_rom AS ber_rom
        MATCH (ber:RbBereich:RbRLT {ID: ber_rom.BerID})
        MATCH (room:IfcSpace|IfcSpatialZone {GlobalId: ber_rom.RoomID})
        MERGE (ber)-[:entspricht]->(room)
        """

        parameters = {"lst_edg_ber_rom" : edges}

        # Query ausführen
        graph.run(query, **parameters)

def create_roombook_RLT_from_csv(graph, filepath, filename, delimiter=';'):
    """
    Erstellt aus einer CSV-Datei ein Raumbuch in Neo4j mit allen zugehörigen Nodes und Beziehungen.
    Zur Identifikation erhält jede Node ein zusätzlichen Label :RbRLT.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        filepath (str): Pfad zum Verzeichnis der CSV-Datei
        filename (str): Name der CSV-Datei
        delimiter (str, optional): Trennzeichen der CSV-Datei, Standard ist ';'

    Rückgabe:
        Mitteilung, dass Raumbuch erstellt wurde.
    """

    lst_anf = []
    lst_anl = []
    lst_zon = []
    lst_ber = []

    lst_nod_anf = []
    lst_nod_anl = []
    lst_nod_zon = []
    lst_nod_ber = []

    lst_edg_anf_anl = []
    lst_edg_zon_anf = []
    lst_edg_zon_ber = []
    lst_edg_ber_rom = []

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: raumbuch

```

# Datei öffnen
file_roombook = Path(filepath) / filename

with open(file_roombook, newline='', encoding='utf-8') as csvfile:
    csvreader = csv.reader(csvfile, delimiter=delimiter)

# Header überspringen
next(csvreader)

for row in csvreader:

    anf_id = row[0]
    zon_id = row[1]
    anl_id = row[6]
    ber_id = row[8]

    # Erstellen der Listen für Nodes
    # Doppelte Einträge verhindern
    if anf_id and anf_id not in lst_anf:

        lst_anf.append(anf_id)

        dict = {
            "AnfZonID": row[0],
            "AnfZonRegelung": row[4] if row[4] else "tbd",
            "AnfZonMedium": row[5] if row[5] else "tbd"
        }

        lst_nod_anf.append(dict)

    # Doppelte Einträge verhindern
    if zon_id and zon_id not in lst_zon:

        lst_zon.append(zon_id)

        dict = {
            "ZonID": row[1],
            "ZonName": row[2] if row[2] else "unbekannt",
            "ZonBelüftung": row[3] if row[3] else "tbd"
        }

        lst_nod_zon.append(dict)

    # Doppelte Einträge verhindern
    if anl_id and anl_id not in lst_anl:
        lst_anl.append(anl_id)

        dict = {
            "AnlID": row[6],
            "AnlName": row[7] if row[7] else "unbekannt"
        }

        lst_nod_anl.append(dict)

    # Doppelte Einträge verhindern
    if ber_id and ber_id not in lst_ber:

        lst_ber.append(ber_id)

        dict = {
            "BerID": row[8],
            "BerEntitaet": row[9] if row[9] else "IfcSpace" # Defaultwert: IfcSpace
        }

        lst_nod_ber.append(dict)

    # Anlagen der Listen für Nodes-Beziehungen
    lst_edg_anf_anl.append({"AnfZonID": anf_id, "AnlID": anl_id}) if anf_id and anl_id else None
    lst_edg_zon_anf.append({"ZonID": zon_id, "AnfZonID": anf_id}) if zon_id and anf_id else None
    lst_edg_zon_ber.append({"ZonID": zon_id, "BerID": ber_id}) if zon_id and ber_id else None
    lst_edg_ber_rom.append({"BerID": ber_id, "RoomID": ber_id}) if ber_id else None

# Erstellen der Nodes im Graph
new_node_anf(graph, lst_nod_anf)
new_node_anl(graph, lst_nod_anl)
new_node_ber(graph, lst_nod_ber)
new_node_zon(graph, lst_nod_zon)

# Erstellen der Beziehungen im Graph
new_edg_anf_anl(graph, lst_edg_anf_anl)
new_edg_ber_rom(graph, lst_edg_ber_rom)
new_edg_zon_anf(graph, lst_edg_zon_anf)
new_edg_zon_ber(graph, lst_edg_zon_ber)

return print("Neues Raumbuch RLT erstellt")

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: raumlage

```

from pathlib import Path
import ifcopenshell
from ifcclash.ifcclash import Clasher, ClashSettings
import logging

def find_location_IfcElement(filepath, filename_arc, filename_rlt, entity_arc= list, entity_rlt= list):
    """
    Findet räumliche Überschneidung von RLT-Elementen (Entitäten RLT) und Raumelementen (Entitäten ARC)
    zwischen einem RLT- und ARC-Modell.

    Parameter:
        filepath (str): Pfad zum Verzeichnis der IFC-Dateien
        filename_arc (str): Name der IFC-Datei Architektur
        filename_rlt (str): Name der IFC-Datei Raumluftechnik
        entity_arc (lst): Liste der ARC-Entitäten zur Auswertung
        entity_rlt (lst): Liste der RLT-Entitäten zur Auswertung

    Rückgabe:
        Liste mit den Clashes als Dictionary. Dictionary enthält rlt_ifc_class, rlt_global_id, spt_ifc_class und spt_global_id.
    """
    # Datei öffnen
    filepath_arc = Path(filepath) / filename_arc
    filepath_rlt = Path(filepath) / filename_rlt

    entities_arc = ",".join(entity_arc)
    entities_rlt = ",".join(entity_rlt)

    # Logger einrichten notwendig für IfcClash
    logger = logging.getLogger("FindLocation")
    logger.setLevel(logging.WARNING)
    logger.addHandler(logging.StreamHandler())

    # Einstellungen
    settings = ClashSettings()
    settings.logger = logger

    # Clasher initialisieren
    clasher = Clasher(settings)

    # ClashSets erstellen
    clash_sets = [
        {
            "name": "MEP_in_Spaces",
            "a": [{"file": filepath_arc, "selector": entities_arc, "mode": "1"}],
            "b": [{"file": filepath_rlt, "selector": entities_rlt, "mode": "1"}],
            "mode": "intersection",
            "tolerance": 0.001,
            "check_all": True
        }
    ]

    # Dem Clasher übergeben
    clasher.clash_sets = clash_sets

    # Clash Detection starten
    clasher.clash()
    clash_sets = clasher.clash_sets

    clashes = []
    for clash_set in clasher.clash_sets:
        for clash in clash_set["clashes"].values():
            clean_clash = { "rlt_ifc_class": clash["a_ifc_class"],
                           "rlt_global_id": clash["a_global_id"],
                           "spt_ifc_class": clash["b_ifc_class"],
                           "spt_global_id": clash["b_global_id"]
                           }
            clashes.append(clean_clash)

    print(f"Raumlagen von {entities_rlt} berechnet.")
    return clashes

def create_edges_IfcAirTerminal_to_SpatialZone(graph, filepath, filename_space, filename_rlt):
    """
    Führt die Lokalisierung der räumlichen Platzierung von Auslässen aus.
    Filter die Ergebnisse auf räumliche Elemente, so dass Raumzonen gegenüber Räumen
    bevorzugt werden und Brandabschnittszonen vernachlässigt werden.
    Sendet das Query mit den ermittelten Beziehungen zur Erstellung an neo4j.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        filepath (str): Pfad zum Verzeichnis der IFC-Dateien
        filename_arc (str): Name der IFC-Datei Architektur
        filename_rlt (str): Name der IFC-Datei Raumluftechnik

    Rückgabe:
        Mitteilung, dass die Verbindungen zwischen Räumen und Auslässen erstellt wurden.
    """

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: raumlage

```

# Entitäten zur Lokalisierung
entity_rlt = ["IfcAirTerminal"]
entity_space = ["IfcSpatialZone", "IfcSpace"]

locations_unfiltered = find_location_IfcElement(filepath, filename_space, filename_rlt, entity_space, entity_rlt)

# IFC-Dateien öffnen
filepath_space = Path(filepath) / filename_space
ifc_file_space = ifcopenshell.open(filepath_space)

# Filterung der Ergebnisse
locations_filtered = []
for location in locations_unfiltered:
    if getattr(ifc_file_space.by_guid(location["spt_global_id"]), "PredefinedType", "") == "FIRESAFETY":
        continue
    elif location["spt_ifc_class"] == "IfcSpace" and not any(x["rlt_global_id"] == location["rlt_global_id"]
        and x["spt_ifc_class"] == "IfcSpatialZone"
        and getattr(ifc_file_space.by_guid(x["spt_global_id"]), "PredefinedType", "") != "FIRESAFETY"
        for x in locations_unfiltered):
        locations_filtered.append(location)
    else: locations_filtered.append(location)

# Erstellung Parameter und Cypher-Statment
parameters = {"locations": locations_filtered}

query = """
UNWIND $locations AS pair
MATCH (a:IfcAirTerminal {GlobalId: pair.rlt_global_id})
MATCH (b:IfcSpace|IfcSpatialZone {GlobalId: pair.spt_global_id})
MERGE (a)-[:belüftet]->(b)
"""

# Query ausführen
graph.run(query, **parameters)

return print("Verbindungen zwischen Auslässen und belüfteten Zonen erstellt.")

def create_edges_IfcDistributionFlowelement_to_FiresafetyZone(graph, filepath, filename_dbm_firesaty, filename_rlt):
    """
    Führt die Lokalisierung der räumlichen Platzierung von sämtlichen RLT-Bauteilen aus.
    Filter die Ergebnisse auf räumliche Elemente, so dass nur Brandabschnitte berücksichtigt werden.
    Sendet das Query mit den ermittelten Beziehungen zur Erstellung an neo4j.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.
        filepath (str): Pfad zum Verzeichnis der IFC-Dateien
        filename_arc (str): Name der IFC-Datei Architektur
        filename_rlt (str): Name der IFC-Datei Raumluftechnik

    Rückgabe:
        Mitteilung, dass die Verbindungen zwischen Brandabschnitten und RLT-Bauteilen erstellt wurden.
    """
    # Entitäten zur Lokalisierung
    entity_rlt = ["IfcDistributionFlowElement"]
    entity_space = ["IfcSpatialZone"]

    locations_unfiltered = find_location_IfcElement(filepath, filename_dbm_firesaty, filename_rlt, entity_space, entity_rlt)

    # IFC-Dateien öffnen
    filepath_fs = Path(filepath) / filename_dbm_firesaty
    ifc_file_fs = ifcopenshell.open(filepath_fs)

    # Filterung der Ergebnisse
    locations_filtered = [location for location in locations_unfiltered if getattr(ifc_file_fs.by_guid(location["fs_global_id"]), "PredefinedType", "")
        == "FIRESAFETY"]

    # Erstellung Parameter und Cypher-Statment
    parameters = {"locations": locations_filtered}

    query = """
    UNWIND $locations AS pair
    MATCH (a:DbmLue {GlobalId: pair.rlt_global_id})
    MATCH (b:DbmRaum {GlobalId: pair.fs_global_id})
    MERGE (a)-[:liegt_in]->(b)
    """

    # Query ausführen
    graph.run(query, **parameters)

    return print("Verbindungen zwischen RLT-Elementen und Brandabschnitten erstellt.")

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: qp\_rlt

```

def check_graph(graph):
    """
    Prüft über eine Graph-Abfrage, ob RLT-Elemente mit doppelten Verbindungen vorliegen.

    Parameter:
        graph (py2neo.Graph): Die aktive Verbindung zu Neo4j, über die die Query ausgeführt wird.

    Rückgabe:
        quality (boolean)
    """

    statement = """
    MATCH p = (d1:IfcDuctSegment|IfcDuctFitting)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*1..6]-(d2:IfcDuctSegment|IfcDuctFitting)
    WITH d1, d2, COUNT(p) AS num_connections
    WHERE num_connections > 1
    RETURN CASE WHEN COUNT(*) > 1 THEN FALSE ELSE TRUE END AS Ergebnis
    """

    result = graph.run(statement).data()
    quality = result[0]['Ergebnis']
    return quality

def check_rlt_relationen():
    """
    Prüft im IFC-Graph, welche RLT-Bauteile nicht mit einer Anlage verbunden sind.

    Rückgabe:
        name (str): Bezeichnung der Prüffregel
        statement (str): Cypher-Statment zur Grapf-Abfrage
    """

    name = "RLT-Verbindungen: Fehlende Verbindung zu Anlage"
    statement = """
    MATCH (segment1:IfcDuctSegment|IfcAirTerminalBox|IfcDuctFitting|IfcDamper|IfcDuctSilencer|IfcFlowSegment), p = (segment1)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*4]-(port:IfcDistributionPort)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*2]-(segment2:IfcDuctSegment|IfcAirTerminalBox|IfcDuctFitting|IfcDamper|IfcDuctSilencer|IfcFan|IfcAirTerminal|IfcUnitaryEquipment|IfcFlowSegment)
    WHERE NOT (port.Name = "CP1" AND segment2.ObjectType IN ["Stützen rund", "Sattelstützen", "Kanalstützen", "Lüftungsgitter (Kanaleinbau)"]) // Liste womöglich unvollständig

    WITH segment1, COLLECT(DISTINCT segment2) AS nodes2

    WITH segment1, nodes2,
    CASE
    WHEN segment1.ObjectType = "Kreuzstück" AND NOT SIZE(nodes2) = 4 THEN segment1.GlobalId
    WHEN segment1.ObjectType IN ["T-Stück", "Abzweigstück", "Hosenstück"] AND NOT SIZE(nodes2) = 3 THEN segment1.GlobalId
    WHEN segment1.ObjectType IN ["Boden", "Enddeckel"] AND NOT SIZE(nodes2) = 1 THEN segment1.GlobalId
    WHEN NOT segment1.ObjectType IN ["T-Stück", "Abzweigstück", "Hosenstück", "Boden", "Enddeckel", "Kreuzstück"] AND NOT SIZE(nodes2) = 2 THEN segment1.GlobalId
    ELSE FALSE
    END AS Issues

    WHERE NOT Issues = FALSE

    RETURN COLLECT(Issues) AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Für diese Bauteile liegen fehlende Bauteilverbindungen vor." AS Bemerkung
    """

    return name, statement

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: qp\_rlt

```

def create_issue(bcf_project, ifc_file, check_name, result):
    """
    Wandelt die Ergebnisse der Cypher-Abfrage in BCF-Issues um und hängt sie dem BCF-Projekt an.

    Parameter:
        bcf_project:    BCF-Projekt-Objekt
        ifc_file:       Pfad zur IFC-Datei
        check_name:     Bezeichnung der Prüfregele
        result:         Liste mit den Ergebnissen der Graph-Abfrage

    Rückgabe:
        keine
    """

    # Snapshot-Datei laden
    snapshot_path = r"C:\Users\jh97\OneDrive - FHNW\Desktop\MTH4 Entwicklung\PoC\01_Skript\BCF_Snapshot.png"
    with open(snapshot_path, "rb") as f:
        snapshot_bytes = f.read()

    # Issues erstellen
    for r in result:

        # Topic hinzufügen
        topic = bcf_project.add_topic(
            title=check_name,
            description=r["Bemerkung"],
            author="IFC-Graph",
            topic_type="Issue",
            topic_status="Open"
        )

        # GUIDS auslesen und bereinigen
        guids = r["GlobalIDs_Issue"]
        guids_flatted = [x for sublist in guids for x in (sublist if isinstance(sublist, list) else [sublist])]
        guids_unique = list(set(guids_flatted))
        guids_string = ", ".join(guids_unique)

        # ViewPoint erzeugen
        position = [0,0,0]
        vp_handler = topic.add_viewpoint_from_point_and_guids(position, guids_string, snapshot_filename="Snapshot Name")
        vp_handler.set_visible_elements

        # Zuweisen von ausgewählten/angezeigten Elementen
        selected_elements = [ifc_file.by_guid(guid) for guid in guids_unique]

        vp_handler.set_selected_elements(selected_elements)
        # vp_handler.set_visible_elements(selected_elements)

    # Snapshot ergänzen
    vp_handler.snapshot = snapshot_bytes

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: qp\_rlt

```

def check_af01_pr01():
    """
    Anwendungsfall 01: Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquelle
    Prüfregele 01: Schalldämpfer bei Ventilator

    Rückgabe:
    name (str): Bezeichnung der Prüfregele
    statement (str): Cypher-Statment zur Grapf-Abfrage
    """

    name = "AF01-01: Schalldämpfer bei Ventilator"
    statement = """
    MATCH p = (fan:IcfFan|IcfUnitaryEquipment)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IcfAirTerminal)
    WHERE NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IcfDuctSilencer)

    WITH fan,
    COLLECT(DISTINCT [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IcfDistributionPort AND NOT n:IcfRelConnectsPortToElement AND NOT n:IcfRelConnectsPorts |
    n.GlobalId][0..6]) AS path_nodes

    RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, path_nodes AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Kein Schalldämpfer innert 5 Bauteilen nach Ventilator im
    Leitungsnetz vorhanden." AS Bemerkung
    """

    return name, statement

def check_af01_pr02():
    """
    Anwendungsfall 01: Schalldämpfer unmittelbar bei Schallquelle
    Prüfregele 02: Schalldämpfer bei Volumenstromregler

    Rückgabe:
    name (str): Bezeichnung der Prüfregele
    statement (str): Cypher-Statment zur Grapf-Abfrage
    """

    name = "AF01-02: Schalldämpfer bei Volumenstromregler"
    statement = """
    MATCH (:IcfFan|IcfUnitaryEquipment)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:vsr:IcfAirTerminalBox)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]
    -(ter:IcfAirTerminal)
    MATCH p = (vsr)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:ter)
    WHERE NONE(n IN nodes(p)[1..] WHERE (n:IcfAirTerminalBox|IcfFan|IcfUnitaryEquipment)) AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n
    :IcfDuctSilencer)

    WITH vsr,
    COLLECT([n IN nodes(p) WHERE NOT n:IcfDistributionPort AND NOT n:IcfRelConnectsPortToElement AND NOT n:IcfRelConnectsPorts | n
    .GlobalId][0..6]) AS path_nodes

    RETURN vsr.GlobalId AS VSR_GlobalID, path_nodes AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Kein Schalldämpfer innert 5 Bauteilen nach
    Volumenstromregler im Leitungsnetz vorhanden." AS Bemerkung
    """

    return name, statement

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: qp\_rlt

```

def check_af02_pr10():
    """
    Anwendungsfall 02: Volumenstromregelung gemäss Raumbuch
    Prüfregel 10: VSR-Typ in Strang übereinstimmend mit Raumbuch

    Rückgabe:
    name (str): Bezeichnung der Prüfregel
    statment (str): Cypher-Statment zur Grapf-Abfrage
    """

    name = "AF02-10: VSR-Typ in Strang übereinstimmend mit Raumbuch"
    statement = """
    MATCH (space:IfcSpace|IfcSpatialZone)-[:belüftet]-(ter:IfcAirTerminal),
        p = (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(fan:IfcFan|IfcUnitaryEquipment)
    OPTIONAL MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[:zu_Anlage]-(anf:RbAnforderungZone)-[:hat_Anforderung]-(zon:RbZone)-[:umfasst_Bereich]-(ber
        :RbBereich{ID: space.GlobalId})
    OPTIONAL MATCH (ter)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(med:IfcSystem)
    OPTIONAL MATCH (fan)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(anl:IfcSystem)
    OPTIONAL MATCH (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(vsr:IfcAirTerminalBox)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(fan)
    OPTIONAL MATCH (vsr)-[*2]-(vsr_type:IfcAirTerminalBoxType)

    WITH vsr, anf, anl, anf_anl, space, p, fan, med,
        CASE
        WHEN vsr IS NULL THEN 'keine'
        WHEN vsr_type.PredefinedType = 'VARIABLEFLOWPRESSUREINDEPENDANT' THEN 'VAV'
        WHEN vsr_type.PredefinedType = 'CONSTANTFLOW' THEN 'CAV'
        ELSE 'unbekannt'
        END AS zonenregelung

    WITH DISTINCT [space, vsr, fan] as combo_svf, space, p,
        CASE
        WHEN (zonenregelung = anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN true
        WHEN (zonenregelung <> anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN "Zonenregelung"
        ELSE false
        END AS anf_erfuellt

    // Gruppieren je combo_svf und GlobalIds aus Pfad lesen
    WITH space, combo_svf, COLLECT(anf_erfuellt) AS erfuellte_list,
    [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n.GlobalId][0..10]
    AS path_nodes

    // Nur Anforderungen zurückgeben, die keinmal true haben
    WHERE NOT true IN erfuellte_list

    WITH space, combo_svf, path_nodes, erfuellte_list,
        CASE
        WHEN "Zonenregelung" IN erfuellte_list THEN "Hinweis: Zonenregelung im Strang stimmt nicht mit Raumbuch überein."
        ELSE "Hinweis: Für den Strang befindet sich im Raumbuch keine übereinstimmende Anforderung."
        END AS Bemerkung

    UNWIND path_nodes AS guids
    WITH space.Name AS GlobalIDs_Raum , combo_svf, COLLECT( DISTINCT guids) AS GlobalIDs_Issue, Bemerkung

    RETURN GlobalIDs_Raum, GlobalIDs_Issue, Bemerkung
    """

    return name, statement

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: qp\_rlt

```

def check_af02_pr11():
    """
    Anwendungsfall 02: Volumenstromregelung gemäss Raumbuch
    Prüfregel 11: Übereinstimmung von Anforderung Einzel- und Mehrraumzone

    Rückgabe:
    name (str): Bezeichnung der Prüfregel
    statement (str): Cypher-Statment zur Grapf-Abfrage
    """

    name = "AF02-11: Anforderung Einzel- und Mehrraumzonen"
    statement = """
    MATCH (space:IfcSpace|IfcSpatialZone)-[:belüftet]-(ter:IfcAirTerminal),
          (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(vsr:IfcAirTerminalBox)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(fan
          :Icfan|IcfUnitaryEquipment)
          p = (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(vsr)
    OPTIONAL MATCH (ter)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(med:IfcSystem)
    OPTIONAL MATCH (fan)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(an1:IfcSystem)
    OPTIONAL MATCH (vsr)-[*2]-(vsr_type:IfcAirTerminalBoxType)
    OPTIONAL MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[:zu_Anlage]-(anf:RbAnforderungZone)-[:hat_Anforderung]-(zon:RbZone)-[:umfasst_Bereich]-(RbBereich{ID:
    space.GlobalId})
          WHERE (substring(vsr_type.PredefinedType, 0, 1) = substring(anf.Zonenregelung, 0, 1) AND med.Name = anf.Medium AND an1.Name =
          anf_anl.ID)
    OPTIONAL MATCH (zon)-[:umfasst_Bereich]-(ber:RbBereich)

    WITH vsr, zon, space, ber,
          [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n.GlobalId][0
          ..10] AS path_nodes
    UNWIND path_nodes as guids

    WITH vsr, COLLECT(DISTINCT zon) as zone_list, COLLECT(DISTINCT space) AS space_list, COLLECT(DISTINCT ber) AS ber_list, COLLECT
    (DISTINCT guids) as nodes
          WHERE SIZE(ber_list) <> SIZE(space_list) OR SIZE(zone_list) > 1

    WITH vsr, nodes,
          CASE
          WHEN SIZE(zone_list) > 1 THEN "Hinweis: Der VSR belüftet mehrere Lüftungszonen."
          WHEN SIZE(ber_list) = 1 THEN "Hinweis: Raumbuch sieht eine Einzelraumzone vor."
          WHEN SIZE(ber_list) > 1 AND SIZE(space_list) > 1 THEN "Hinweis: Anzahl der belüfteten Räume durch VSR stimmt nicht überein."
          WHEN SIZE(ber_list) > 1 AND SIZE(space_list) = 1 THEN "Hinweis: Raumbuch sieht keine Einzelraumzone vor."
          ELSE "Hinweis: Keine übereinstimmenden Anforderungen zu Zone."
          END AS Bemerkung

    RETURN vsr.GlobalId, Bemerkung, nodes AS GlobalIDs_Issue
    """

    return name, statement

```

## Python-Library: ifcgraph4rlt Modul: qp\_rlt

```

def check_af03_pr01():
    """
    Anwendungsfall 03: Brandschutzklappen
    Prüfregel 01: BSK zwischen Auslässen im selben Lüftungsabschnitt

    Rückgabe:
    name (str): Bezeichnung der Prüfregel
    statement (str): Cypher-Statment zur Grapf-Abfrage
    """

    name = "AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA"
    statement = """
    MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*..100]-(dam:IfcDamper)-[
      :HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminal)-[:liegt_in]->(sz2:IfcSpatialZone),
      (dam)-[:IsTypedBy|Types*2]-(:IfcDamperType {PredefinedType: "FIREDAMPER"})
    OPTIONAL MATCH (sz1)-[*2]-(zon1:IfcZone)
      WHERE zon1.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
    OPTIONAL MATCH (sz2)-[*2]-(zon2:IfcZone)
      WHERE zon2.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
    WITH p, dam, sz1, sz2, zon1, zon2
      WHERE sz1 = sz2 OR (zon1 IS NOT NULL AND zon1 = zon2)

    WITH dam, sz1, zon1, sz2, zon2, [n IN nodes(p)[1..-1]
      WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n] AS path_nodes
    WITH dam, sz1, zon1, sz2, zon2, [n IN path_nodes | n.GlobalId] AS guids, path_nodes

    WITH dam, sz1, zon1, sz2, zon2, path_nodes, guids,
      NONE(n IN path_nodes WHERE NOT (n)-[:liegt_in]-(sz1) AND NOT (zon1 IS NOT NULL AND (n)-[:liegt_in]-(IfcSpatialZone)-[*2]-(zon1))) AS
      has_issue

    WHERE has_issue = TRUE
    UNWIND guids AS GlobalIDs_RLT

    RETURN DISTINCT [dam.GlobalId] AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: BSK zwischen Auslässen derselben Zone!" AS Bemerkung
    """

    return name, statement

def check_af03_pr02():
    """
    Anwendungsfall 03: Brandschutzklappen
    Prüfregel 02: Fehlende BSK zwischen Auslässen in unterschiedlichen Lüftungsabschnitten

    Rückgabe:
    name (str): Bezeichnung der Prüfregel
    statement (str): Cypher-Statment zur Grapf-Abfrage
    """

    name = "AF03-02: Fehlende BSK zwischen Auslässen zweier LA"
    statement = """
    MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone|IfcSpace)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*..100]-(IfcAirTerminal)-[
      :liegt_in]-(sz2:IfcSpatialZone|IfcSpace)
    OPTIONAL MATCH (sz1)-[*2]-(zon1:IfcZone)
      WHERE zon1.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
    OPTIONAL MATCH (sz2)-[*2]-(zon2:IfcZone)
      WHERE zon2.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
    OPTIONAL MATCH (ter1)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcFan|IfcUnitaryEquipment)-[:liegt_in]-(sz3: IfcSpatialZone)

    WITH p, sz1, sz2, sz3, zon1, zon2
      WHERE sz1 <> sz2 AND (zon1 IS NULL OR zon1 <> zon2)

    WITH p, sz1, sz2, sz3, zon1, zon2
      WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE (n:IfcDamper)-[:IsTypedBy|Types*..2]-(:IfcDamperType {PredefinedType: "FIREDAMPER"}))

    WITH p, sz1, sz2, sz3, zon1, zon2
      WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE (n:IfcDuctSegment|IfcDuctFitting)-[:liegt_in]-(sz3))

    WITH p, sz1, zon1, sz2, zon2,
      [n IN nodes(p)[1..-1] WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n
      .GlobalId] AS guids

    WITH p, sz1, sz2, zon1, zon2, guids,
      CASE WHEN zon1 IS NOT NULL THEN zon1.GlobalId ELSE sz1.GlobalId END AS id1,
      CASE WHEN zon2 IS NOT NULL THEN zon2.GlobalId ELSE sz2.GlobalId END AS id2

    WITH p, sz1, sz2, zon1, zon2, guids,
      CASE WHEN id1 <= id2 THEN [id1, id2] ELSE [id2, id1] END AS GlobalIDs_BA

    UNWIND guids as GlobalIDs_RLT
    RETURN DISTINCT GlobalIDs_BA, COLLECT(DISTINCT GlobalIDs_RLT) AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Zwischen zwei Lüftungsabschnitten fehlt BSK."
    AS Bemerkung
    """

    return name, statement

```

# Anhang A28: PoC - Implementierung AF01

## Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
001	AF01-Graph01	Auswerten der Anzahl Ventilatoren	MATCH (fan:IfcFan) RETURN COUNT(fan)	7	7	☑
002	AF01-Graph01	Auswerten der Anzahl Schalldämpfer	MATCH (silencer:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(silencer)	16	16	☑
003	AF01-Graph01	Auswerten der Anzahl Auslässe Entspricht Anzahl Pfade	MATCH (terminal:IfcAirTerminal) RETURN COUNT(terminal)	20	20	☑
004	AF01-Graph01	Alle Elemente RLT-Leitungsnetz	MATCH (rt_elements:IfcAirTerminal IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcDamper IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(rt_elements)	116	116	☑
005	AF01-Graph01	Alle Ports	MATCH (ports:IfcDistributionPort) RETURN COUNT(ports)	232	232	☑
006	AF01-Graph01	Alle Portverbindungen	MATCH (rel_ports:IfcRelConnectsPorts) RETURN COUNT(rel_ports)	116	116	☑
007	AF01-Graph01	Kontrolle Pfaderkennung	MATCH (fan:IfcFan) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end:IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcAirTerminal IfcDuctSilencer] OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..29]-[:terminal:IfcAirTerminal] RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)	20	20	☑
008	AF01-Graph01	Kontrolle Pfade ohne Schalldämpfer je Ventilator	MATCH (fan:IfcFan {GlobalId: '0x75e1x92187f30s11Jd'}) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end:IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcAirTerminal IfcDuctSilencer] WHERE NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..29]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)	2	2	☑
009	AF01-Graph01	Kontrolle Pfade mit Schalldämpfer	MATCH (fan:IfcFan) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end:IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcAirTerminal IfcDuctSilencer] WHERE ANY (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..29]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE ANY (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)	14	14	☑
010	AF01-Graph01	Kontrolle Pfade ohne Schalldämpfer	MATCH (fan:IfcFan) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end:IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcAirTerminal IfcDuctSilencer] WHERE NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..29]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)	6	6	☑
011	AF01-Graph01	Kontrolle Pfade ohne Schalldämpfer	MATCH (fan:IfcFan) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)	6	6	☑
012	AF01-Graph01	Ausgabe Tabelle mit GlobalId des Ventilators und zugehörigen Issues	MATCH (fan:IfcFan) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) WITH fan, COUNT(path1) + COUNT(path2) AS issues WHERE issues > 0 RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, issues AS issues	'0x75e1x92187f30s11Jd': 2 '3g858x5XC7vTL1DH5u0m3': 1 '3GVPSA2yr4p8yeQ2XqbZYB': 2 '18yM5v8QDxQ10oB68YwdD': 1	{[af1_fan: '3GVPSA2yr4p8yeQ2XqbZYB', 'issues': 2], [af1_fan: '18yM5v8QDxQ10oB68YwdD', 'issues': 1], [af1_fan: '0x75e1x92187f30s11Jd', 'issues': 2], [af1_fan: '3g858x5XC7vTL1DH5u0m3', 'issues': 1]}	☑
013	AF01-Graph01	Strukturierte Rückgabe	MATCH (fan:IfcFan) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer)  //Aufbereitung Rückgabe WITH fan, COLLECT(n IN nodes(path1) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId) AS path1_nodes, COLLECT(n IN nodes(path2) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId) AS path2_nodes WHERE SIZE(path1_nodes) + SIZE(path2_nodes) > 0 // nur Fans mit Pfad  RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, path1_nodes + path2_nodes AS issues_guid	'0x75e1x92187f30s11Jd': [ [ GUID, ... ], [ GUID, ... ] ] '3g858x5XC7vTL1DH5u0m3': [ [ GUID, ... ] ] '3GVPSA2yr4p8yeQ2XqbZYB': [ [ GUID, ... ], [ GUID, ... ] ] '18yM5v8QDxQ10oB68YwdD': [ [ GUID, ... ] ]	{[af1_fan: '3GVPSA2yr4p8yeQ2XqbZYB', 'issues_guid': [[6xGUID], [6xGUID]], [af1_fan: '18yM5v8QDxQ10oB68YwdD', 'issues_guid': [[6xGUID]], [af1_fan: '0x75e1x92187f30s11Jd', 'issues_guid': [[6xGUID], [6xGUID]], [af1_fan: '3g858x5XC7vTL1DH5u0m3', 'issues_guid': [[3xGUID]]]}	☑
014	AF01-Graph02	Auswerten der Anzahl Ventilatoren	MATCH (fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment) RETURN COUNT(fan)	3	3	☑
015	AF01-Graph02	Auswerten der Anzahl Schalldämpfer	MATCH (silencer:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(silencer)	5	5	☑
016	AF01-Graph02	Auswerten der Anzahl Auslässe Entspricht Anzahl Pfade	MATCH (terminal:IfcAirTerminal) RETURN COUNT(terminal)	8	8	☑
017	AF01-Graph02	Alle Elemente RLT-Leitungsnetz	MATCH (rt_elements:IfcAirTerminal IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcDamper IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(rt_elements)	48	48	☑
018	AF01-Graph02	Alle Ports	MATCH (ports:IfcDistributionPort) RETURN COUNT(ports)	96	96	☑
019	AF01-Graph02	Alle Portverbindungen	MATCH (rel_ports:IfcRelConnectsPorts) RETURN COUNT(rel_ports)	48	48	☑
020	AF01-Graph02	Kontrolle Pfaderkennung	MATCH (fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment) OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end:IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcAirTerminal IfcDuctSilencer] OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..29]-[:terminal:IfcAirTerminal] RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)	7	7	☑

# Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
021	AF01-Graph02	Kontrolle Pfade mit Schalldämpfer	<pre>MATCH (fan:IfcFan) IfcUnitaryEquipment OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND ANY (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE ANY (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)</pre>	2	2	☑
022	AF01-Graph02	Kontrolle Pfade ohne Schalldämpfer	<pre>MATCH (fan:IfcFan) IfcUnitaryEquipment OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(path1) + COUNT(path2)</pre>	5	5	☑
023	AF01-Graph02	Ausgabe Tabelle mit Globalid des Ventilators und zugehörigen Issues	<pre>MATCH (fan:IfcFan) IfcUnitaryEquipment OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) WITH fan, COUNT(path1) + COUNT(path2) AS issues WHERE issues &gt; 0 RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, issues AS issues</pre>	'0131thwnH85u4qPCKsKQmw': 1 '22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr': 4	[{"af1_fan": "0131thwnH85u4qPCKsKQmw", "issues": 1}, {"af1_fan": "22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr", "issues": 4}]	☑
024	AF01-Graph02	Strukturierte Rückgabe	<pre>MATCH (fan:IfcFan) IfcUnitaryEquipment OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer)  //Aufbereitung Rückgabe WITH fan, COLLECT([n IN nodes(path1) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId]) AS path1_nodes, COLLECT([n IN nodes(path2) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId]) AS path2_nodes WHERE SIZE(path1_nodes) + SIZE(path2_nodes) &gt; 0 // nur Fans mit Issues  RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, path1_nodes AS issues_guid</pre>	'0131thwnH85u4qPCKsKQmw': [1x { GUID, ... }] '22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr': [4x { GUID, ... }]	[{"af1_fan": "0131thwnH85u4qPCKsKQmw", "issues_guid": [1x{GUID}]}, {"af1_fan": "22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr", "issues_guid": [4x{GUID}]}]	☑
025	AF01-Graph02	Strukturierte Rückgabe	<pre>MATCH (fan:IfcFan) IfcUnitaryEquipment CALL (fan) { MATCH path = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN path UNION ALL MATCH path = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path) WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN path }  WITH fan, COLLECT([n IN nodes(path) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId][0..6]) AS path_nodes  RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, path_nodes AS issues_guid</pre>	'0131thwnH85u4qPCKsKQmw': [1x { GUID, ... }] '22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr': [4x { GUID, ... }]	[{"af1_fan": "0131thwnH85u4qPCKsKQmw", "issues_guid": [1x{GUID}]}, {"af1_fan": "22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr", "issues_guid": [4x{GUID}]}]	☑
026	AF01-Graph02	Suche bis zum Auslass 31 wegen "Gartenzaun" 30 Verbindungen sind 31 Nodes	<pre>MATCH p = (fan:IfcFan) IfcUnitaryEquipment-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer)  WITH fan, COLLECT(DISTINCT [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId][0..6]) AS path_nodes  RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, path_nodes AS issues_guid</pre>	'0131thwnH85u4qPCKsKQmw': [1x { GUID, ... }] '22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr': [4x { GUID, ... }]	[{"af1_fan": "0131thwnH85u4qPCKsKQmw", "issues_guid": [1x{GUID}]}, {"af1_fan": "22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr", "issues_guid": [4x{GUID}]}]	☑
027	AF01-Graph03	Auswerten der Anzahl Ventilatoren	<pre>MATCH (fan:IfcFan) IfcUnitaryEquipment RETURN COUNT(fan)</pre>	'22Xc7mMU93_RoMEV5olliCr': [4x { GUID, ... }]	3	☑
028	AF01-Graph03	Auswerten der Anzahl Schalldämpfer	<pre>MATCH (silencer:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(silencer)</pre>	15	15	☑
029	AF01-Graph03	Auswerten der Anzahl Auslässe	<pre>MATCH (terminal:IfcAirTerminal) RETURN COUNT(terminal)</pre>	21	21	☑
030	AF01-Graph03	Alle Elemente RL-T-Leitungsnetz	<pre>MATCH (rl_elements:IfcAirTerminal) IfcDuctSegment IfcDuctFitting IfcDamper IfcDuctSilencer RETURN COUNT(rl_elements)</pre>	156	156	☑
031	AF01-Graph03	Alle Ports	<pre>MATCH (ports:IfcDistributionPort) RETURN COUNT(ports)</pre>	312	312	☑
032	AF01-Graph03	Alle Portverbindungen	<pre>MATCH (rel_ports:IfcRelConnectsPorts) RETURN COUNT(rel_ports)</pre>	156	156	☑
033	AF01-Graph03	Anzahl VSR und Klappen	<pre>MATCH (damper:IfcDamper) RETURN COUNT(damper)</pre>	12	12	☑
034	AF01-Graph03	Anzahl VSR	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;(:IfcDamperType {PredefinedType: "CONTROLDAMPER"}) RETURN COUNT(vsr)</pre>	12	12	☑
035	AF01-Graph03	Anzahl VSR Zuluft	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;(:IfcDamperType {PredefinedType: "CONTROLDAMPER"}) OPTIONAL MATCH (vsr)-[:RelatedObjects RelatingGroup*2]-[:zul:IfcSystem (Name: "Zuluft")] WITH CASE WHEN zul IS NOT NULL THEN vsr END AS vsr_zul RETURN COUNT(vsr_zul) AS zul</pre>	6	6	☑
036	AF01-Graph03	Anzahl VSR Abluft	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;(:IfcDamperType {PredefinedType: "CONTROLDAMPER"}) OPTIONAL MATCH (vsr)-[:RelatedObjects RelatingGroup*2]-[:abl:IfcSystem (Name: "Abluft")] WITH CASE WHEN abl IS NOT NULL THEN vsr END AS vsr_abl RETURN COUNT(vsr_abl) AS abl</pre>	6	6	☑

# Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
037	AF01-Graph03	Fallunterscheidung Abluft und Zuluft	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")) OPTIONAL MATCH (vsr)-[:RelatedObjects RelatingGroup*2]-&gt;:(zul:IfcSystem (Name: "Zuluft")) OPTIONAL MATCH (vsr)-[:RelatedObjects RelatingGroup*2]-&gt;:(abl:IfcSystem (Name: "Abluft")) WITH CASE WHEN zul IS NOT NULL THEN vsr END AS vsr_zul, CASE WHEN abl IS NOT NULL THEN vsr END AS vsr_abl RETURN COUNT(vs_r_abl) AS abl, COUNT(vs_r_zul) AS zul</pre>	6 / 6	6 / 6	<input checked="" type="checkbox"/>
038	AF01-Graph03	Pfade Zuluft und Abluft zum Nachbarerelement	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), (vs_r)-[:RelatedObjects RelatingGroup*2]-[:sys:IfcSystem], (vs_r)-[:HasPorts RelatingPort*2]-[:port:IfcDistributionPort], path= (vsr)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*6]-[:end]</pre>	24	24	<input checked="" type="checkbox"/>
039	AF01-Graph03	Fallunterscheidung mit Pfaden Abluft und Zuluft zu Nachbarerelement	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), (vs_r)-[:RelatedObjects RelatingGroup*2]-[:sys:IfcSystem], (vs_r)-[:HasPorts RelatingPort*2]-[:port:IfcDistributionPort] OPTIONAL MATCH path1 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*30]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal AND NONE (n IN nodes(path1) WHERE n:IfcDuctSilencer) OPTIONAL MATCH path2 = (fan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..30]-[:terminal:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(path2) WHERE n:IfcDuctSilencer) WITH COLLECT(CASE WHEN sys.Name = "Zuluft" AND port.Name = "CP1" THEN path END) AS path_zul, COLLECT(CASE WHEN sys.Name = "Abluft" AND port.Name = "CP2" THEN path END) AS path_abl RETURN SIZE(path_zul), SIZE(path_abl)</pre>	6 / 6	6 / 6	<input checked="" type="checkbox"/>
040	AF01-Graph03	Alle Pfade ab VSR finden Problem bei Anschlüssen!	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), (vs_r)-[:RelatedObjects RelatingGroup*2]-[:sys:IfcSystem] OPTIONAL MATCH path1 = (vsr)-[:HasPorts RelatingPort*2]-[:port:IfcDistributionPort]-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*28]-[:end] WHERE NOT end:IfcAirTerminal OPTIONAL MATCH path2 = (vsr)-[:HasPorts RelatingPort*2]-[:port:IfcDistributionPort]-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*..28]-[:terminal:IfcAirTerminal] WITH CASE WHEN sys.Name = "Zuluft" AND port.Name = "CP1" THEN path1 END AS path_zul1, CASE WHEN sys.Name = "Abluft" AND port.Name = "CP2" THEN path1 END AS path_abl1, CASE WHEN sys.Name = "Zuluft" AND port.Name = "CP1" THEN path2 END AS path_zul2, CASE WHEN sys.Name = "Abluft" AND port.Name = "CP2" THEN path2 END AS path_abl2, vsr RETURN path_abl1, path_abl2, path_zul1, path_zul2</pre>	Anzahl sichtbare VSR : 12	Anzahl sichtbare VSR : 8	<input type="checkbox"/>
041	AF01-Graph03	Pfade zu Auslass	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), p = (vsr)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..]) WHERE (n:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")) return COUNT(p)</pre>	21	21	<input checked="" type="checkbox"/>
042	AF01-Graph03	Pfade zu Auslass mit SD	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), p = (vsr)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..]) WHERE (n:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")) AND ANY(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(p)</pre>	9	9	<input checked="" type="checkbox"/>
043	AF01-Graph03	Pfade zu Auslass ohne SD	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), p = (vsr)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..]) WHERE (n:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")) AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer) RETURN COUNT(p)</pre>	12	12	<input checked="" type="checkbox"/>
044	AF01-Graph03	Ausgabe Tabelle mit Globalid des Ventilators und zugehörigen Issues	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), p = (vsr)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..]) WHERE (n:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")) AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer) WITH vsr, [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n][0..6] AS path_nodes RETURN vsr.GlobalId AS af1_vsr, COUNT(path_nodes) AS issues</pre>	3x GUID mit 2 Issues 6x GUID mit 1 Issue	<pre>{["af1_vsr": "0d1c_w2ArCmUeB7gQL0Acn", "issues": 1], ["af1_vsr": "0nechr_uj3DwpFBXIOUWYK", "issues": 1], ["af1_vsr": "3rdnOYNXfDnKf5_gtUj7r", "issues": 2], ["af1_vsr": "3lZWuka9FSQatX2jcpwet", "issues": 1], ["af1_vsr": "1zMAozH2rA7R5vIbY4lCd", "issues": 2], ["af1_vsr": "0YzRtX0j41v8Sh_BtT6oR", "issues": 1], ["af1_vsr": "100oCymIXCWBTgMzBOT_", "issues": 1], ["af1_vsr": "0d1c_w2ArCmUeB7gQL0Acn", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "0nechr_uj3DwpFBXIOUWYK", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "3rdnOYNXfDnKf5_gtUj7r", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}], ["af1_vsr": "3lZWuka9FSQatX2jcpwet", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "1zMAozH2rA7R5vIbY4lCd", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}], ["af1_vsr": "0YzRtX0j41v8Sh_BtT6oR", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "100oCymIXCWBTgMzBOT_", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "1x0kppa8r0vzVEUCF5Fv", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}]}]</pre>	<input checked="" type="checkbox"/>
045	AF01-Graph03	Strukturierte Rückgabe	<pre>MATCH (vsr:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")), p = (vsr)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..]) WHERE (n:IfcDamper)-[:IsTypedBy RelatingType*2]-&gt;:(IfcDamperType (PredefinedType: "CONTROLDAMPER")) AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer) WITH vsr, COLLECT([n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId][0..6]) AS path_nodes RETURN vsr.GlobalId AS af1_vsr, path_nodes AS issues_guid</pre>	3x GUID: [2x   GUID, ... ] 6x GUID: [1x   GUID, ... ]	<pre>{["af1_vsr": "0d1c_w2ArCmUeB7gQL0Acn", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "0nechr_uj3DwpFBXIOUWYK", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "3rdnOYNXfDnKf5_gtUj7r", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}], ["af1_vsr": "3lZWuka9FSQatX2jcpwet", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "1zMAozH2rA7R5vIbY4lCd", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}], ["af1_vsr": "0YzRtX0j41v8Sh_BtT6oR", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "100oCymIXCWBTgMzBOT_", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "1x0kppa8r0vzVEUCF5Fv", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}]}]</pre>	<input checked="" type="checkbox"/>
046	AF01-Graph04	Wechsel auf IfcAirTerminalBox	<pre>MATCH p = (vsr:IfcAirTerminalBox)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal] WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..]) WHERE (n:IfcAirTerminalBox)-[:IfcAirTerminal] AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer) WITH vsr, COLLECT([n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId][0..6]) AS path_nodes RETURN vsr.GlobalId AS VSR_GlobalId, path_nodes AS GlobalIds_RLT</pre>	3x GUID: [2x   GUID, ... ] 6x GUID: [1x   GUID, ... ]	<pre>{["af1_vsr": "0d1c_w2ArCmUeB7gQL0Acn", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "0nechr_uj3DwpFBXIOUWYK", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "3rdnOYNXfDnKf5_gtUj7r", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}], ["af1_vsr": "3lZWuka9FSQatX2jcpwet", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "1zMAozH2rA7R5vIbY4lCd", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}], ["af1_vsr": "0YzRtX0j41v8Sh_BtT6oR", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "100oCymIXCWBTgMzBOT_", "issues_guid": [{"GUID": ...}], ["af1_vsr": "1x0kppa8r0vzVEUCF5Fv", "issues_guid": [{"GUID": ...}, {"GUID": ...}]}]</pre>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Finale Cypher-Statement

### Prüfregel 01: Schalldämpfer bei Ventilator

```
MATCH p = (fan:IfcFan|IfcUnitaryEquipment)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminal)
WHERE NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer)

WITH fan,
COLLECT(DISTINCT [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n.GlobalId][0..6]) AS path_nodes

RETURN fan.GlobalId AS af1_fan, path_nodes AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Kein Schalldämpfer innert 5 Bauteilen nach Ventilator im Leitungsnetz vorhanden." AS Bemerkung
```

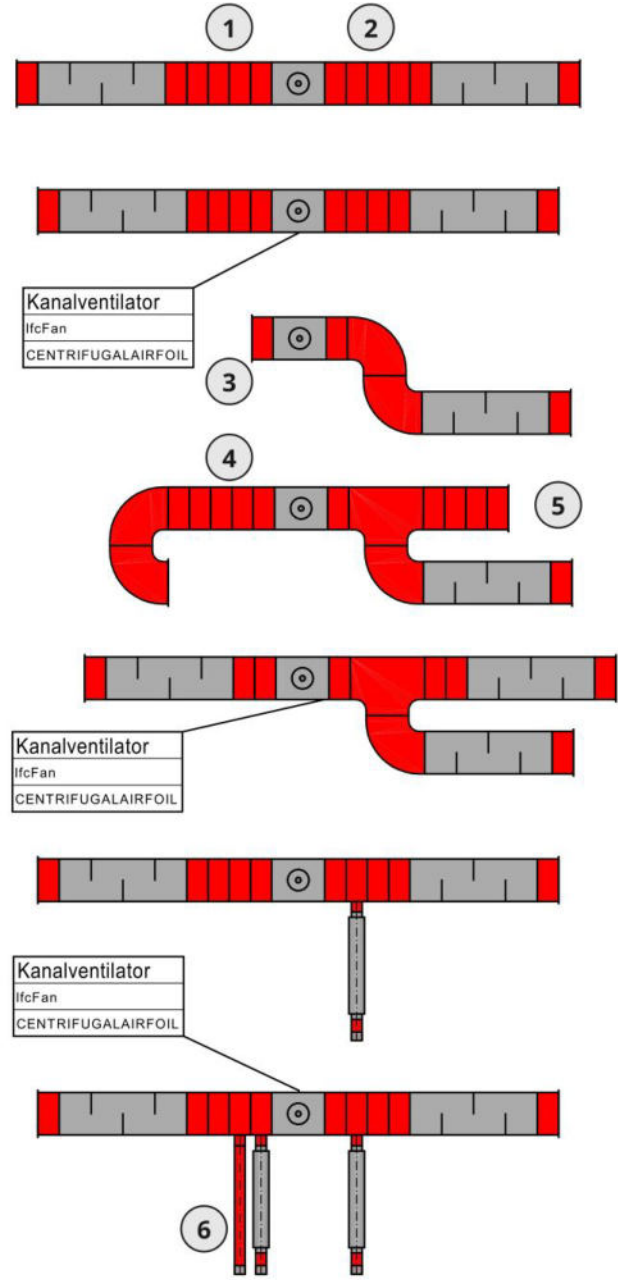
### Prüfregel 02: Schalldämpfer bei Volumenstromregler

```
MATCH (:IfcFan|IfcUnitaryEquipment)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminal)
MATCH p = (vsr)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminal)
WHERE NONE(n IN nodes(p)[1..] WHERE (n:IfcAirTerminalBox|IfcFan|IfcUnitaryEquipment)) AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer)

WITH vsr,
COLLECT([n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n.GlobalId][0..6]) AS path_nodes

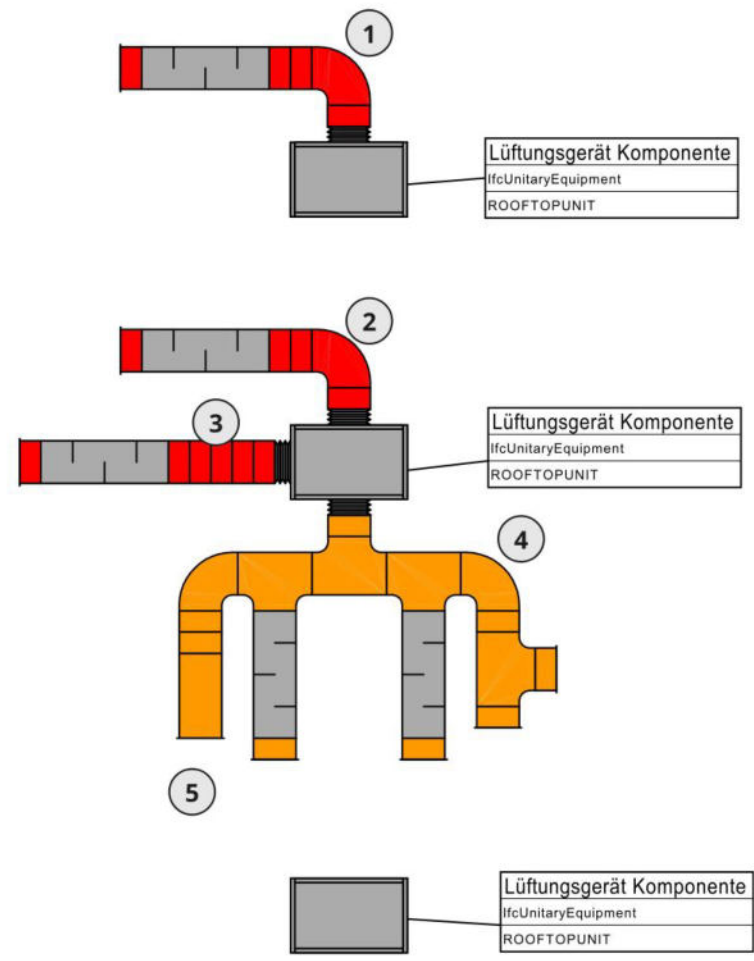
RETURN vsr.GlobalId AS VSR_GlobalID, path_nodes AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Kein Schalldämpfer innert 5 Bauteilen nach Volumenstromregler im Leitungsnetz vorhanden." AS Bemerkung
```

### DBM RLT 01 - Kanalventilator

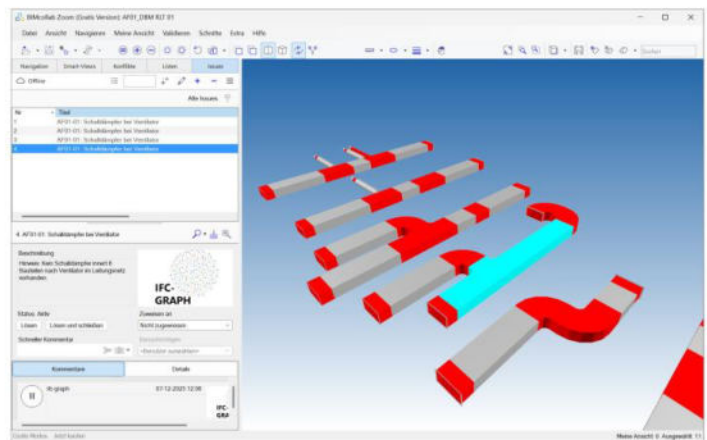
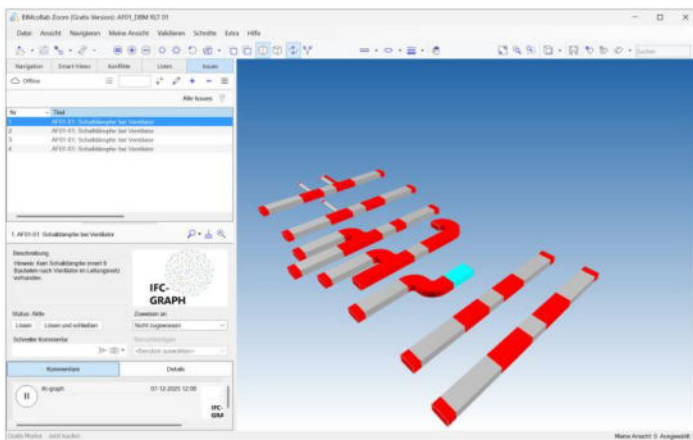
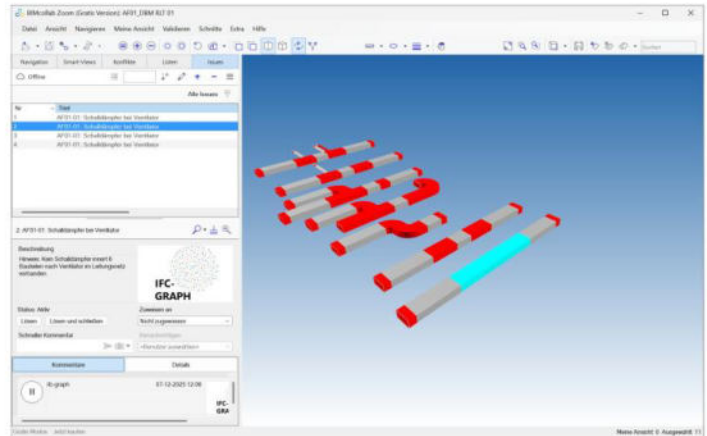
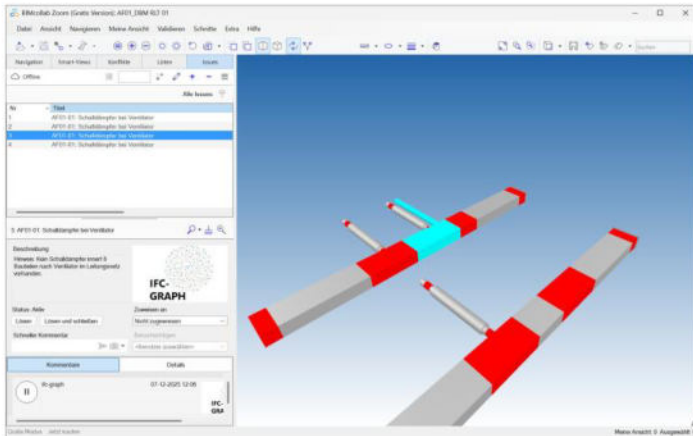


### DBM RLT 02 - Lüftungsgerät

**Legende:**  
⊙ Durchnummerierte Fehler je Modell

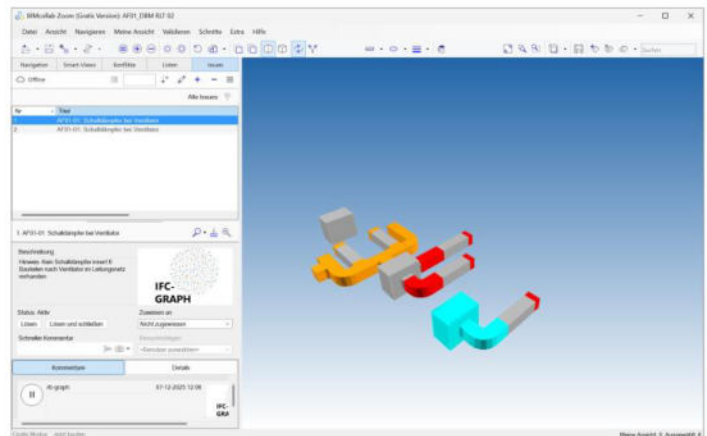
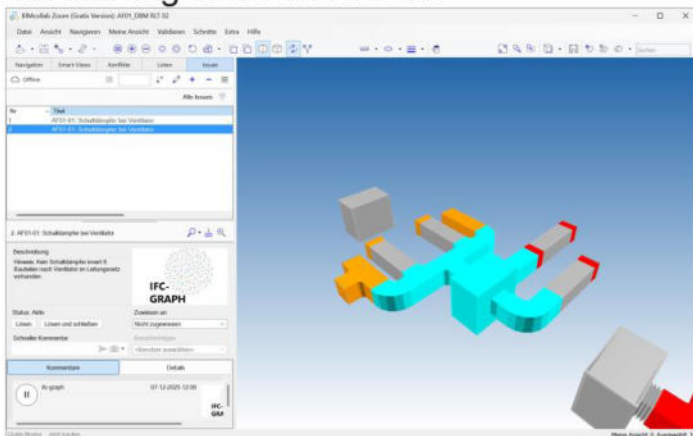


## Auswertung der Rückgabe vom PoC Validierung 01 DBM RLT 01



**Auswertung:**  
Vier Issues für die sechs Fehler erhalten. Dies ist korrekt, da die Auswertung die Pfade je Ventilator zu einem Issue zusammenfasst. Inhalt vom BCF stimmt damit mit dem erwarteten Ergebnis überein.

## Auswertung der Rückgabe vom PoC Validierung 02 DBM RLT 02

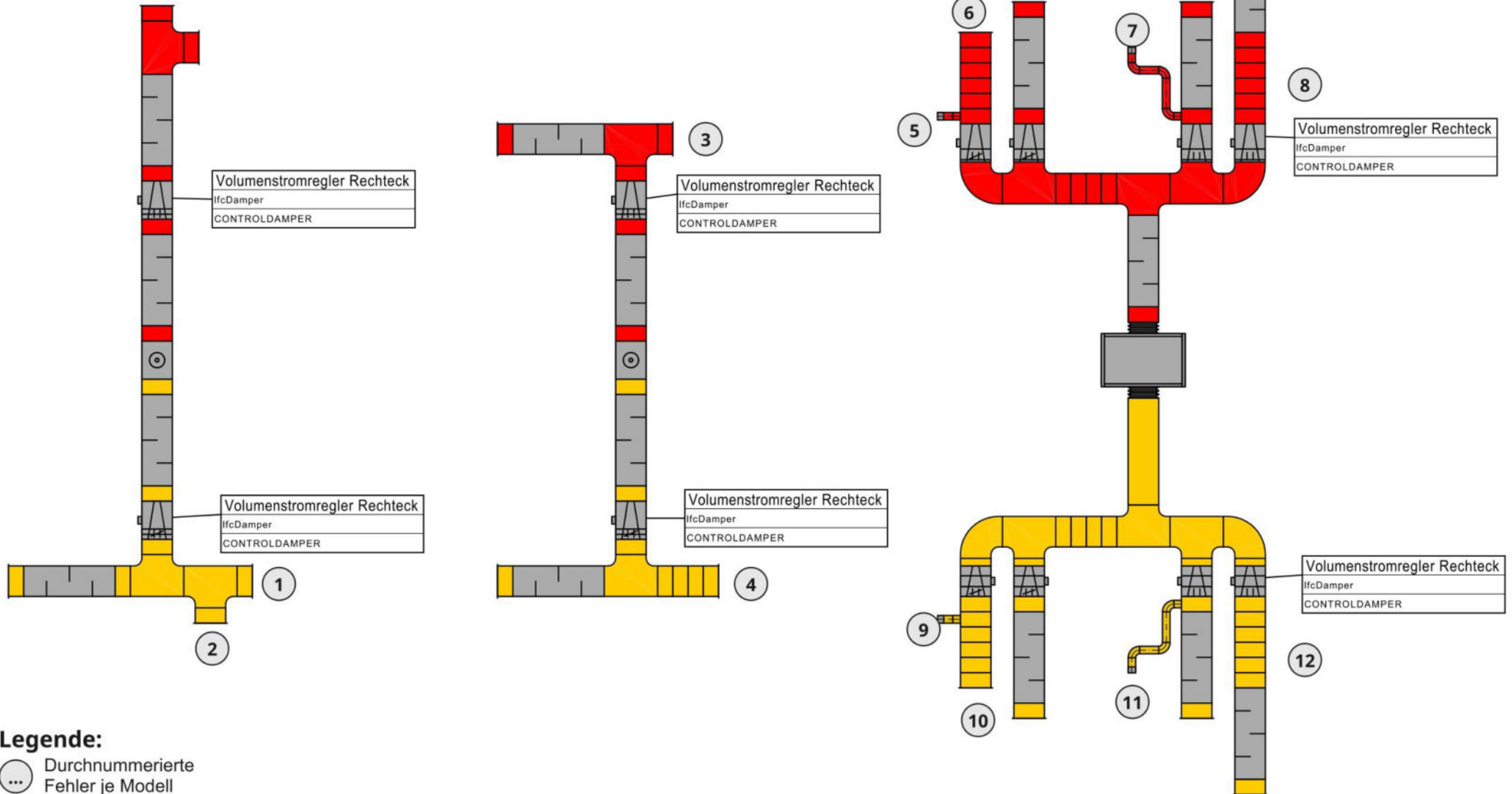


**Auswertung:**  
Zwei Issues für die vier Fehler erhalten. Dies ist korrekt, da die Auswertung die Pfade je Ventilator zu einem Issue zusammenfasst. Inhalt vom BCF stimmt damit mit dem erwarteten Ergebnis überein. Etwas ungünstig ist, beim ersten Issue, dass bei der Abluft T-Stücke direkt an den SD grenzen.

## DBM RLT 03 - Volumenstromregler interne Modellierungsrichtlinie

### Bemerkung zu Gerät:

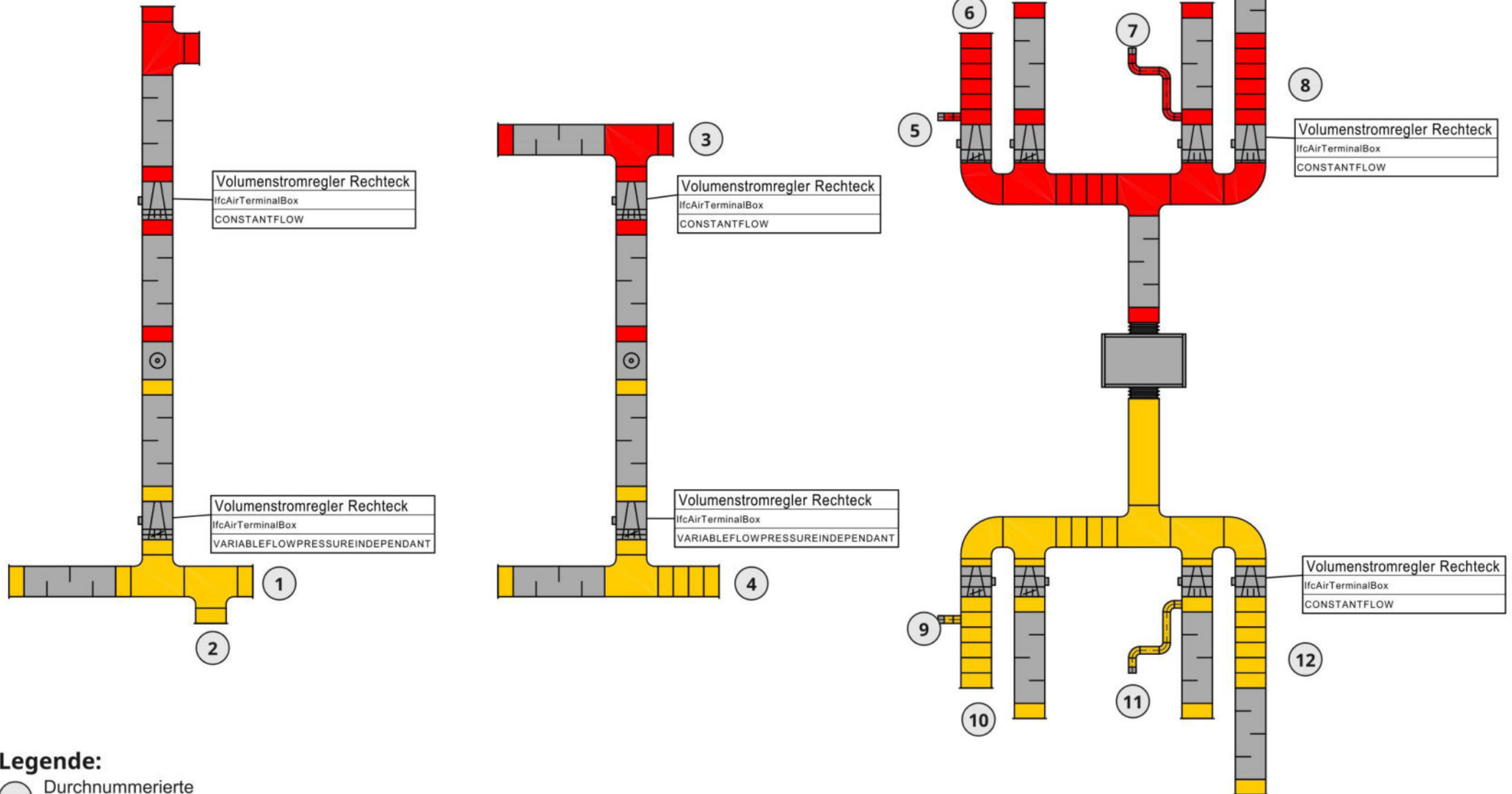
Keine Auswertung, da DBM RLT 04 dasselbe Modell mit der Entität *IfcAirTerminalBox* für Volumenstromregler verwendet.



## DBM RLT 04 - Volumenstromregler interne Modellierungsrichtlinie

### Bemerkung zu Gerät:

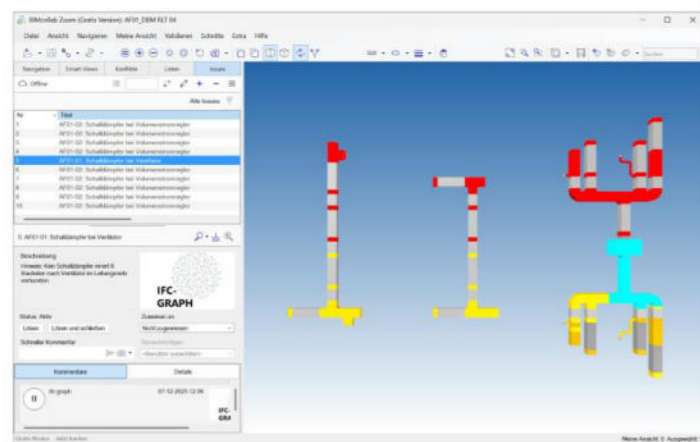
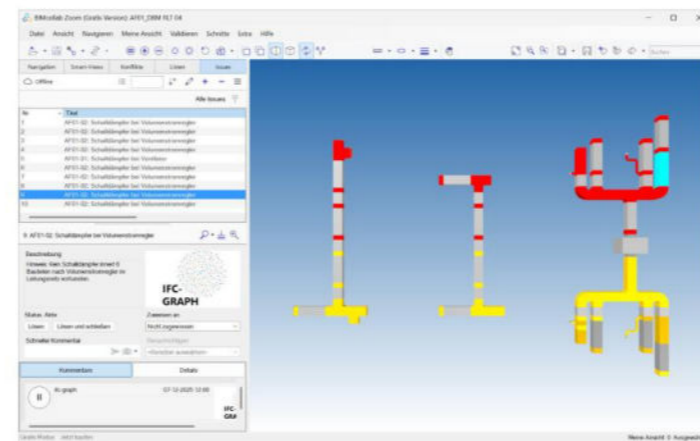
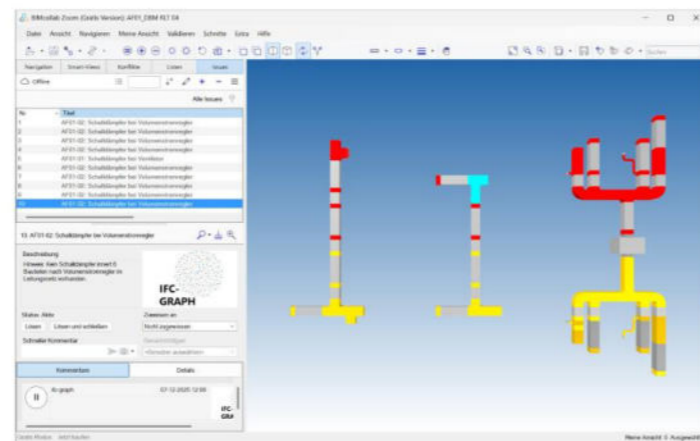
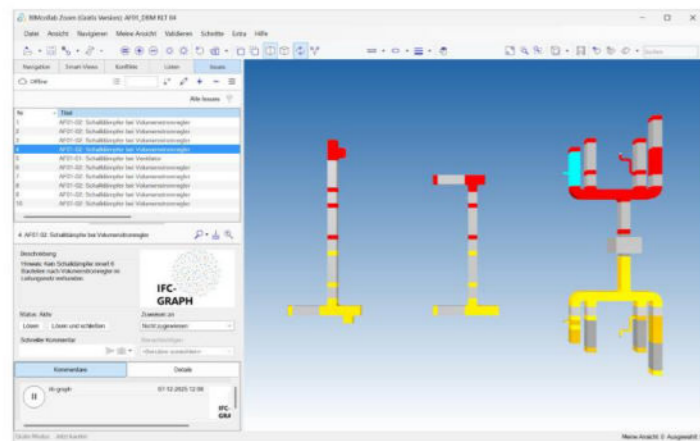
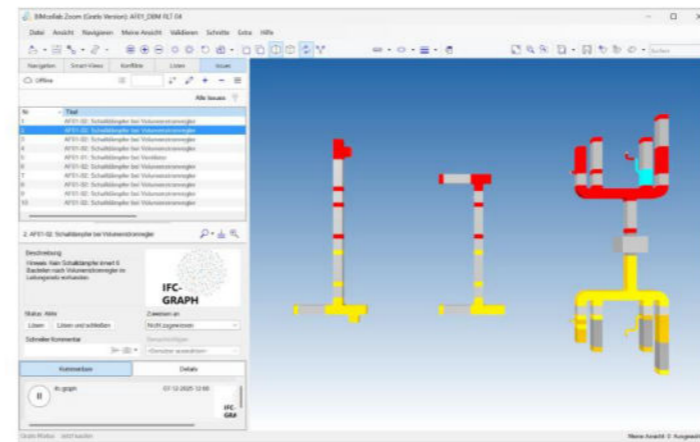
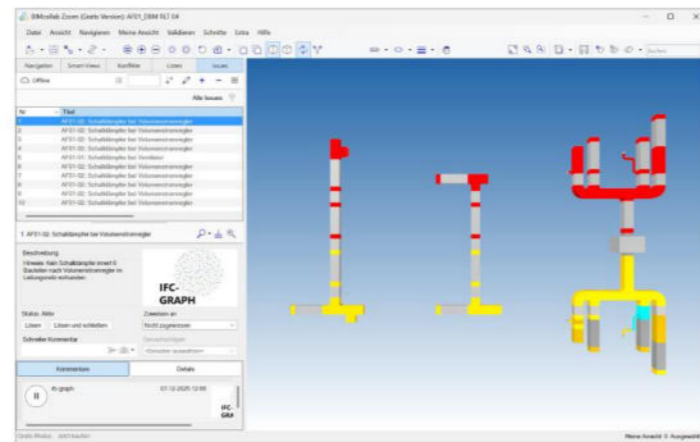
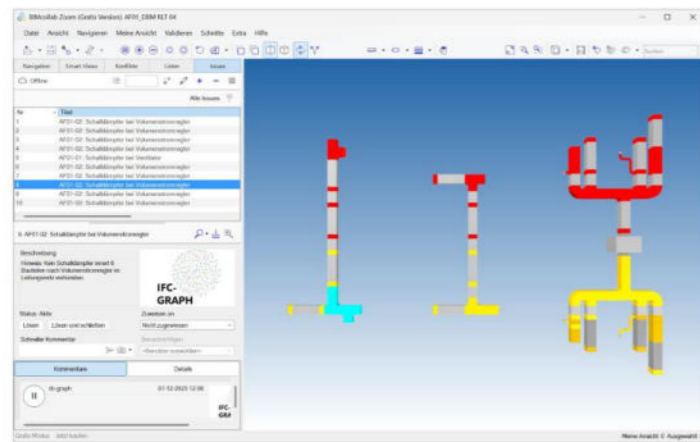
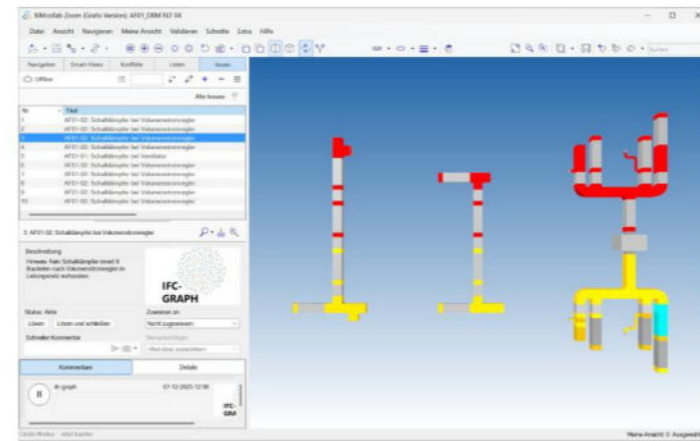
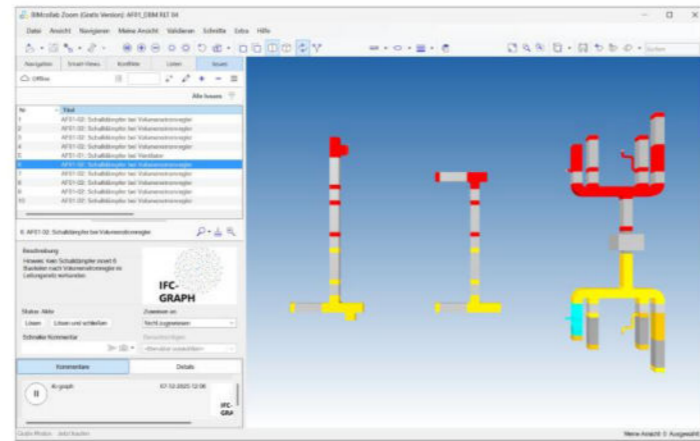
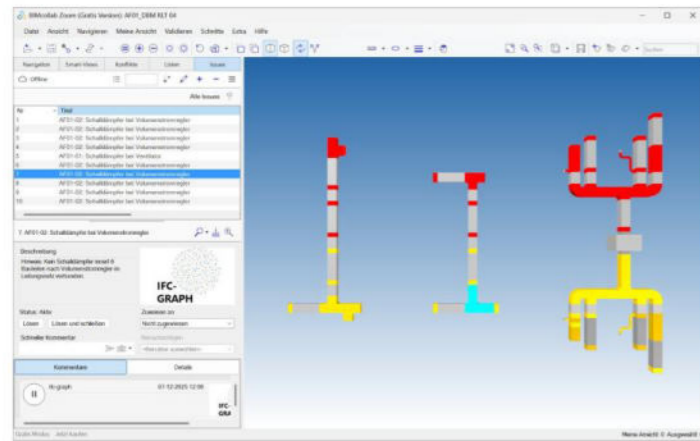
Wechsel der Entität der Volumenstromregler, da das IfcAirTerminalBox aufgrund der IfcAirTerminalBoxType für Volumenstromregler konzipiert ist.



### Legende:

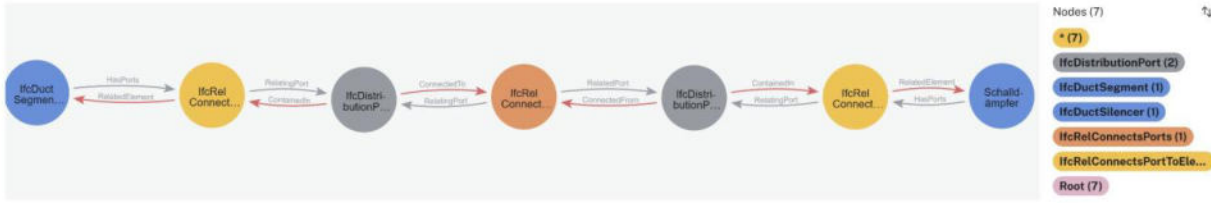
- ... Durchnummerierte Fehler je Modell

# Auswertung der Rückgabe vom PoC Validierung 03 DBM RLT 04



**Auswertung:**  
Zehn Issues für die zwölf Fehler erhalten. Dies ist korrekt, da die Auswertung die Pfade je Ventilator zu einem Issue zusammenfasst. Da zudem ein Issues aus der Prüfregel mit Schalldämpfer nach dem Gerät entstammt ist der Inhalt des BCF korrekt und vollständig.

# Erkenntnisse



- Die Verbindung zwischen 2 Nodes liegt stets doppelt vor. Bei der Abfrage ist zu beachten, dass keine doppelten Verbindungen möglich sind. Ansonsten steigt die Anzahl der Pfadmöglichkeiten exponentiell zur Basis 2. Deshalb kommen in den Abfragen nur die roten Edge-Labels vor.
- IfcCartesianPointList wird bei Konvertierung nicht unterstützt, da Attributwert eine verschachtelte Liste ist.
- Kontrolle / Testing manuell aufwendig, pragmatische BCF-Implementierung forcieren.

## Limitationen der Prüfung:

- Derzeit wird nur die Anzahl an Bauteilen geprüft. Bei unsegmentierter Modellierung ist damit die Nähe nur bedingt eingeschränkt. Eine Ergänzung des Query mit einer Bauteillängeneinschränkung oder Pfadlängenberechnung wird als möglich erachtet, wenn die Länge einheitlich als Attributwert vorliegt.
- Es erfolgt derzeit keine Auswertung von im Gerät verbauten Schalldämpfern.
- Bei Geräten mit Strängen mit und ohne VSR, anderer fachlicher Fehler, entstehen Fehler. Dies muss eine eigene Fachprüfung sicherstellen.

## Modellierungsanforderung

Bauteil	IFC-Entität	Bemerkung
Schalldämpfer	IfcDuctSilencer	Flexschlauch derzeit kein SD
Ventilator	IfcFan	
Monobloc	IfcUnitaryEquipment	
Auslass	IfcAirTerminal	
Volumenstromregler	IfcAirTerminalBox	VSR derzeit IfcDamper

### Bauteilverbindung

Gemäss Analyse. Wobei zu bemerken ist, das IfcRelConnectsPortToElements in zukünftig aus dem Datenschemen entfernt wird und dann auf IfcRelNests ausgewichen werden muss.

## Verwendete Cypher-Klauseln

### Klausel Cypher

- AND
- AS
- COLLECT
- DISTINCT
- IN
- MATCH
- NODES
- NONE
- NOT
- RETURN
- WHERE
- WITH

# Anhang A29: PoC - Implementierung AF02

## Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
001	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Räume	MATCH (n:IfcSpace) RETURN COUNT(n)	5	5	☑
002	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Raumzonen	MATCH (n:IfcSpatialZone) RETURN COUNT(n)	2	2	☑
003	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Ventilatoren	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment) RETURN COUNT(n)	9	9	☑
004	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Ventilatoren Anlage 1	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment), (n)-[:IsGroupedBy HasAssignments*2]-[:sys:IfcSystem (Name: "LA01")] RETURN COUNT(n)	7	7	☑
005	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Ventilatoren Anlage 1	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment), (n)-[*2]-[:sys:IfcSystem (Name: "LA01")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	7	7	☑
006	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Ventilatoren Anlage 2	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment), (n)-[*2]-[:sys:IfcSystem (Name: "LA02")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	2	2	☑
007	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Volumenstromregler	MATCH (n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(n)	13	13	☑
008	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl CAV	MATCH (n:IfcAirTerminalBox)-[*2]-[:IfcAirTerminalBoxType(PredefinedType: "CONSTANTFLOW")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	5	5	☑
009	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl VAV	MATCH (n:IfcAirTerminalBox)-[*2]-[:IfcAirTerminalBoxType (PredefinedType: "VARIABLEFLOWPRESSUREINDEPENDANT")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	8	8	☑
010	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Auslässe	MATCH (n:IfcAirTerminal) RETURN COUNT(n)	60	60	☑
011	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Pfade Auslass zu Ventilator	MATCH p=(IfcAirTerminal)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcFan] RETURN COUNT(p)	60	60	☑
012	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Pfade von Raum zu Ventilator ohne VSR	MATCH p = (IfcSpace)-[:belüftet HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcFan] WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(p)	4	selber abgebrochen wegen Laufzeit	☐
013	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Pfade von Raum zu Ventilator ohne VSR (4 da es 4 Auslässe im Raum hat)	MATCH p = (IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal]-[:belüftet]-[:IfcSpace] WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(p)	4	4	☑
014	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Pfade von Raum zu Ventilator ohne VSR	MATCH p = (fan:IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal]-[:belüftet]-[:space:IfcSpace] WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(DISTINCT (fan, space))	1	1	☑
015	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Pfade von Raum zu Ventilator ohne VSR Alternative	MATCH p = (fan:IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:ter:IfcAirTerminal], (ter)-[:belüftet]-[:space:IfcSpace] WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(DISTINCT (fan, space))	1	1	☑
016	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Auslässe die Raum belüften	MATCH p = (IfcAirTerminal)-[:belüftet]-[:IfcSpace] RETURN COUNT(p)	49	49	☑
017	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Auslässe die Raumzone belüften	MATCH p = (IfcAirTerminal)-[:belüftet]-[:IfcSpatialZone] RETURN COUNT(p)	2	2	☑
018	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Bereich aus Raumbuch	MATCH (ber:RbBereich) RETURN COUNT(ber)	7	7	☑
019	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Verbindungen zwischen Bereich und Raum	MATCH (ber:RbBereich)-[:entspricht*]-[:IfcSpace] RETURN COUNT(ber)	5	5	☑
020	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Kontrolle Anzahl Verbindungen zwischen Bereich und Raumzone	MATCH (ber:RbBereich)-[:entspricht*]-[:IfcSpatialZone] RETURN COUNT(ber)	2	2	☑
021	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Mögliche Pfade von Raum zu Ventilator über VSR	MATCH p = (fan:IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:vsr:IfcAirTerminalBox], (ter:IfcAirTerminal)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:vsr], (ter)-[:belüftet]-[:space:IfcSpace IfcSpatialZone] WHERE ANY vsr IN nodes(p) WHERE vsr:IfcAirTerminalBox RETURN COUNT(DISTINCT (fan, vsr, space))	14	14	☑
022	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Mögliche Pfade von Raum zu Ventilator auch ohne VSR	MATCH p = (fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]- (ter:IfcAirTerminal)-[:belüftet]-[:space:IfcSpace IfcSpatialZone]  WITH p, fan, space, [vsr in NODES(p) WHERE vsr:IfcAirTerminalBox] AS vsr RETURN COUNT(DISTINCT (fan, GlobalId, vsr, space, GlobalId))	15	15	☑
023	AF02-Graph01 Raumbuch 01	Mögliche Pfade von Raum zu Ventilator auch ohne VSR Ausgabe mit Informationen	MATCH p = (fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]- (ter:IfcAirTerminal)-[:belüftet]-[:space:IfcSpace IfcSpatialZone], (ter)-[:IsGroupedBy HasAssignments*2]-[:sys:IfcSystem], (fan)-[:IsGroupedBy HasAssignments*2]-[:anl:IfcSystem] WHERE sys.Name IN ["Zuluft", "Abluft"] AND NOT anl.Name IN ["Zuluft", "Abluft"]  WITH p, fan, anl, space, [vsr in NODES(p) WHERE vsr:IfcAirTerminalBox] AS vsr, sys RETURN DISTINCT (fan, GlobalId, anl.Name, sys.Name, vsr, space, GlobalId)	Liste mit 15 Zeilen	Liste mit 15 Zeilen	☑
024	AF02-Graph01 Raumbuch 01	1. Prüfung: hat jeder Raum eine Verknüpfung zu Bereich.	MATCH (space:IfcSpace IfcSpatialZone) WHERE NOT (space)-[:entspricht]-[:RbBereich] RETURN space.GlobalId AS Raum, "Hinweise: Keine Verknüpfung vom Raummodell zum Raumbuch." AS Bemerkung	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	☑
025	AF02-Graph01 Raumbuch 01	2. Prüfung: hat jeder Bereich eine Verknüpfung zu Raumbuch	MATCH (ber:RbBereich) WHERE NOT (ber)-[:entspricht]-[:IfcSpace IfcSpatialZone] RETURN ber.ID AS Bereich, "Hinweise: Keine Verknüpfung vom Bereich zum Raummodell." AS Bemerkung	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	☑
026	AF02-Graph01 Raumbuch 01	3. Prüfung: gehört jeder Bereich einer Zone an.	MATCH (ber:RbBereich) WHERE NOT (ber)-[:umfasst_Bereich]-[:RbZone] RETURN ber.ID AS Bereich, "Hinweise: Bereich ist keiner Zone zugewiesen." AS Bemerkung	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	☑
027	AF02-Graph01 Raumbuch 01	4. Prüfung: Jede Zone ist einem Bereich zugeordnet.	MATCH (zon:RbZone) WHERE NOT (zon)-[:umfasst_Bereich]-[:RbBereich] RETURN zon.ID AS Zone, "Hinweise: Zone ist keinem Bereich zugeordnet." AS Bemerkung	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	☑

# Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
028	AF02-Graph01 Raumbuch 01	5. Prüfung: Natürlich belüftete Zonen sind nicht durch mechanische Lüftungsanlage belüftet.	<pre> MATCH (zon:RbZone (Belüftung: "natürlich"))-[:umfasst_Bereich]-[:RbBereich]-[:entspricht]-[:space:]-[:fcSpace]-[:fcSpatialZone], p = (space)-[:belüftet]-[:ter:]-[:fcAirTerminal]-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:fan:]-[:fcFan]-[:fcUnitaryEquipment]  UNWIND [n IN nodes(p) WHERE NOT n:ifcDistributionPort AND NOT n:ifcRelConnectsPortToElement AND NOT n:ifcRelConnectsPorts   n.GlobalID] AS guides WITH zon, COLLECT(DISTINCT guides) AS path_nodes RETURN zon.ID AS Zone, "Hinweise: Zone wird trotz Anforderung natürliche Belüftung mechanisch belüftet." AS Bemerkung, path_nodes AS issues_guid                     </pre>	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	kein Rückgabe; ohne NOT 7 Rückgaben	☑
029	AF02-Graph01 Raumbuch 02	6. Prüfung: Mechanisch belüftete Zonen haben vollständige Anforderungen.	<pre> MATCH (zon:RbZone) WHERE NOT zon.Belüftung = "natürlich" AND NOT (zon)-[:hat_Anforderung]-[:RbAnforderungZone]-[:zu_Anlage]-[:RbAnlage] RETURN zon.ID AS Zone, "Hinweise: Mechanisch belüfteter Zone hat keine oder unvollständige Anforderungen." AS Bemerkung                     </pre>	kein Rückgabe; ohne 1. NOT 7 Rückgaben	kein Rückgabe; ohne 1. NOT 7 Rückgaben	☑
030	AF02-Graph01 Raumbuch 02	6. Prüfung: Mechanisch belüftete Zonen haben vollständige Anforderungen.	<pre> MATCH (zon:RbZone) WHERE NOT zon.Belüftung = "natürlich" AND NOT (zon)-[:hat_Anforderung]-[:RbAnforderungZone]-[:zu_Anlage]-[:RbAnlage] RETURN zon.ID AS Zone, "Hinweise: Mechanisch belüfteter Zone hat keine oder unvollständige Anforderungen." AS Bemerkung                     </pre>	kein Rückgabe; ohne 2. NOT 7 Rückgaben	kein Rückgabe; ohne 2. NOT 7 Rückgaben	☑
031	AF02-Graph01 Raumbuch 02	7. Prüfung: Serielle VSR im Pfad	<pre> MATCH p = (space:fcSpace)-[:fcSpatialZone]-[:belüftet]-[:ter:]-[:fcAirTerminal]-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:fan:]-[:fcFan]-[:fcUnitaryEquipment] WHERE SIZE([n IN nodes(p) WHERE n:ifcAirTerminalBox]) &gt; 1  UNWIND [n IN nodes(p) WHERE NOT n:ifcDistributionPort AND NOT n:ifcRelConnectsPortToElement AND NOT n:ifcRelConnectsPorts   n.GlobalID] AS guides WITH space, COLLECT(DISTINCT guides) AS path_nodes  RETURN space.GlobalID AS Raum, "Hinweise: Serielle VSR vorhanden." AS Bemerkung, path_nodes AS issues_guid                     </pre>	kein Rückgabe; wenn <1 1 Rückgabe	kein Rückgabe; wenn <1 1 Rückgabe	☑
032	AF02-Graph01 Raumbuch 02	8. Prüfung: VSR-Typ ist nicht definiert.	<pre> MATCH (vsr:ifcAirTerminalBox)*[*]-[:type:]-[:fcAirTerminalBoxType] WHERE NOT type.PredefinedType IN ["VARIABLEFLOWPRESSUREINDEPENDANT", "VARIABLEFLOWPRESSUREDEPENDANT", "CONSTANTFLOW"]  RETURN DISTINCT vsr.GlobalID AS VSR, "Hinweise: Regelung des VSR ist unbekannt." AS Bemerkung                     </pre>	kein Rückgabe; ohne not 13 Rückgabe	kein Rückgabe; ohne not 13 Rückgabe	☑
033	AF02-Graph01 Raumbuch 02	Extrahieren aller Infos aus Pfad	<pre> MATCH (space:fcSpace)-[:fcSpatialZone]-[:belüftet]-[:ter:]-[:fcAirTerminal]-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:fan:]-[:fcFan]-[:fcUnitaryEquipment]  OPTIONAL MATCH (ter)-[:isGroupedBy]-[:HasAssignments*2]-[:med:]-[:fcSystem] WHERE med.Name IN ["Abluft", "Zuluft"] OPTIONAL MATCH (fan)-[:isGroupedBy]-[:HasAssignments*2]-[:anl:]-[:fcSystem] WHERE NOT anl.Name IN ["Abluft", "Zuluft"] OPTIONAL MATCH (ter)-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:vsr:]-[:fcAirTerminalBox]-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:fan] OPTIONAL MATCH (vsr)-[:*2]-[:vsr_type:]-[:fcAirTerminalBoxType]  WITH med, anl, vsr, vsr_type, CASE WHEN vsr IS NULL THEN 'keine' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'V' THEN 'VAV' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'C' THEN 'CAV' ELSE 'unbekannt' END AS p_zonenregelung  RETURN DISTINCT vsr.GlobalID, p_zonenregelung, med.Name, anl.Name                     </pre>	14 Zeilen	14 Zeilen	☑
034	AF02-Graph01 Raumbuch 03	9. Prüfung: Anforderung wird durch einen Strang erfüllt	<pre> MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[:zu_Anlage]-[:anf:]-[:RbAnforderungZone]-[:hat_Anforderung]-[:zon:]-[:RbZone]-[:umfasst_Bereich]-[:ber:]-[:RbBereich] OPTIONAL MATCH (space:fcSpace)-[:fcSpatialZone]-[:GlobalID:]-[:ber:]-[:ID]-[:belüftet]-[:ter:]-[:fcAirTerminal]-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:fan:]-[:fcFan]-[:fcUnitaryEquipment] OPTIONAL MATCH (ter)-[:isGroupedBy]-[:HasAssignments*2]-[:med:]-[:fcSystem] OPTIONAL MATCH (fan)-[:isGroupedBy]-[:HasAssignments*2]-[:anl:]-[:fcSystem]  CALL (ter, fan, ber, med, anl) { OPTIONAL MATCH (ter)-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:vsr:]-[:fcAirTerminalBox]-[:HasPorts]-[:RelatingPort]-[:RelatedPort*]-[:fan] OPTIONAL MATCH (vsr)-[:*2]-[:vsr_type:]-[:fcAirTerminalBoxType] RETURN CASE WHEN vsr IS NULL THEN 'keine' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'V' THEN 'VAV' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'C' THEN 'CAV' ELSE 'unbekannt' END AS zonenregelung }  WITH ber, anf, CASE WHEN (zonenregelung = anf.zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf.anl.ID) THEN true ELSE false END AS anf_erfuellt  WITH ber.ID AS BereichID, anf.ID AS AnfID, collect(anf_erfuellt) AS erfuehdListe WHERE NOT true IN erfuehdListe  WITH BereichID, collect(AnfID) AS unerfuelle_anf  RETURN BereichID, unerfuelle_anf                     </pre>	Anf03 Anf04 Anf08 Anf11 Anf12 Anf13 Anf14	Anf03 Anf04 Anf08 Anf11 Anf12 Anf13 Anf14	☑

# Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
035	AF02-Graph01 Raumbuch 03	10. Prüfung ob für Strang liegt Anforderung vorliegt Alternative Ausgabe mit GUIDS	<pre> MATCH (space:IfcSpace IfcSpatialZone)-[beluftet]-(ter:IfcAirTerminal), p = (ter)-[HasPorts]RelatingPort[RelatedPort*]-[fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment] OPTIONAL MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[zu_Anlage]-(anf_RbAnforderungZone)-[hat_Anforderung]-(zon:RbZone)-[umfasst_Bereich]-(ber:RbBereich ID: space.GlobalId) OPTIONAL MATCH (ter)-[isGroupedBy]HasAssignments*2]-[med:IfcSystem] OPTIONAL MATCH (fan)-[isGroupedBy]HasAssignments*2]-[anl:IfcSystem]  CALL (ter, fan, ber, med, anl) { OPTIONAL MATCH (ter)-[HasPorts]RelatingPort[RelatedPort*]-[vsr:IfcAirTerminalBox] -[HasPorts]RelatingPort[RelatedPort*]-[fan] OPTIONAL MATCH (vsr)-[*2]-[vsr_type:IfcAirTerminalBoxType] RETURN CASE WHEN vsr IS NULL THEN 'keine' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'V' THEN 'VAV' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'C' THEN 'CAV' ELSE 'unbekannt' END AS zonenregelung, vsr }  WITH DISTINCT [space, vsr, fan] as combo_svf, space, p, CASE WHEN (zonenregelung = anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN true WHEN (zonenregelung &lt;-&gt; anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN "Zonenregelung" ELSE false END AS anf_erfuellt  WITH space, combo_svf, COLLECT(anf_erfuellt) AS erfuellte_list, [n IN nodes(p) WHERE NOT n:ifcDistributionPort AND NOT n:ifcRelConnectsPortToElement AND NOT n:ifcRelConnectsPorts   n.GlobalId[0..10] AS path_nodes  WHERE NOT true IN erfuellte_list  WITH space, combo_svf, path_nodes, erfuellte_list, CASE WHEN "Zonenregelung" IN erfuellte_list THEN "Hinweis: Zonenregelung im Strang stimmt nicht mit Raumbuch überein." ELSE "Hinweis: Im Raumbuch befindet sich keine übereinstimmende Anforderung." END AS Bemerkung  UNWIND path_nodes AS guids WITH space.Name AS GlobalIDs_Raum , combo_svf, COLLECT( DISTINCT guids) AS GlobalIDs_RLT, Bemerkung  RETURN GlobalIDs_Raum, GlobalIDs_RLT, Bemerkung </pre>	je Raum Liste GUIDS	je Raum GUIDs, keine	<input checked="" type="checkbox"/>
036	AF02-Graph01	Ermitteln der Anzahl Räume, welche am Strang eines VSR hängen	<pre> MATCH p = (space:IfcSpace IfcSpatialZone)-[beluftet]-(ifcAirTerminal)-[HasPorts]RelatingPort[RelatedPort*]-[vsr:IfcAirTerminalBox]-[HasPorts]RelatingPort[RelatedPort*]- [ifcFan IfcUnitaryEquipment]  WITH vsr, COLLECT( DISTINCT space) AS spaces RETURN vsr, GlobalId, SIZE(spaces) </pre>	1x2, alle anderen 1	1x2, alle anderen 1	<input checked="" type="checkbox"/>
037	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Räume	<pre> MATCH (n:IfcSpace) RETURN COUNT(n) </pre>	10	10	<input checked="" type="checkbox"/>
038	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Raumzonen	<pre> MATCH (n:IfcSpatialZone) RETURN COUNT(n) </pre>	2	2	<input checked="" type="checkbox"/>
039	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Ventilatoren	<pre> MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment) RETURN COUNT(n) </pre>	9	9	<input checked="" type="checkbox"/>

# Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
040	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Ventilatoren Anlage 1	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment), (n)-[:IsGroupedBy HasAssignments*2]-[:sys:ifcSystem (Name: "LA01")] RETURN COUNT(n)	7	7	☑
041	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Ventilatoren Anlage 1	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment), (n)-[*2]-[:sys:ifcSystem (Name: "LA01")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	7	7	☑
042	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Ventilatoren Anlage 2	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment), (n)-[*2]-[:sys:ifcSystem (Name: "LA02")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	2	2	☑
043	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Volumenstromregler	MATCH (n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(n)	13	13	☑
044	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl CAV	MATCH (n:IfcAirTerminalBox)-[*2]-[:ifcAirTerminalBoxType(PredefinedType: "CONSTANTFLOW")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	5	5	☑
045	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl VAV	MATCH (n:IfcAirTerminalBox)-[*2]-[:ifcAirTerminalBoxType (PredefinedType: "VARIABLEFLOWPRESSUREINDEPENDANT")] RETURN COUNT(DISTINCT n)	8	8	☑
046	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Auslässe	MATCH (n:IfcAirTerminal) RETURN COUNT(n)	60	60	☑
047	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Pfade Auslass zu Ventilator	MATCH p=(IfcAirTerminal)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:ifcFan] RETURN COUNT(p)	60	60	☑
048	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Pfade von Raum zu Ventilator ohne VSR (4 da es 2 Auslässe in 2 Räumen hat)	MATCH p = (IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:ifcAirTerminal]-[:belüftet]-[:ifcSpace] WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(p)	4	4	☑
049	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Pfade von Raum zu Ventilator ohne VSR	MATCH p = (fan:IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:ifcAirTerminal]-[:belüftet]-[:space:ifcSpace] WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(DISTINCT [fan, space])	2	2	☑
050	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Pfade von Raum zu Ventilator ohne VSR Alternative	MATCH p = (fan:IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:ter:ifcAirTerminal], (ter)-[:belüftet]-[:space:ifcSpace] WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE n:IfcAirTerminalBox) RETURN COUNT(DISTINCT [fan, space])	2	2	☑
051	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Auslässe die Raum belüften	MATCH p = (IfcAirTerminal)-[:belüftet]-[:ifcSpace] RETURN COUNT(p)	49	49	☑
052	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Auslässe die Raumzone belüften	MATCH p = (IfcAirTerminal)-[:belüftet]-[:ifcSpatialZone] RETURN COUNT(p)	2	2	☑
053	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Bereich aus Raumbuch	MATCH (ber:RbBereich) RETURN COUNT(ber)	12	12	☑
054	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Verbindungen zwischen Bereich und Raum	MATCH (ber:RbBereich)-[:entspricht*]-[:ifcSpace] RETURN COUNT(ber)	10	10	☑
055	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Kontrolle Anzahl Verbindungen zwischen Bereich und Raumzone	MATCH (ber:RbBereich)-[:entspricht*]-[:ifcSpatialZone] RETURN COUNT(ber)	2	2	☑
056	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Mögliche Pfade von Raum zu Ventilator über VSR	MATCH p = (fan:IfcFan)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:vsr:ifcAirTerminalBox], (ter:ifcAirTerminal)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:vsr], (ter)-[:belüftet]-[:space:ifcSpace ifcSpatialZone] WHERE ANY (vsr IN nodes(p) WHERE vsr:ifcAirTerminalBox) RETURN COUNT(DISTINCT [fan, vsr, space])	25	25	☑
057	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Mögliche Pfade von Raum zu Ventilator auch ohne VSR	MATCH p = (fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]- (ter:ifcAirTerminal)-[:belüftet]-[:space:ifcSpace ifcSpatialZone] WITH p, fan, space, [vsr IN NODES(p) WHERE vsr:ifcAirTerminalBox] AS vsr RETURN COUNT(DISTINCT [fan, GlobalId, vsr, space, GlobalId])	27	27	☑
058	AF02-Graph02 Raumbuch 06	Mögliche Pfade von Raum zu Ventilator auch ohne VSR Ausgabe mit Informationen	MATCH p = (fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]- (ter:ifcAirTerminal)-[:belüftet]-[:space:ifcSpace ifcSpatialZone], (ter)-[:IsGroupedBy HasAssignments*2]-[:sys:ifcSystem], (fan)-[:IsGroupedBy HasAssignments*2]-[:anl:ifcSystem] WHERE sys.Name IN ["Zuluft", "Abluft"] AND NOT anl.Name IN ["Zuluft", "Abluft"] WITH p, fan, anl, space, [vsr IN NODES(p) WHERE vsr:ifcAirTerminalBox] AS vsr, sys RETURN DISTINCT [fan, GlobalId, anl.Name, sys.Name, vsr, space, GlobalId]	27 Zeilen	27 Zeilen	☑

# Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
59	diverse	10. Prüfung: ob für Strang Anforderung vorliegt Alternative Ausgabe mit GUIDS	<pre> MATCH (space:IfcSpace IfcSpatialZone)-[belüftet]-(ter:IfcAirTerminal), p = (ter)-[HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment] OPTIONAL MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[zu_Anlage]-[anf:RbAnforderungZone]-[hat_Anforderung]-[zon:RbZone]-[umfasst_Bereich]-[ber:RbBereich](ID: space.GlobalId) OPTIONAL MATCH (ter)-[isGroupedBy HasAssignments*2]-[med:IfcSystem] OPTIONAL MATCH (fan)-[isGroupedBy HasAssignments*2]-[anl:IfcSystem] OPTIONAL MATCH (ter)-[HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[vsr:IfcAirTerminalBox] -[HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[fan] OPTIONAL MATCH (vsr)-[*2]-[vsr_type:IfcAirTerminalBoxType]  WITH vsr, anf, anl, anf_anl, space, p, fan, med, CASE WHEN vsr IS NULL THEN 'keine' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'V' THEN 'VAV' WHEN vsr_type.PredefinedType STARTS WITH 'C' THEN 'CAV' ELSE 'unbekannt' END AS zonenregelung  WITH DISTINCT [space, vsr, fan] AS combo_svf, space, p, CASE WHEN (zonenregelung = anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN true WHEN (zonenregelung &lt;&gt; anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN 'Zonenregelung' ELSE false END AS anf_erfuellt  WITH space, combo_svf, COLLECT[anf_erfuellt] AS erfuellte_list, [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId][0..10] AS path_nodes WHERE NOT true IN erfuellte_list  WITH space, combo_svf, path_nodes, erfuellte_list, CASE WHEN "Zonenregelung" IN erfuellte_list THEN "Hinweis: Zonenregelung im Strang stimmt nicht mit Raumbuch überein." ELSE "Hinweis: Für den Strang befindet sich im Raumbuch keine übereinstimmende Anforderung." END AS Bemerkung  UNWIND path_nodes AS guids WITH space.Name AS GlobalDs_Raum, combo_svf, COLLECT(DISTINCT guids) AS GlobalDs_RLT, Bemerkung RETURN GlobalDs_Raum, GlobalDs_RLT, Bemerkung </pre>		Kontrolle mit dokumentiertem Testing	<input checked="" type="checkbox"/>
60	diverse	11. Prüfung: Einzel- und Mehrraumzonen zwischen DBM RLT und Raumbuch	<pre> MATCH (space:IfcSpace IfcSpatialZone)-[belüftet]-(ter:IfcAirTerminal), p = (ter)-[HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[vsr:IfcAirTerminalBox], (vsr)-[HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[fan:IfcFan IfcUnitaryEquipment] OPTIONAL MATCH (ter)-[isGroupedBy HasAssignments*2]-[med:IfcSystem] OPTIONAL MATCH (fan)-[isGroupedBy HasAssignments*2]-[anl:IfcSystem] OPTIONAL MATCH (vsr)-[*2]-[vsr_type:IfcAirTerminalBoxType] OPTIONAL MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[zu_Anlage]-[anf:RbAnforderungZone]-[hat_Anforderung]-[zon:RbZone]-[umfasst_Bereich]-[ber:RbBereich](ID: space.GlobalId) WHERE (substring(vsr_type.PredefinedType, 0, 1) = substring(anf.Zonenregelung, 0, 1) AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) OPTIONAL MATCH (zon)-[umfasst_Bereich]-[ber:RbBereich]  WITH vsr, zon, space, ber, [n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId][0..10] AS path_nodes UNWIND path_nodes as guids  WITH vsr, COLLECT(DISTINCT zon) as zone_list, COLLECT(DISTINCT space) AS space_list, COLLECT(DISTINCT ber) AS ber_list, COLLECT(DISTINCT guids) as nodes WHERE SIZE(ber_list) &lt;&gt; SIZE(space_list) OR SIZE(zone_list) &gt; 1  WITH vsr, nodes, CASE WHEN SIZE(zone_list) &gt; 1 THEN "Hinweis: Der VSR belüftet mehrere Lüftungszonen." WHEN SIZE(ber_list) = 1 THEN "Hinweis: Raumbuch sieht eine Einzelraumzone vor." WHEN SIZE(ber_list) &gt; 1 AND SIZE(space_list) &gt; 1 THEN "Hinweis: Anzahl der belüfteten Räume durch VSR stimmt nicht überein." WHEN SIZE(ber_list) &gt; 1 AND SIZE(space_list) = 1 THEN "Hinweis: Raumbuch sieht keine Einzelraumzone vor." ELSE "Hinweis: Keine übereinstimmenden Anforderungen zu Zone." END AS Bemerkung  RETURN vsr.GlobalId, Bemerkung, nodes AS GlobalDs_RLT </pre>		Kontrolle mit dokumentiertem Testing	<input checked="" type="checkbox"/>

## Finale Cypher-Statement

### Prüfregel 10: VSR-Typ in Strang übereinstimmend mit Raumbuch

```

MATCH (space:IfcSpace|IfcSpatialZone)-[:belüftet]-(ter:IfcAirTerminal),
      p = (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(fan:Icfan|IcfUnitaryEquipment)
OPTIONAL MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[:zu_Anlage]-(anf:RbAnforderungZone)-[:hat_Anforderung]-(zon:RbZone)-[:umfasst_Bereich]-(ber:RbBereich{ID: space
.GlobalId})
OPTIONAL MATCH (ter)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(med:IcfSystem)
OPTIONAL MATCH (fan)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(anl:IcfSystem)
OPTIONAL MATCH (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(vsr:IcfAirTerminalBox)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(fan)
OPTIONAL MATCH (vsr)-[*2]-(vsr_type:IcfAirTerminalBoxType)

WITH vsr, anf, anl, anf_anl, space, p, fan, med,
CASE
WHEN vsr IS NULL THEN 'keine'
WHEN vsr_type.PredefinedType = 'VARIABLEFLOWPRESSUREINDEPENDANT' THEN 'VAV'
WHEN vsr_type.PredefinedType = 'CONSTANTFLOW' THEN 'CAV'
ELSE 'unbekannt'
END AS zonenregelung

WITH DISTINCT [space, vsr, fan] as combo_svf, space, p,
CASE
WHEN (zonenregelung = anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN true
WHEN (zonenregelung <> anf.Zonenregelung AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID) THEN "Zonenregelung"
ELSE false
END AS anf_erfuellt

// Gruppieren je combo_svf und GlobalIds aus Pfad lesen
WITH space, combo_svf, COLLECT(anf_erfuellt) AS erfuellte_list,
[n IN nodes(p) WHERE NOT n:IcfDistributionPort AND NOT n:IcfRelConnectsPortToElement AND NOT n:IcfRelConnectsPorts | n.GlobalId][0..10] AS path_nodes

// Nur Anforderungen zurückgeben, die keinmal true haben
WHERE NOT true IN erfuellte_list

WITH space, combo_svf, path_nodes, erfuellte_list,
CASE
WHEN "Zonenregelung" IN erfuellte_list THEN "Hinweis: Zonenregelung im Strang stimmt nicht mit Raumbuch überein."
ELSE "Hinweis: Für den Strang befindet sich im Raumbuch keine übereinstimmende Anforderung."
END AS Bemerkung

UNWIND path_nodes AS guids
WITH space.Name AS GlobalIDs_Raum , combo_svf, COLLECT( DISTINCT guids) AS GlobalIDs_Issue, Bemerkung

RETURN GlobalIDs_Raum, GlobalIDs_Issue, Bemerkung

```

### Prüfregel 11: Anforderung Einzel- und Mehrraumzonen

```

MATCH (space:IfcSpace|IfcSpatialZone)-[:belüftet]-(ter:IcfAirTerminal),
      (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(vsr:IcfAirTerminalBox)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(fan:Icfan|IcfUnitaryEquipment)
      p = (ter)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(vsr)
OPTIONAL MATCH (ter)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(med:IcfSystem)
OPTIONAL MATCH (fan)-[:IsGroupedBy|HasAssignments*2]-(anl:IcfSystem)
OPTIONAL MATCH (vsr)-[*2]-(vsr_type:IcfAirTerminalBoxType)
OPTIONAL MATCH (anf_anl:RbAnlage)-[:zu_Anlage]-(anf:RbAnforderungZone)-[:hat_Anforderung]-(zon:RbZone)-[:umfasst_Bereich]-(ber:RbBereich{ID: space.GlobalId})
      WHERE (substring(vsr_type.PredefinedType, 0, 1) = substring(anf.Zonenregelung, 0, 1) AND med.Name = anf.Medium AND anl.Name = anf_anl.ID)
OPTIONAL MATCH (zon)-[:umfasst_Bereich]-(ber:RbBereich)

WITH vsr, zon, space, ber,
[n IN nodes(p) WHERE NOT n:IcfDistributionPort AND NOT n:IcfRelConnectsPortToElement AND NOT n:IcfRelConnectsPorts | n.GlobalId][0..10] AS path_nodes
UNWIND path_nodes as guids

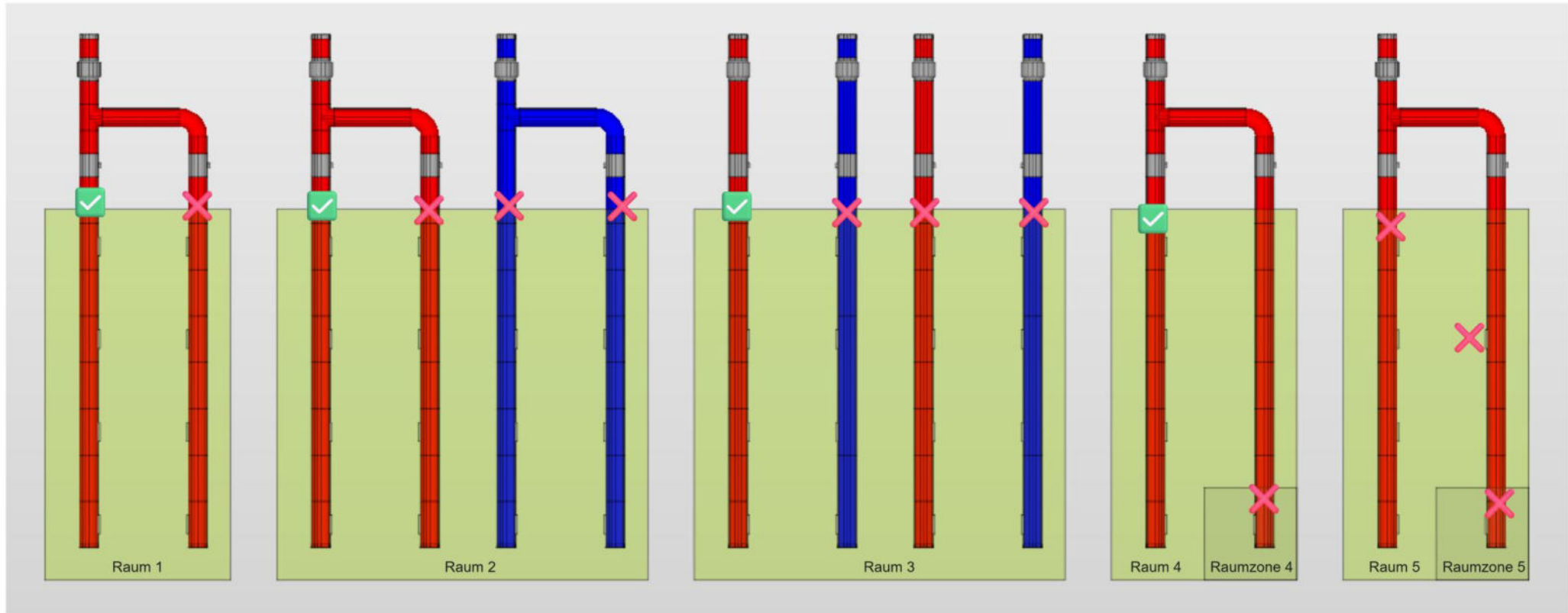
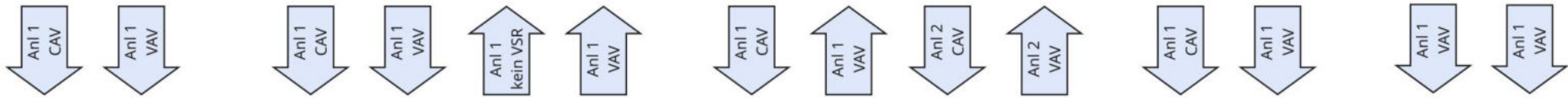
WITH vsr, COLLECT(DISTINCT zon) as zone_list, COLLECT( DISTINCT space) AS space_list, COLLECT(DISTINCT ber) AS ber_list, COLLECT(DISTINCT guids) as
nodes
WHERE SIZE(ber_list) <> SIZE(space_list) OR SIZE(zone_list) > 1

WITH vsr, nodes,
CASE
WHEN SIZE(zone_list) > 1 THEN "Hinweis: Der VSR belüftet mehrere Lüftungszonen."
WHEN SIZE(ber_list) = 1 THEN "Hinweis: Raumbuch sieht eine Einzelraumzone vor."
WHEN SIZE(ber_list) > 1 AND SIZE(space_list) > 1 THEN "Hinweis: Anzahl der belüfteten Räume durch VSR stimmt nicht überein."
WHEN SIZE(ber_list) > 1 AND SIZE(space_list) = 1 THEN "Hinweis: Raumbuch sieht keine Einzelraumzone vor."
ELSE "Hinweis: Keine übereinstimmenden Anforderungen zu Zone."
END AS Bemerkung

RETURN vsr.GlobalId, Bemerkung, nodes AS GlobalIDs_Issue

```

## Validierung 01 | Modellkombination Einzelraumzonen mit Raumbuch 01



### Raumbuch 01:

- alles Einzelraumzonen
- alles CAV
- alles LA01

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

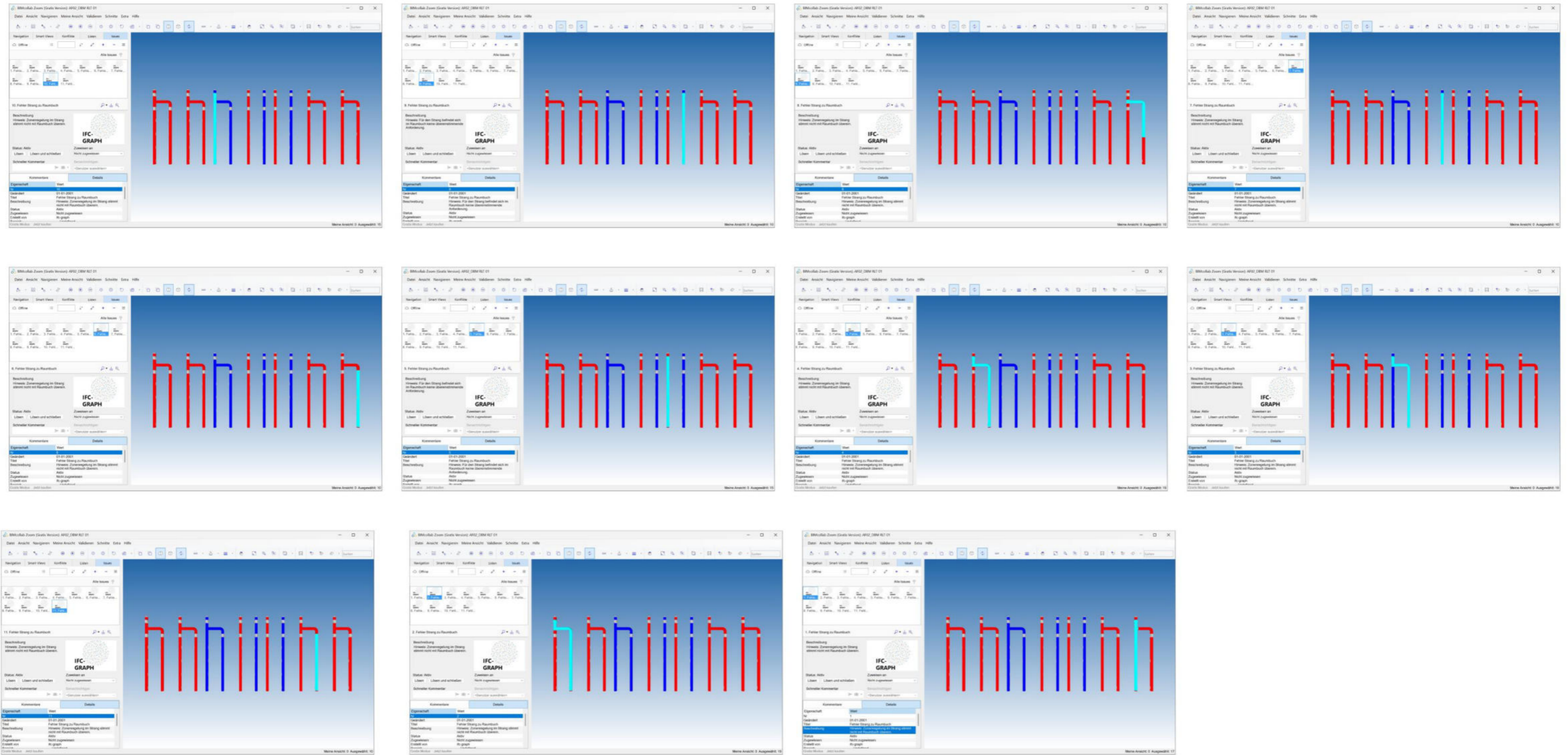
## Raumbuch 01

### für Modellkombination Einzelraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID02	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID03	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID04	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID05	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$H8	IfcSpace
AnfZonID06	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID07	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$A	IfcSpatialZone
AnfZonID08	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID09	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID10	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID11	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID12	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$H8	IfcSpace
AnfZonID13	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID14	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$A	IfcSpatialZone

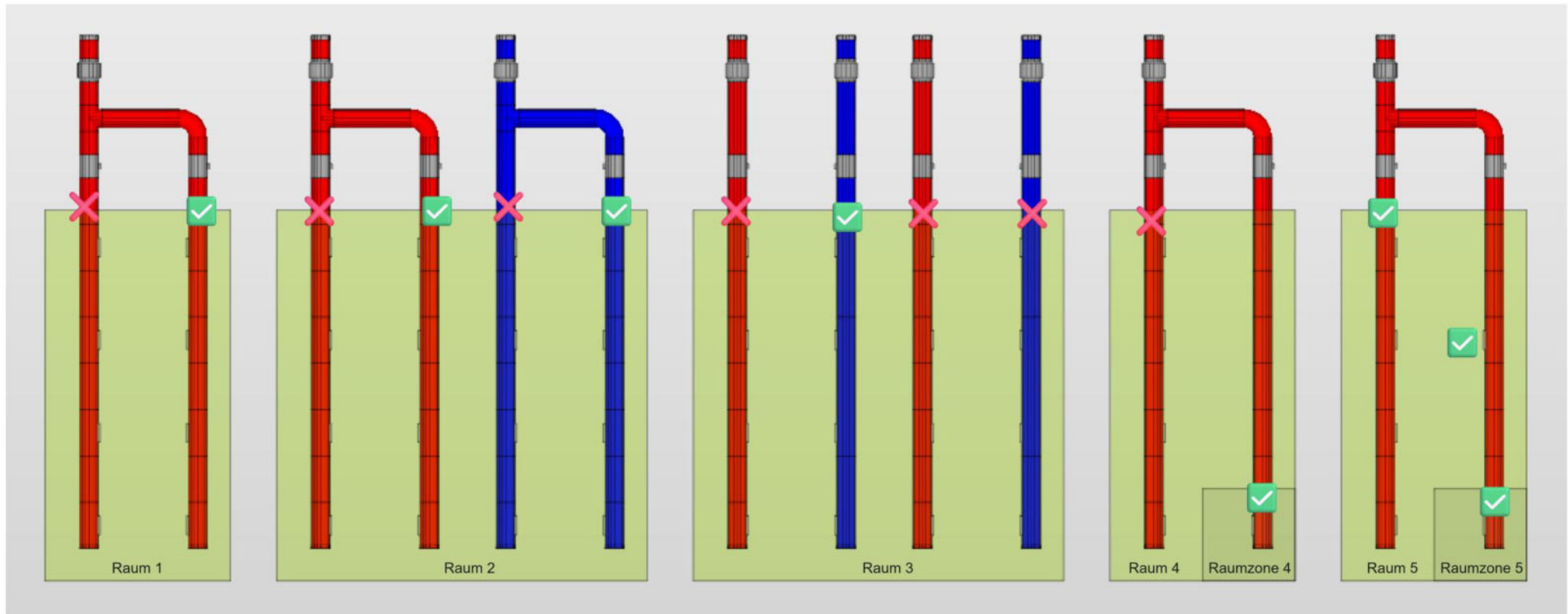
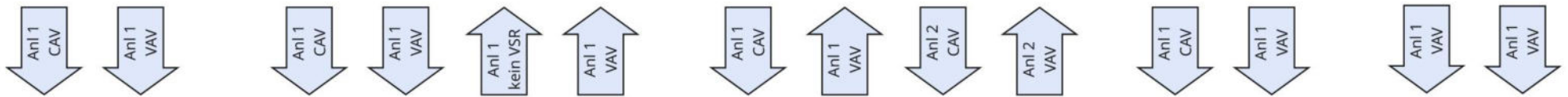
# Auswertung der Rückgabe

## Validierung 01 von Modellkombination Einzelraumzonen



**Auswertung:**  
 Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
 Bei den Anlage 02 Strängen keine übereinstimmende Anforderung im Raumbuch, da falsche Anlage, bei allen anderen falsche Zonenregelung.

## Validierung 02 | Modellkombination Einzelraumzonen mit Raumbuch 02



### Raumbuch 02:

- alles Einzelraumzonen
- alles VAV
- alles LA01

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

### Bemerkung:

Raum 5: Strang mit VAV zu Raumzone wird fälschlicherweise als richtig erkannt, da Anlage, Zonenregelung und Medium korrekt sind. Erkennung erfolgt durch Prüfung Mehrraum- / Einzelraumzone.

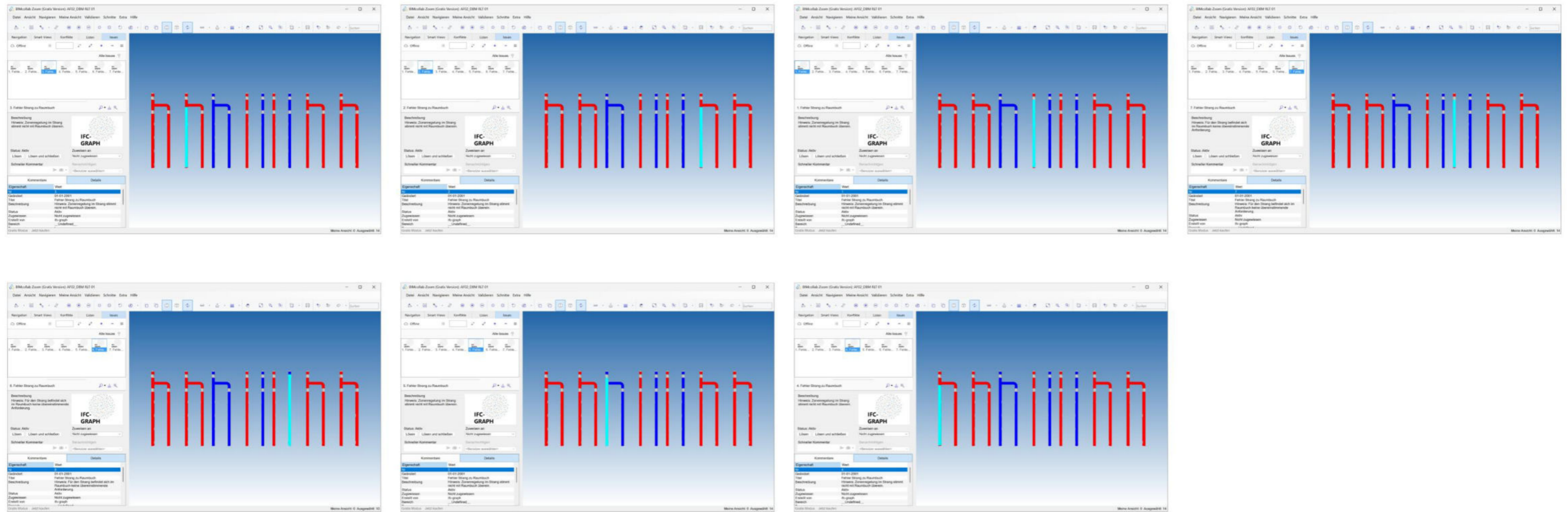
## Raumbuch 02

### für Modellkombination Einzelraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnlID	AnlName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID02	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID03	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1lBxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID04	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID05	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$h8	IfcSpace
AnfZonID06	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID07	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$ä	IfcSpatialZone
AnfZonID08	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID09	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID10	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	1lBxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID11	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID12	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$h8	IfcSpace
AnfZonID13	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID14	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$ä	IfcSpatialZone

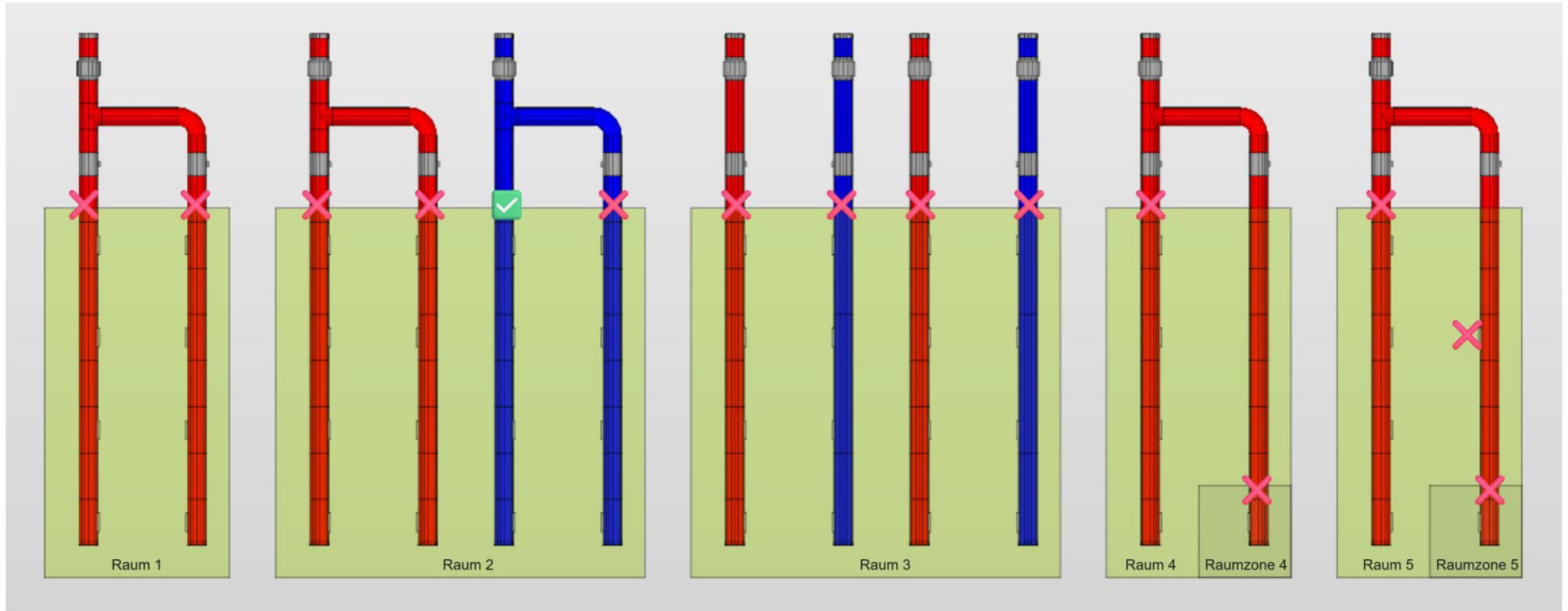
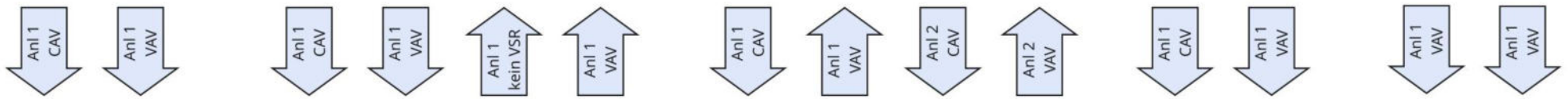
## Auswertung der Rückgabe

### Validierung 02 von Modellkombination Einzelraumzonen



**Auswertung:**  
 Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
 Bei den Anlage 02 Strängen keine übereinstimmende Anforderung im Raumbuch, da falsche Anlage, bei allen anderen falsche Zonenregelung.

## Validierung 03 | Modellkombination Einzelraumzonen mit Raumbuch 03



### Raumbuch 03:

- alles Einzelraumzonen
- alles keine
- alles LA01

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

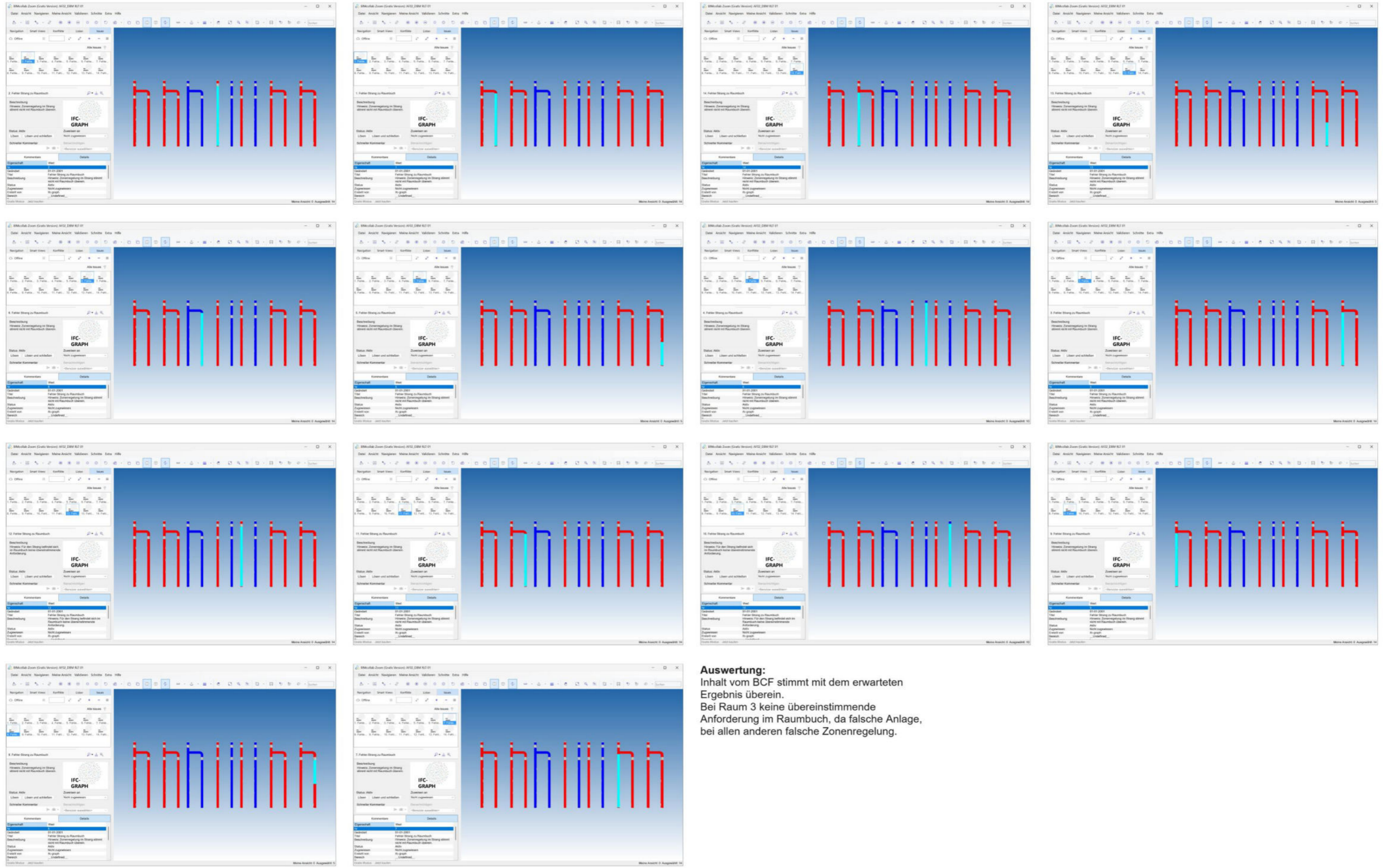
## Raumbuch 03

### für Modellkombination Einzelraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID02	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xj_Sz	IfcSpace
AnfZonID03	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID04	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID05	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$h8	IfcSpace
AnfZonID06	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID07	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$sa	IfcSpatialZone
AnfZonID08	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID09	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xj_Sz	IfcSpace
AnfZonID10	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID11	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID12	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$h8	IfcSpace
AnfZonID13	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID14	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$sa	IfcSpatialZone

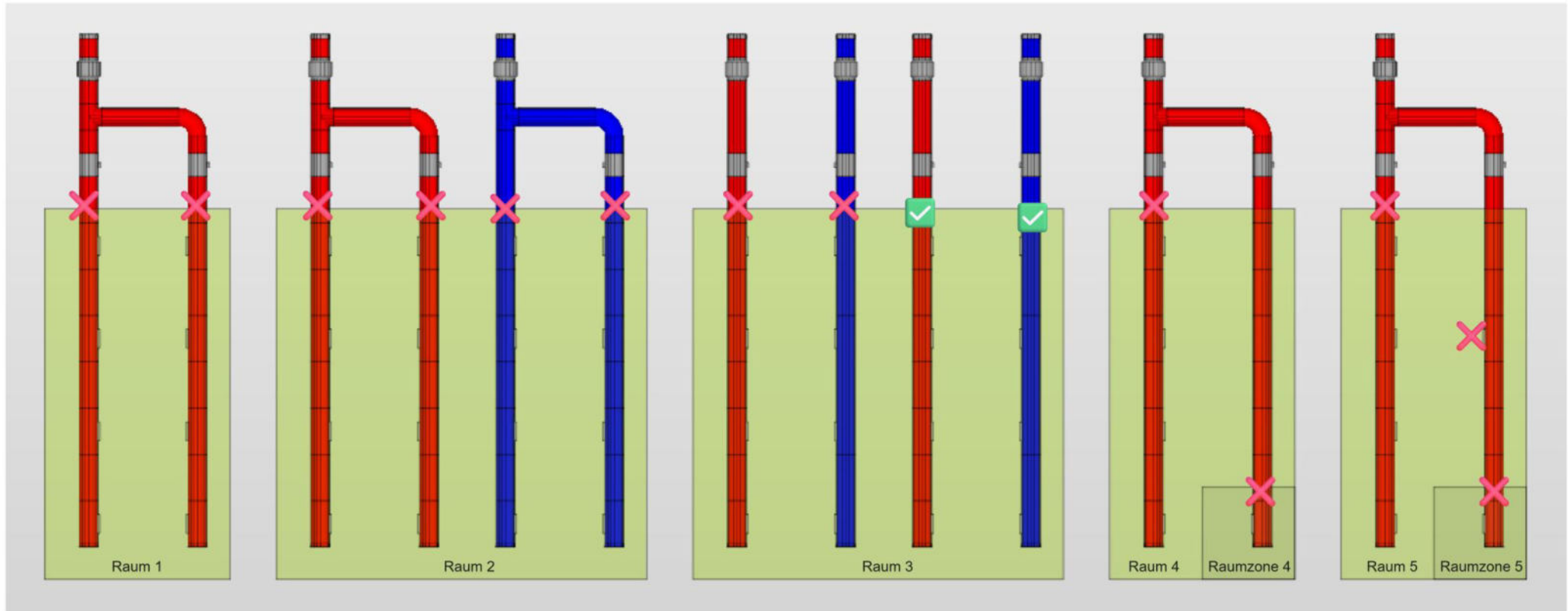
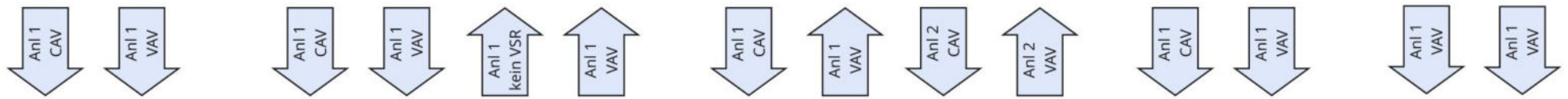
# Auswertung der Rückgabe

## Validierung 03 von Modellkombination Einzelraumzonen



**Auswertung:**  
 Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
 Bei Raum 3 keine übereinstimmende Anforderung im Raumbuch, da falsche Anlage, bei allen anderen falsche Zonenregelung.

## Validierung 04 | Modellkombination Einzelraumzonen mit Raumbuch 04



### Raumbuch 04:

- alles Einzelraumzonen
- alles LA02
- bei LA02 korrekte VSR

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

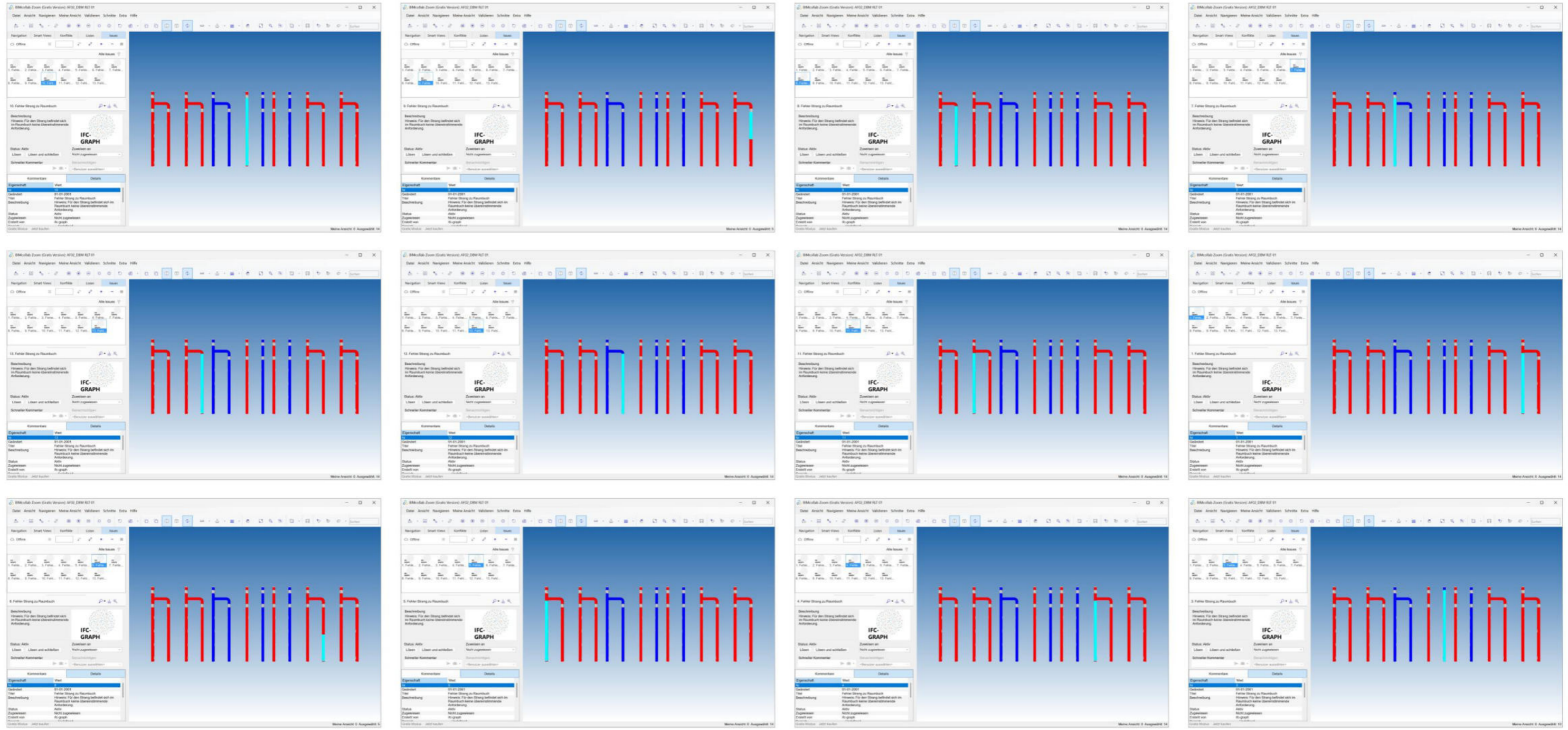
## Raumbuch 04

### für Modellkombination Einzelraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID02	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID03	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	1lBxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID04	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID05	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$H8	IfcSpace
AnfZonID06	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID07	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$A	IfcSpatialZone
AnfZonID08	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID09	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID10	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	1lBxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID11	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID12	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$H8	IfcSpace
AnfZonID13	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID14	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$A	IfcSpatialZone

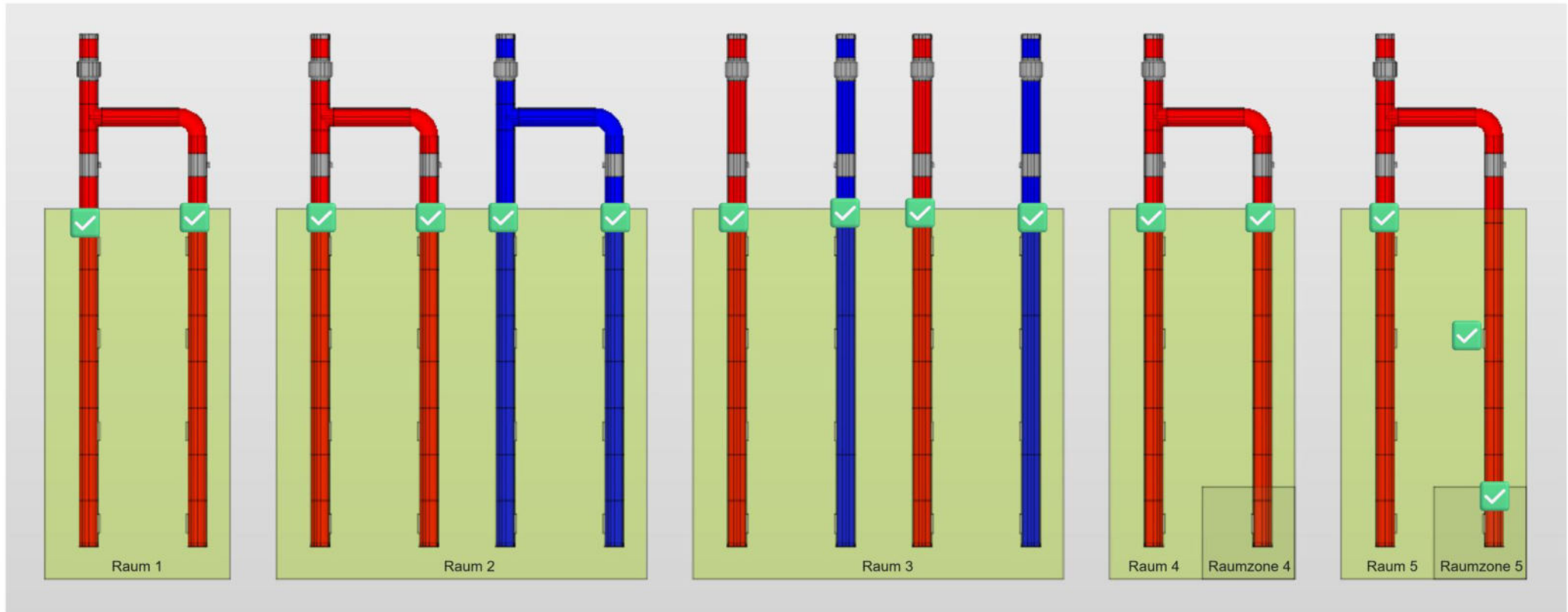
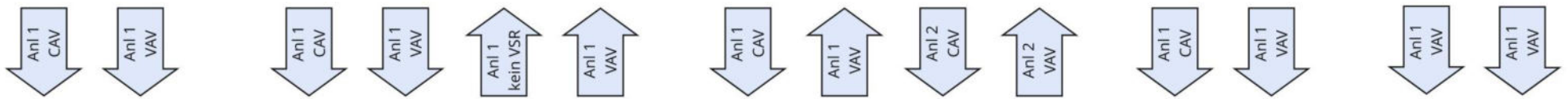
# Auswertung der Rückgabe

## Validierung 04 von Modellkombination Einzelraumzonen



**Auswertung:**  
Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
Bei allen keine übereinstimmende Anforderung, da falsche Anlage hinterlegt.

## Validierung 05 | Modellkombination Einzelraumzonen mit Raumbuch 05



### Raumbuch 04:

- alles Einzelraumzonen
- alle Anlagen korrekt nach RLT-Modell
- alle VSR korrekt nach RLT-Modell

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

### Bemerkung:

Raum 5: Strang mit VAV zu Raumzone wird fälschlicherweise als richtig erkannt, da Anlage, Zonenregelung und Medium korrekt sind. Erkennung erfolgt durch Prüfung Mehrraum- / Einzelraumzone.

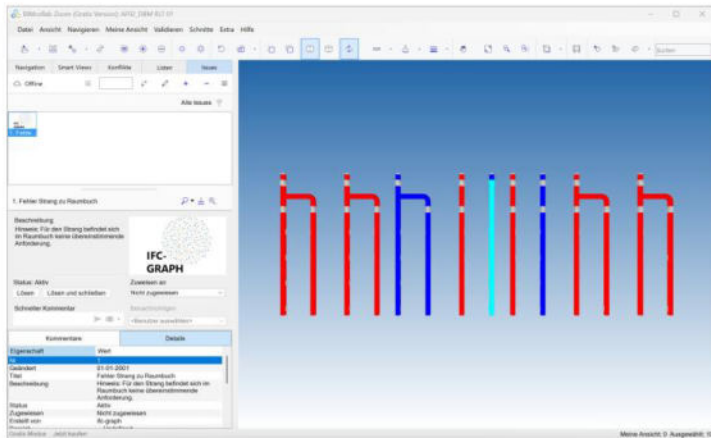
## Raumbuch 05

für Modellkombination Einzelraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID02	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID03	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID04	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID05	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID06	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID07	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID08	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID09	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID10	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID11	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID12	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$H8	IfcSpace
AnfZonID13	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID14	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$A	IfcSpatialZone

## Auswertung der Rückgabe

### Validierung 05 von Modellkombination Einzelraumzonen



#### Auswertung:

Inhalt vom BCF stimmt *nicht* mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
Kein Fehler erwartete einen erhalten. Fehler liegt im Raumbuch (siehe Markierung im Bild unten).

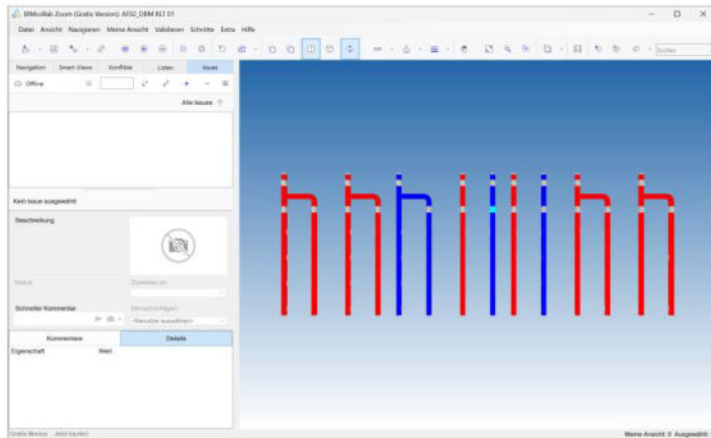
AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnlID	AnlName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone01	ERZ_Raum1	mechanisch	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID02	Zone01	ERZ_Raum1	mechanisch	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	IfcSpace
AnfZonID03	Zone02	ERZ_Raum2	mechanisch	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID04	Zone02	ERZ_Raum2	mechanisch	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID05	Zone02	ERZ_Raum2	mechanisch	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID06	Zone02	ERZ_Raum2	mechanisch	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	IfcSpace
AnfZonID07	Zone03	ERZ_Raum3	mechanisch	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID08	Zone03	ERZ_Raum3	mechanisch	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID09	Zone03	ERZ_Raum3	mechanisch	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID10	Zone03	ERZ_Raum3	mechanisch	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	1lbxTox1j01A_ASCm1AUwx	IfcSpace
AnfZonID11	Zone04	ERZ_Raum4	mechanisch	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	IfcSpace
AnfZonID12	Zone05	ERZ_Raum5	mechanisch	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$H8	IfcSpace
AnfZonID13	Zone06	ERZ_Raum6	mechanisch	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID14	Zone07	ERZ_Raum7	mechanisch	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$A	IfcSpatialZone

#### Bemerkung:

Zwei identische Einträge.  
Sie müssten sich beim Medium der Zonenanforderung unterscheiden.

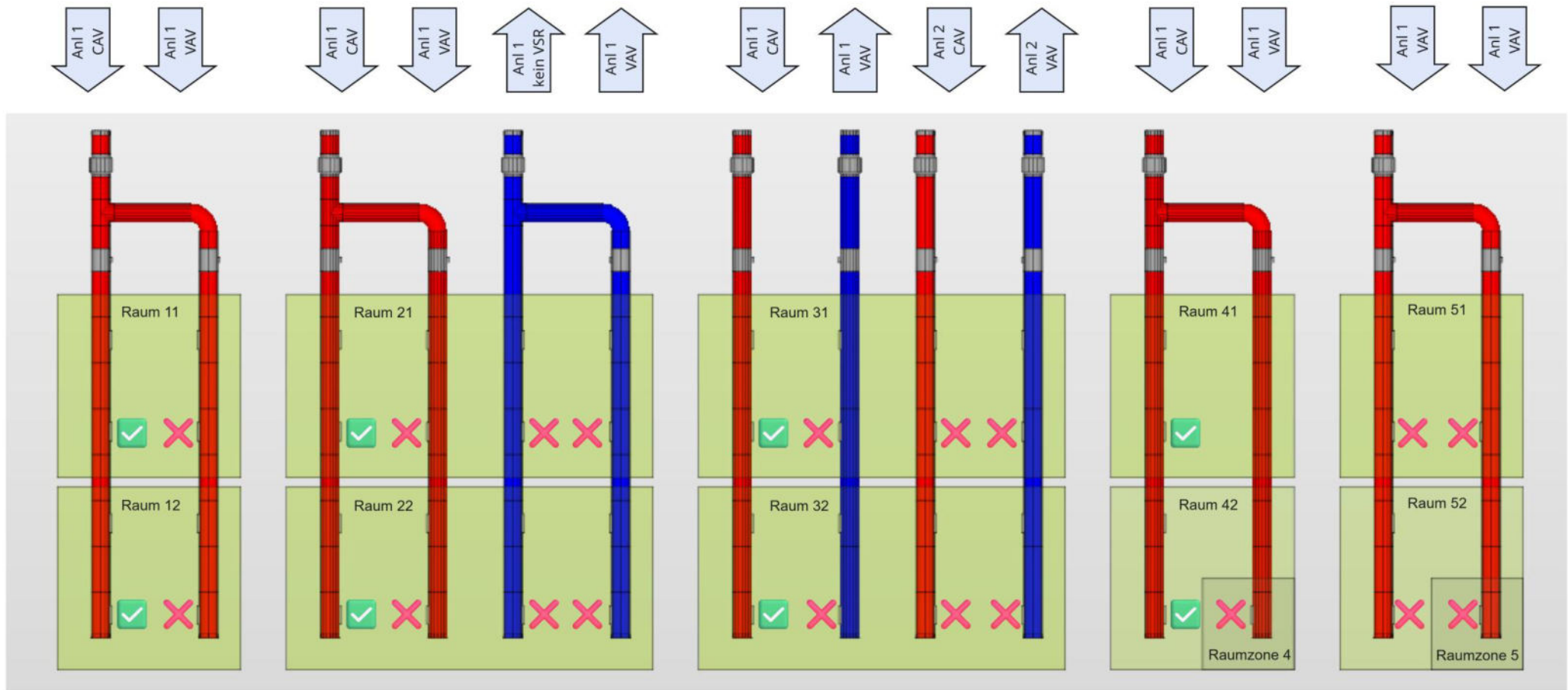
## Auswertung der Rückgabe

### Validierung 05 von Modellkombination Einzelraumzonen



**Auswertung:**  
Bei korrigiertem Raumbuch erfolgt die Erstellung eines BCF ohne Issues.

## Validierung 06 | Modellkombination Mehrraumzonen mit Raumbuch 06



### Raumbuch 06:

- alles Mehrraumzonen
- alles CAV
- alles LA01

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

### Bemerkung:

Raum 51: Strang mit VAV zu Raumzone 5 wird fälschlicherweise als richtig erkannt, da Anlage, Zonenregelung und Medium korrekt sind. Erkennung erfolgt durch Prüfung Mehrraum- / Einzelraumzone.

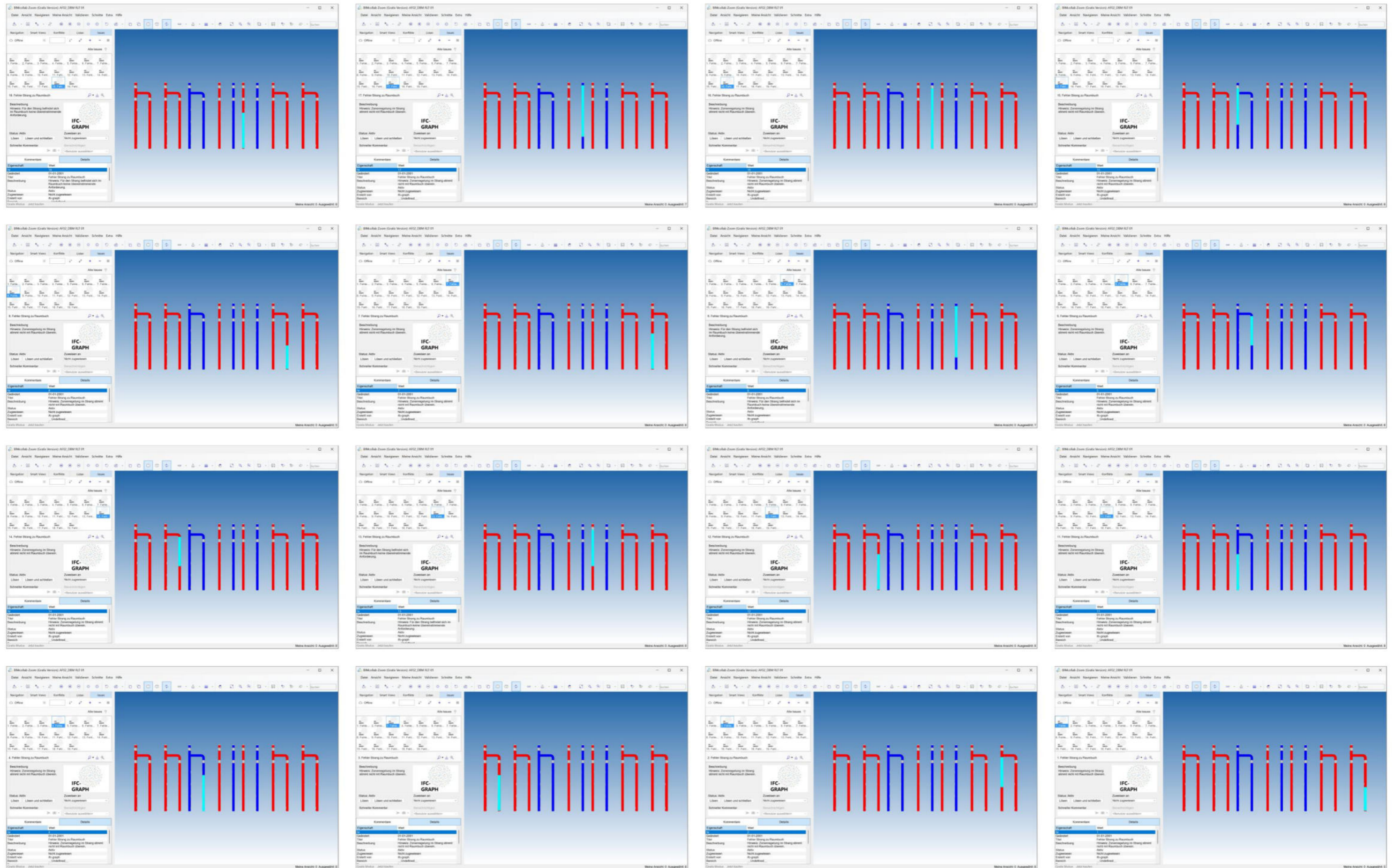
## Raumbuch 06

## für Modellkombination Mehrraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	IfcSpace
AnfZonID02	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	IfcSpace
AnfZonID03	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	IfcSpace
AnfZonID04	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	IfcSpace
AnfZonID05	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	IfcSpace
AnfZonID06	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	IfcSpace
AnfZonID07	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZonID08	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZonID09	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZonID10	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZonID11	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZonID12	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZonID13	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwvOmzbKz8g8V	IfcSpace
AnfZonID14	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwvOmzbKz8g8V	IfcSpace
AnfZonID15	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	IfcSpace
AnfZonID16	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	IfcSpace
AnfZonID17	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	IfcSpace
AnfZonID18	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	IfcSpace
AnfZonID19	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	IfcSpace
AnfZonID20	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Abluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	IfcSpace
AnfZonID21	Zone41	ERZ_RZ4	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID22	Zone51	ERZ_RZ5	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$a	IfcSpatialZone

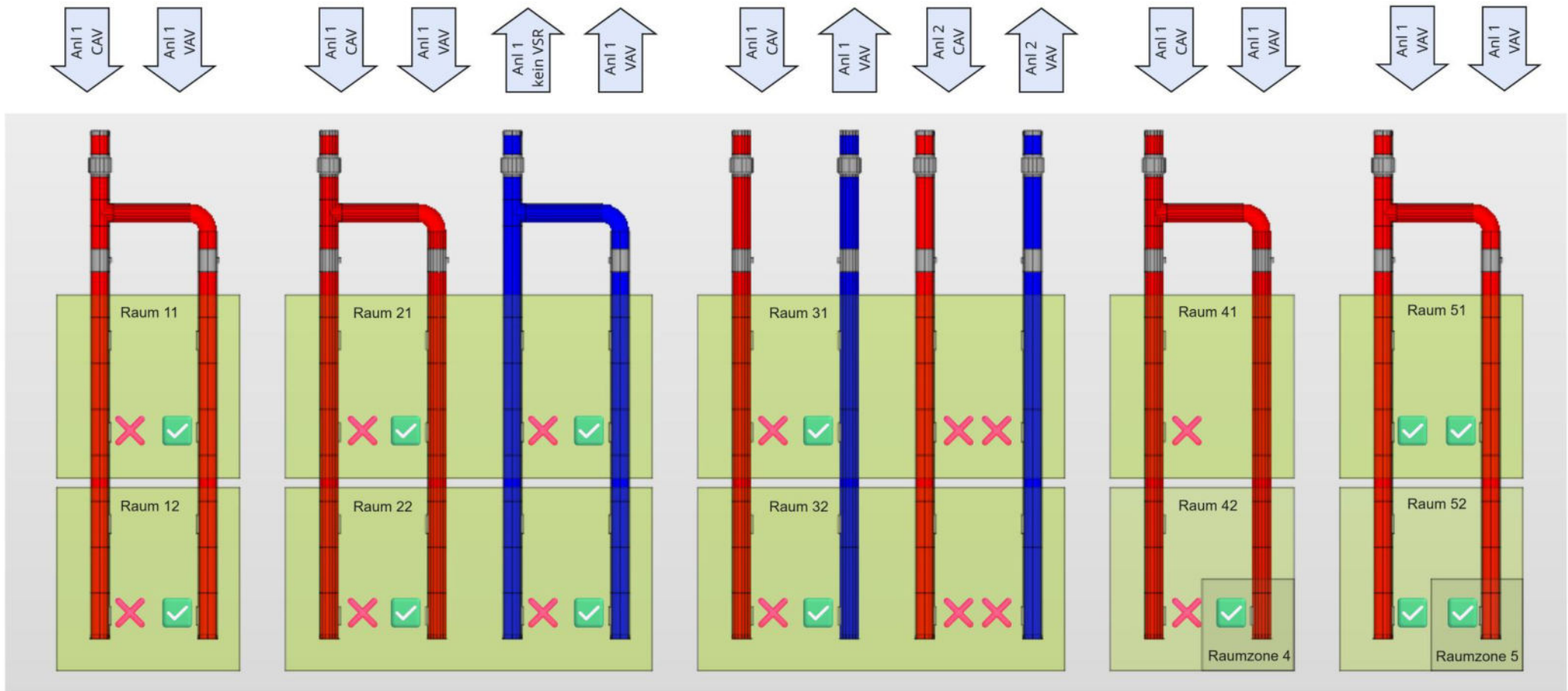
# Auswertung der Rückgabe vom PoC

## Validierung 06 von Modellkombination Mehrraumzonen





## Validierung 07 | Modellkombination Mehrraumzone mit Raumbuch 07



### Raumbuch 07:

- alles Mehrraumzonen
- alles VAV
- alles LA01

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

### Bemerkung:

Raum 5: Strang mit VAV zu Raumzone wird fälschlicherweise als richtig aussortiert. Erkennung erfolgt durch Prüfung Mehrraum- / Einzelraumzone.

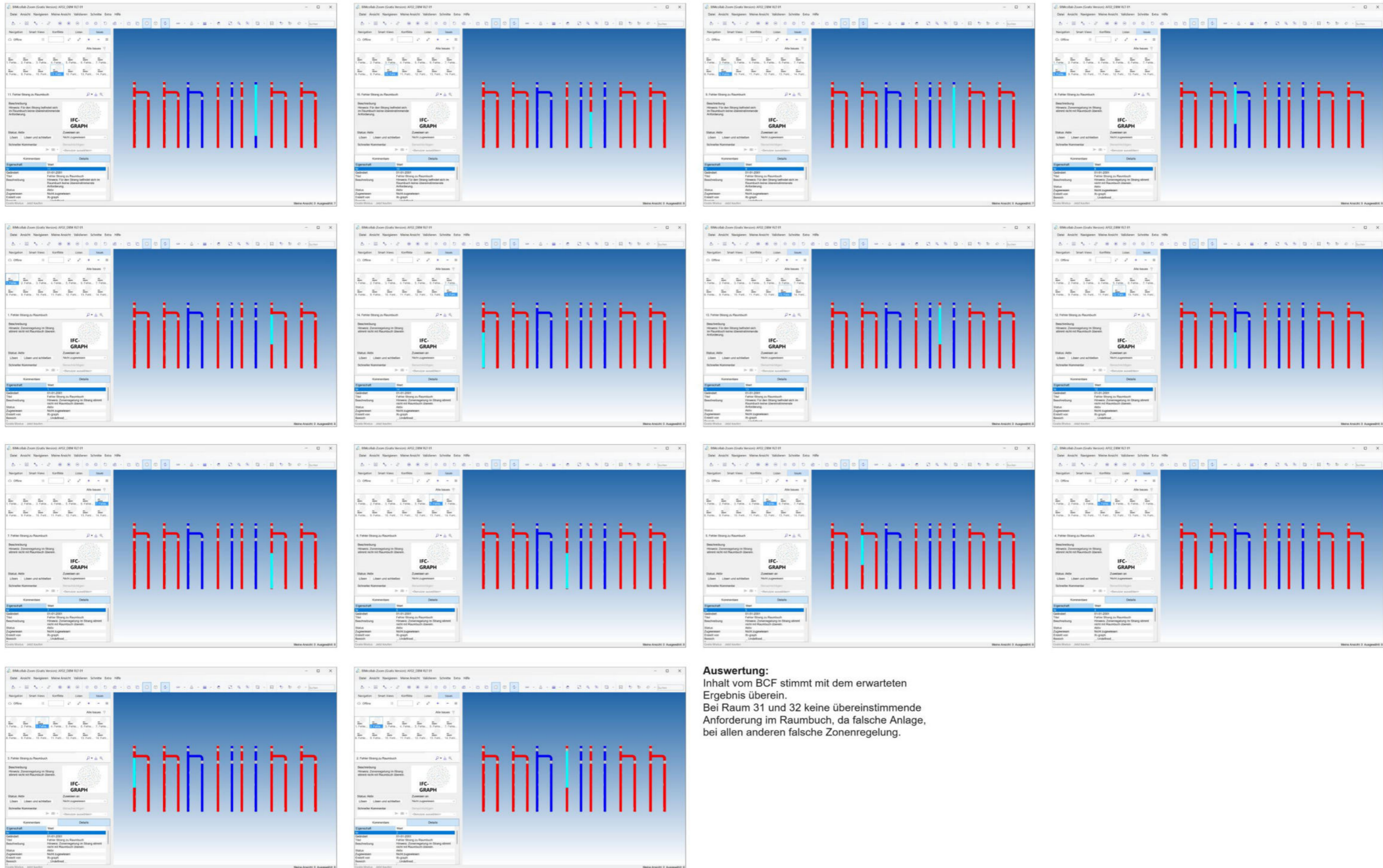
## Raumbuch 07

### für Modellkombination Mehrraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	lfcSpace
AnfZonID02	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	lfcSpace
AnfZonID03	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	lfcSpace
AnfZonID04	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	lfcSpace
AnfZonID05	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIFAn	lfcSpace
AnfZonID06	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIFAn	lfcSpace
AnfZonID07	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID08	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID09	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	lfcSpace
AnfZonID10	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	lfcSpace
AnfZonID11	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID12	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID13	Zone40	MRZ_40	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwvOmzbKz8g8V	lfcSpace
AnfZonID14	Zone40	MRZ_40	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwvOmzbKz8g8V	lfcSpace
AnfZonID15	Zone40	MRZ_40	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	lfcSpace
AnfZonID16	Zone40	MRZ_40	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	lfcSpace
AnfZonID17	Zone50	MRZ_50	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	lfcSpace
AnfZonID18	Zone50	MRZ_50	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	lfcSpace
AnfZonID19	Zone50	MRZ_50	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	lfcSpace
AnfZonID20	Zone50	MRZ_50	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	lfcSpace
AnfZonID21	Zone41	ERZ_RZ4	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	lfcSpatialZone
AnfZonID22	Zone51	ERZ_RZ5	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$a	lfcSpatialZone

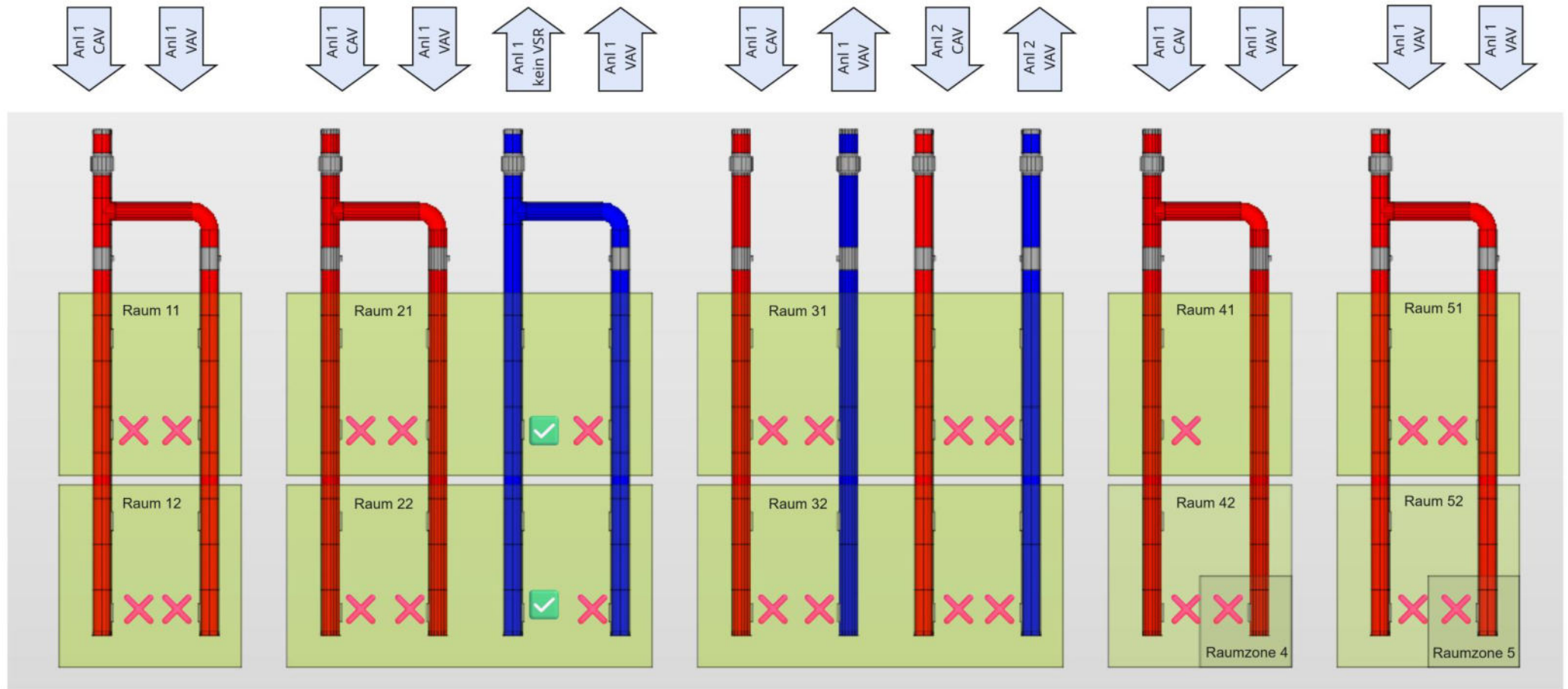
# Auswertung der Rückgabe vom PoC

## Validierung 07 von Modellkombination Mehrraumzonen



**Auswertung:**  
 Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
 Bei Raum 31 und 32 keine übereinstimmende Anforderung im Raumbuch, da falsche Anlage, bei allen anderen falsche Zonenregelung.

## Validierung 08 | Modellkombination Mehrraumzone mit Raumbuch 08



### Raumbuch 08:

- alles Mehrraumzonen
- alles keine
- alles LA01

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

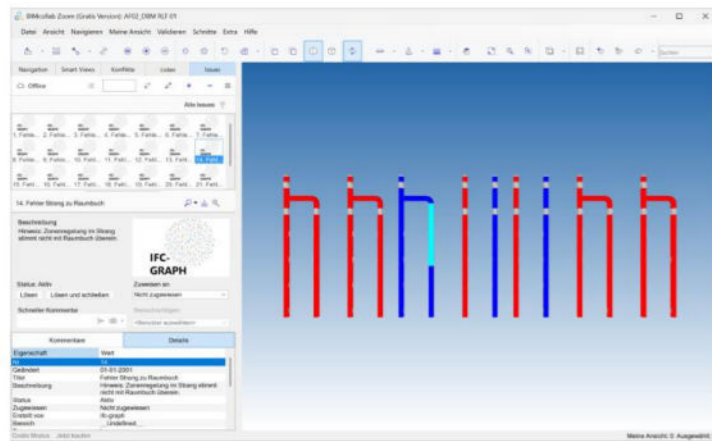
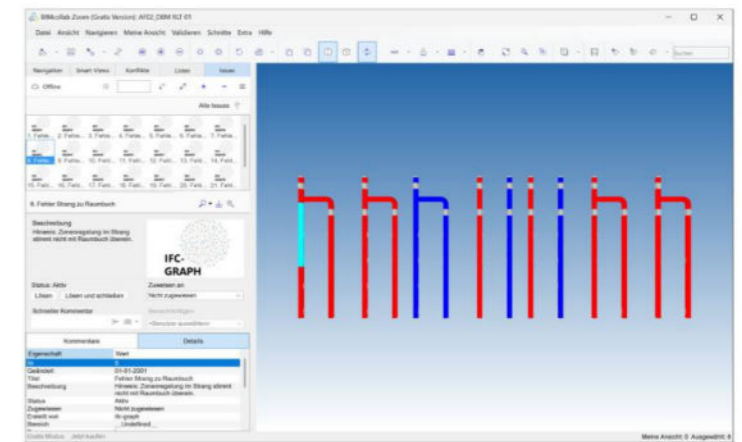
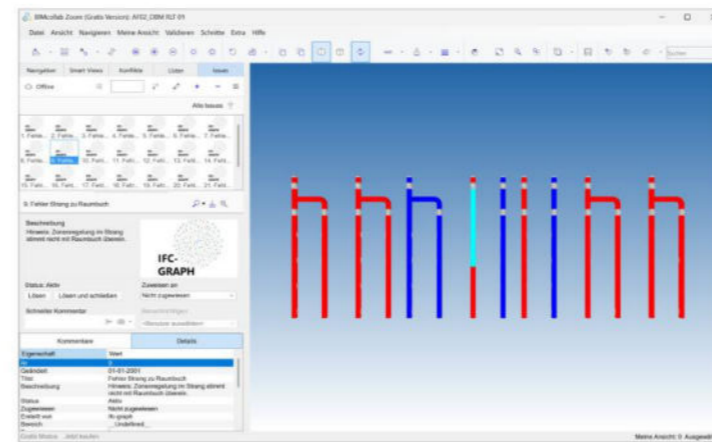
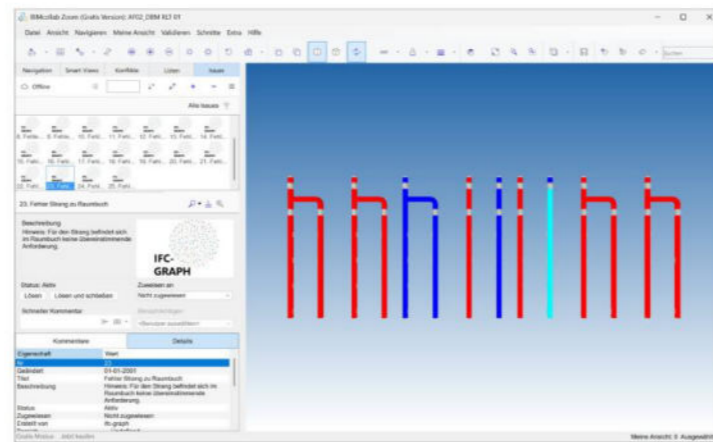
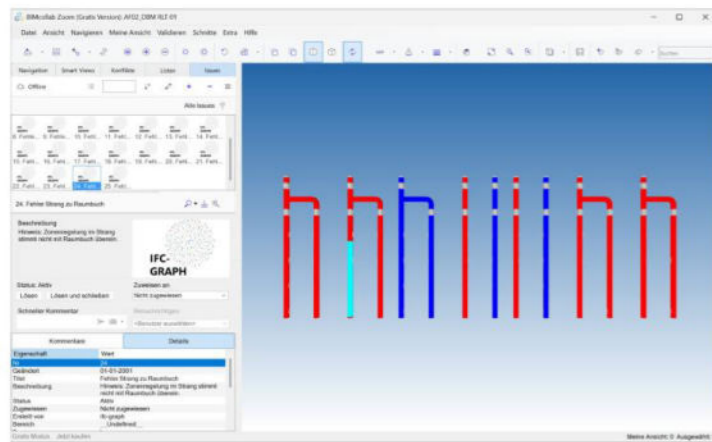
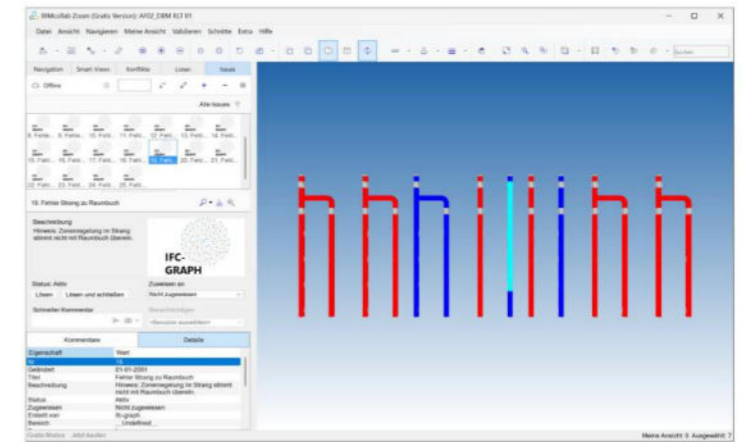
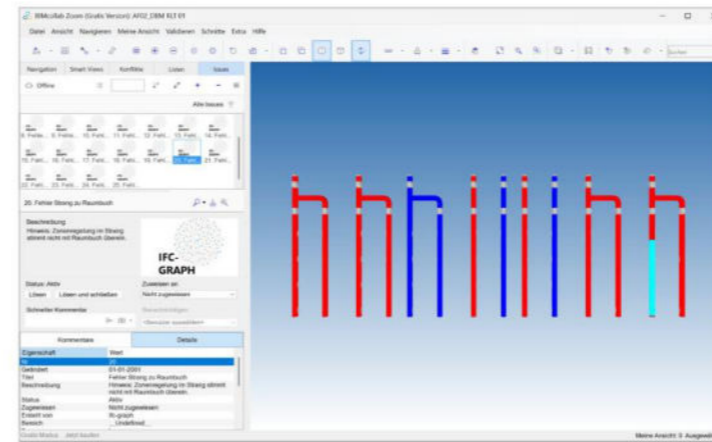
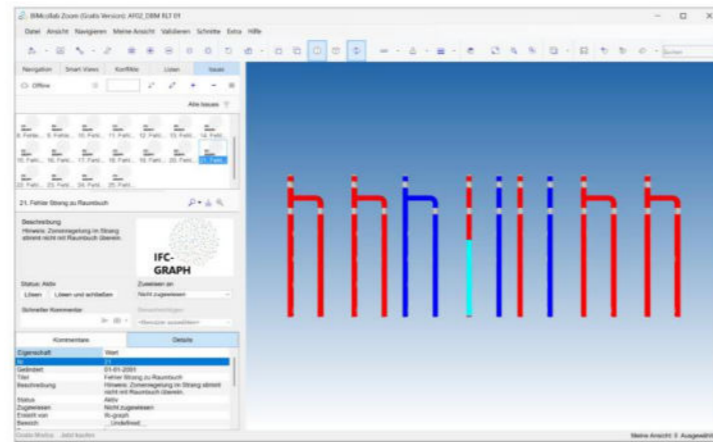
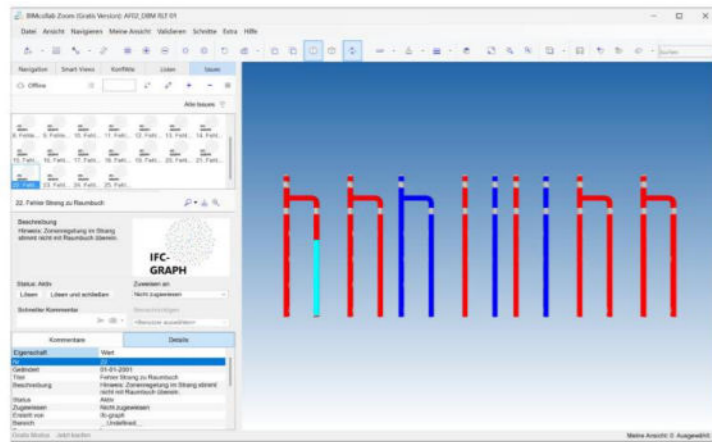
## Raumbuch 08

### für Modellkombination Mehrraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnlName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone10	MRZ_10	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	lfcSpace
AnfZonID02	Zone10	MRZ_10	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	lfcSpace
AnfZonID03	Zone10	MRZ_10	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	lfcSpace
AnfZonID04	Zone10	MRZ_10	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	lfcSpace
AnfZonID05	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIFAn	lfcSpace
AnfZonID06	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIFAn	lfcSpace
AnfZonID07	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID08	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID09	Zone30	MRZ_30	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	lfcSpace
AnfZonID10	Zone30	MRZ_30	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	lfcSpace
AnfZonID11	Zone30	MRZ_30	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID12	Zone30	MRZ_30	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID13	Zone40	MRZ_40	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwvOmzbKz8g8V	lfcSpace
AnfZonID14	Zone40	MRZ_40	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwvOmzbKz8g8V	lfcSpace
AnfZonID15	Zone40	MRZ_40	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	lfcSpace
AnfZonID16	Zone40	MRZ_40	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	lfcSpace
AnfZonID17	Zone50	MRZ_50	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	lfcSpace
AnfZonID18	Zone50	MRZ_50	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	lfcSpace
AnfZonID19	Zone50	MRZ_50	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	lfcSpace
AnfZonID20	Zone50	MRZ_50	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	lfcSpace
AnfZonID21	Zone41	ERZ_RZ4	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	lfcSpatialZone
AnfZonID22	Zone51	ERZ_RZ5	mechansich	keine	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$a	lfcSpatialZone

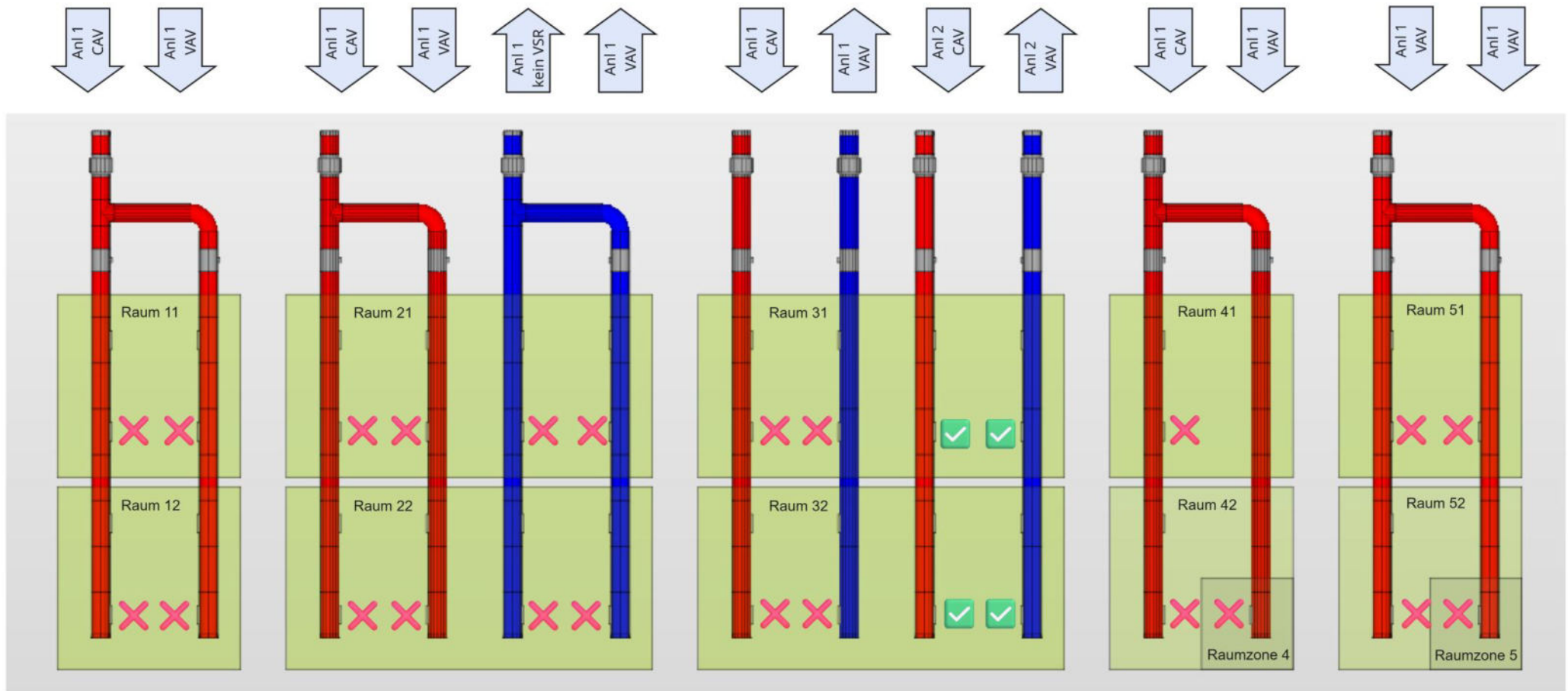


## Auswertung der Rückgabe vom PoC Validierung 05 von Modellkombination Einzelraumzonen



**Auswertung:**  
 Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten  
 Ergebnis überein.  
 Bei Raum 31 und 32 keine übereinstimmende  
 Anforderung im Raumbuch, da falsche Anlage,  
 bei allen anderen falsche Zonenregelung.

## Validierung 09 | Modellkombination Mehrraumzone mit Raumbuch 09



### Raumbuch 09:

- alles Mehrraumzonen
- alles LA02
- bei LA02 korrekte VSR

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

## Raumbuch 09

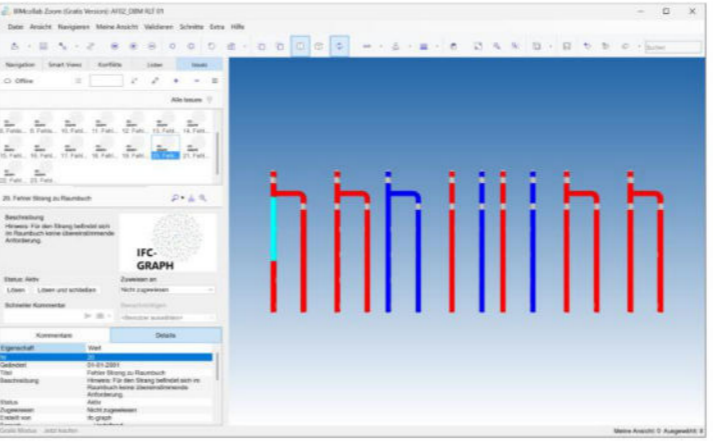
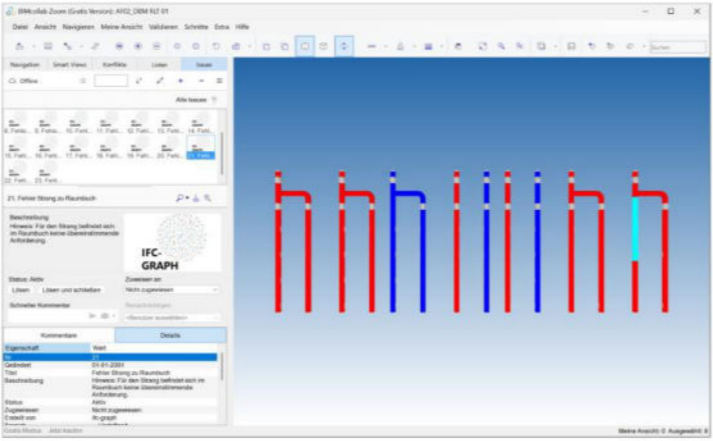
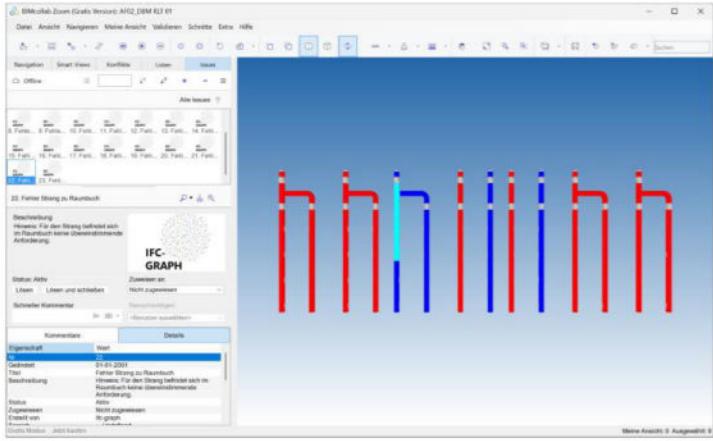
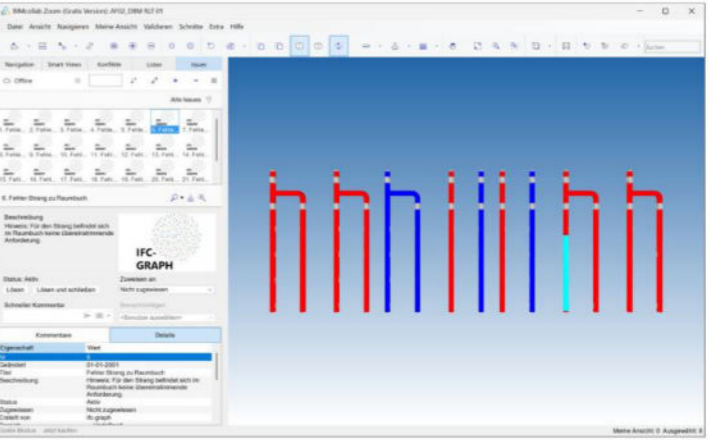
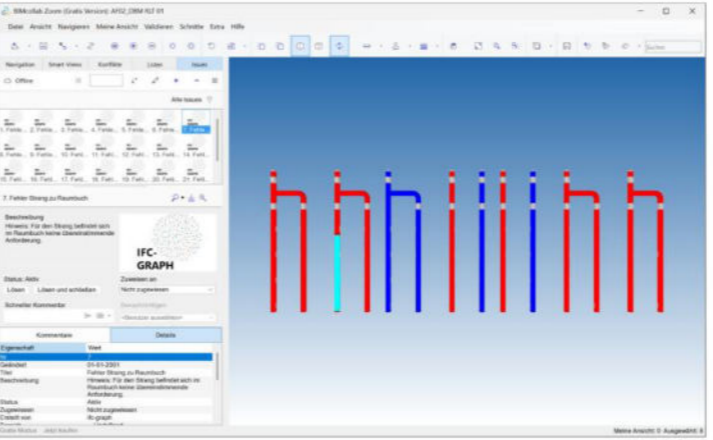
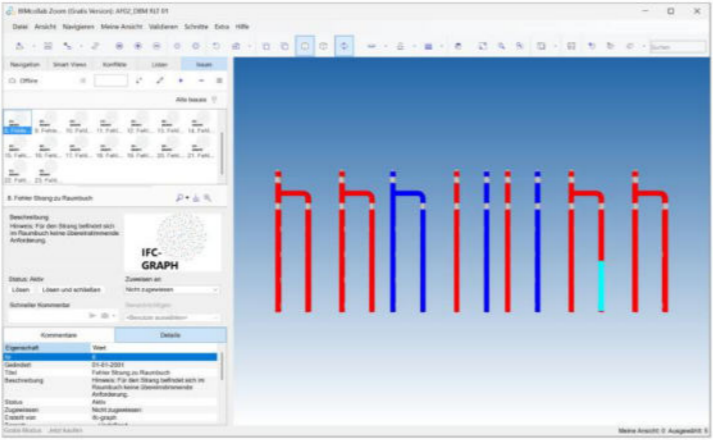
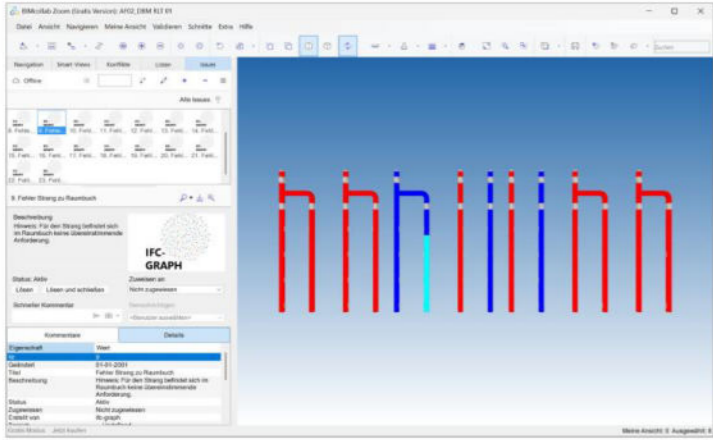
### für Modellkombination Mehrraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0FPRKnI NrEguU1Iparb3o\$	IfcSpace
AnfZonID02	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	0FPRKnI NrEguU1Iparb3o\$	IfcSpace
AnfZonID03	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	IfcSpace
AnfZonID04	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	IfcSpace
AnfZonID05	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0N4PndSAfEj9WfuVLlIFAn	IfcSpace
AnfZonID06	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	0N4PndSAfEj9WfuVLlIFAn	IfcSpace
AnfZonID07	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA02	Anlage02	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZonID08	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZonID09	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZonID10	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZonID11	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZonID12	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZonID13	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZonID14	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZonID15	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZonID16	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZonID17	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	2AUJc65kXBwwOmzbKz8g8V	IfcSpace
AnfZonID18	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	2AUJc65kXBwwOmzbKz8g8V	IfcSpace
AnfZonID19	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	IfcSpace
AnfZonID20	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	342_exyVv2vBy7R37I5bAY	IfcSpace
AnfZonID21	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	IfcSpace
AnfZonID22	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	IfcSpace
AnfZonID23	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	IfcSpace
AnfZonID24	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Abluft	LA02	Anlage02	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	IfcSpace
AnfZonID25	Zone41	ERZ_RZ4	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZonID26	Zone51	ERZ_RZ5	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$a	IfcSpatialZone



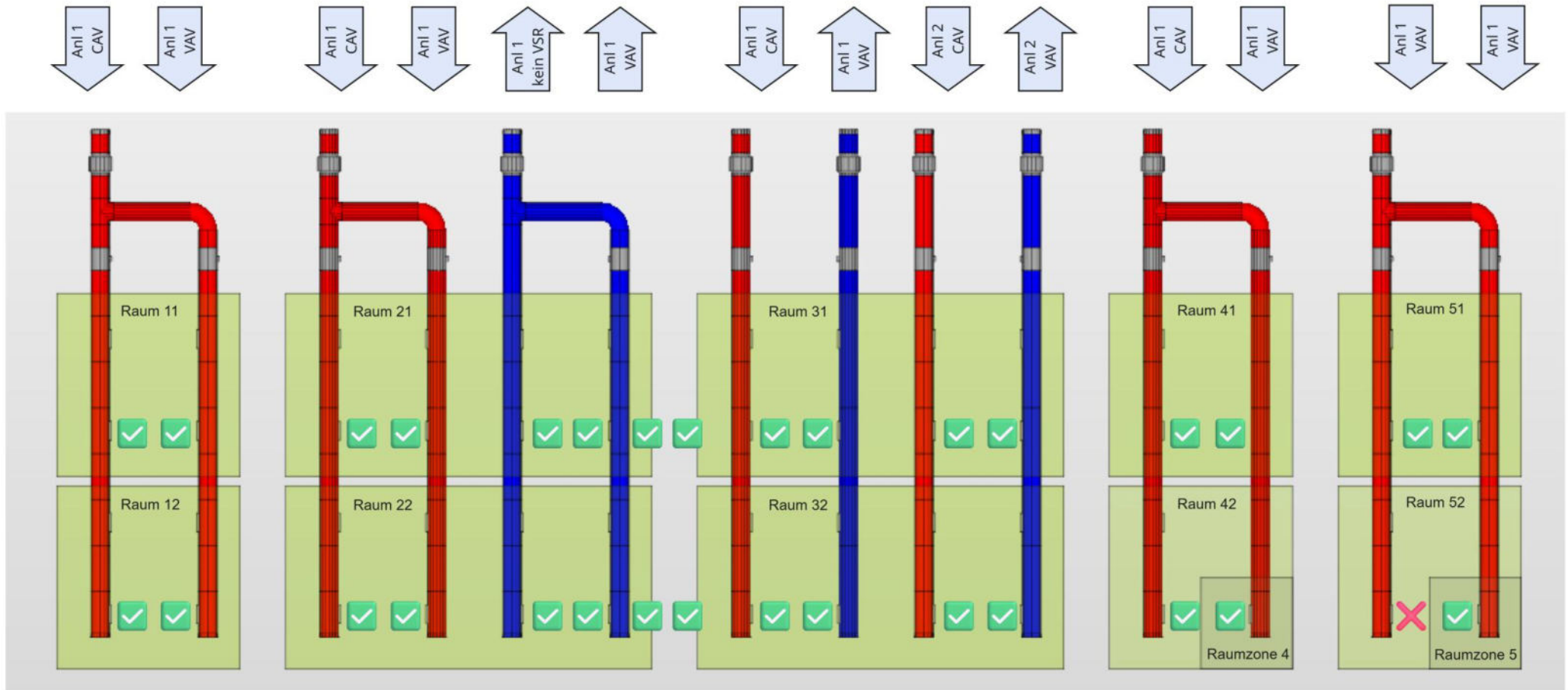
# Auswertung der Rückgabe vom PoC

## Validierung 09 von Modellkombination Mehrraumzonen



**Auswertung:**  
Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
Sämtliche Issues haben keine übereinstimmende Anforderung im Raumbuch, da falsche Anlage in Anforderung hinterlegt ist.

## Validierung 10 | Modellkombination Mehrraumzone mit Raumbuch 10



### Raumbuch 10:

- alles Mehrraumzonen
- alle Anlagen korrekt nach RLT-Modell
- alle VSR korrekt nach RLT-Modell

### Prüfung:

Erkennung falsche Zonenregelung

### Bemerkung:

Raum 51: Strang mit VAV zu Raumzone 5 wird fälschlicherweise als richtig erkannt, da Anlage, Zonenregelung und Medium korrekt sind. Erkennung erfolgt durch Prüfung Mehrraum- / Einzelraumzone.

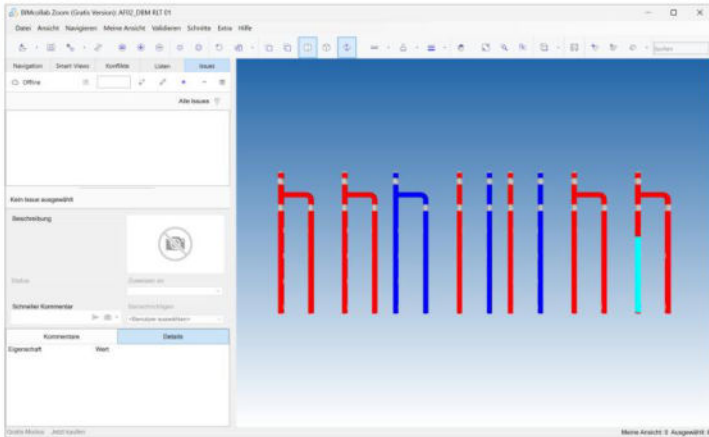
## Raumbuch 10

### für Modellkombination Mehrraumzonen

AnfZoniD	ZoniD	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnlName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZoniD01	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	IfcSpace
AnfZoniD02	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	IfcSpace
AnfZoniD03	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	IfcSpace
AnfZoniD04	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	IfcSpace
AnfZoniD05	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	IfcSpace
AnfZoniD06	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	IfcSpace
AnfZoniD07	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	IfcSpace
AnfZoniD08	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	IfcSpace
AnfZoniD09	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZoniD10	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZoniD11	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZoniD12	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	IfcSpace
AnfZoniD13	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZoniD14	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZoniD15	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZoniD16	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNWq	IfcSpace
AnfZoniD17	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZoniD18	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZoniD19	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZoniD20	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	IfcSpace
AnfZoniD21	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwwOmzbKz8g8V	IfcSpace
AnfZoniD22	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2vBy7R3715bAY	IfcSpace
AnfZoniD23	Zone50	MRZ_50	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	IfcSpace
AnfZoniD24	Zone50	MRZ_50	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	IfcSpace
AnfZoniD25	Zone41	ERZ_RZ4	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	IfcSpatialZone
AnfZoniD26	Zone51	ERZ_RZ5	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$a	IfcSpatialZone

## Auswertung der Rückgabe

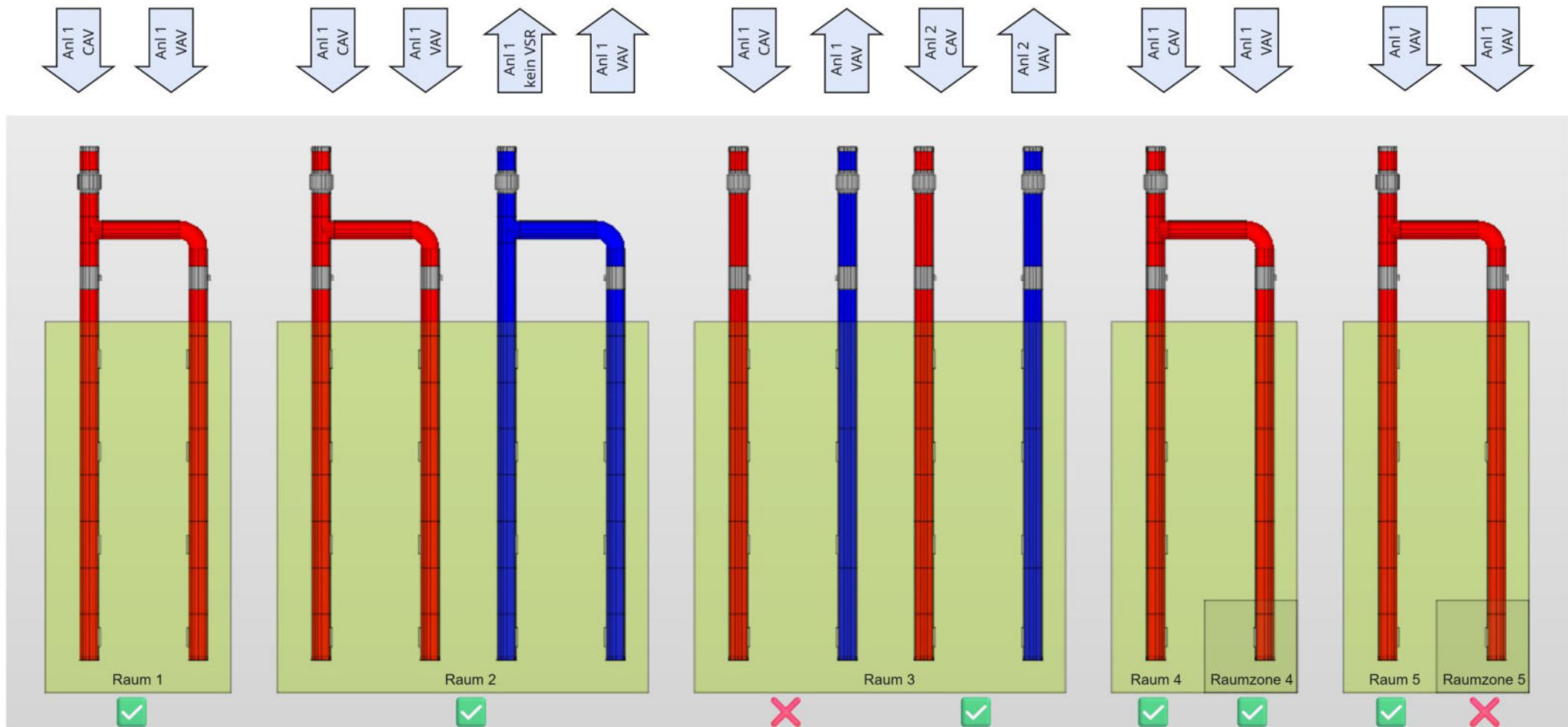
### Validierung 10 von Modellkombination Mehrraumzonen



#### Auswertung:

Korrekte Ausgabe eines BCF ohne Issues.

## Validierung 11 von Modellkombination Einzelraumzonen mit Raumbuch 05



### Raumbuch 11:

Alle Zonenregelungen sind korrekt. Allerdings belüftet Zone 5 als Einzelraumzone 2 Bereiche und Zone 3 belüftet als Mehrraumzone nur ein Raum. Wobei Zone 3 nur den beiden Strängen mit LA01 zugeordnet ist.

### Prüfung:

Erkennung von abweichenden Einzel- und Mehrraumzonen

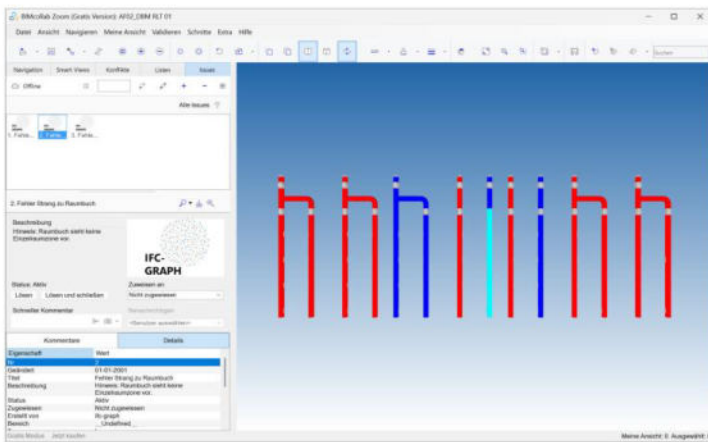
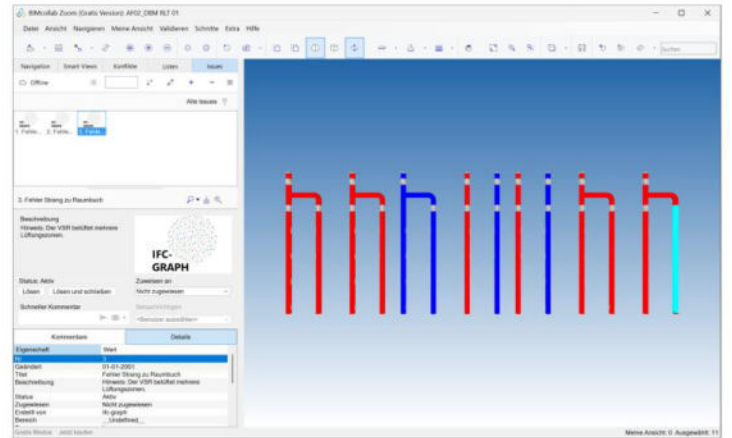
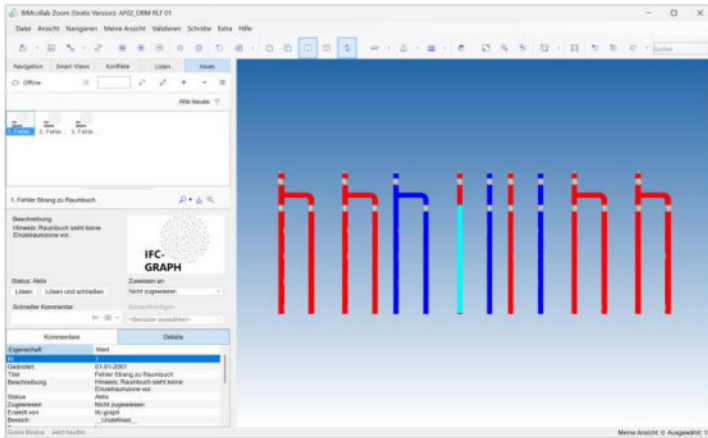
## Raumbuch 11

für Modellkombination Einzelraumzonen

AnfZoniD	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZoniD01	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	lfcSpace
AnfZoniD02	Zone01	ERZ_Raum1	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2hqRa3181C3fXxGQz1Bud8	lfcSpace
AnfZoniD03	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	lfcSpace
AnfZoniD04	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	lfcSpace
AnfZoniD05	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	lfcSpace
AnfZoniD06	Zone02	ERZ_Raum2	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0FmIV2zZf0ggYZuP6xJ_Sz	lfcSpace
AnfZoniD07	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1IbxTox1j01A_ASCm1AUwx	lfcSpace
AnfZoniD08	Zone08	ERZ_Raum3	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	1IbxTox1j01A_ASCm1AUwx	lfcSpace
AnfZoniD09	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	1IbxTox1j01A_ASCm1AUwx	lfcSpace
AnfZoniD10	Zone08	ERZ_Raum3	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	1IbxTox1j01A_ASCm1AUwx	lfcSpace
AnfZoniD11	Zone04	ERZ_Raum4	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	35YCit8_D9p9X1LOH_tMoG	lfcSpace
AnfZoniD12	Zone05	ERZ_Raum5	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0Tewf4iXrD883rD2aP3\$h8	lfcSpace
AnfZoniD13	Zone06	ERZ_Raum6	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	lfcSpatialZone
AnfZoniD14	Zone07	ERZ_Raum7	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$ä	lfcSpatialZone
AnfZoniD15	Zone03	ERZ_Raum3	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$ä	lfcSpatialZone

# Auswertung der Rückgabe

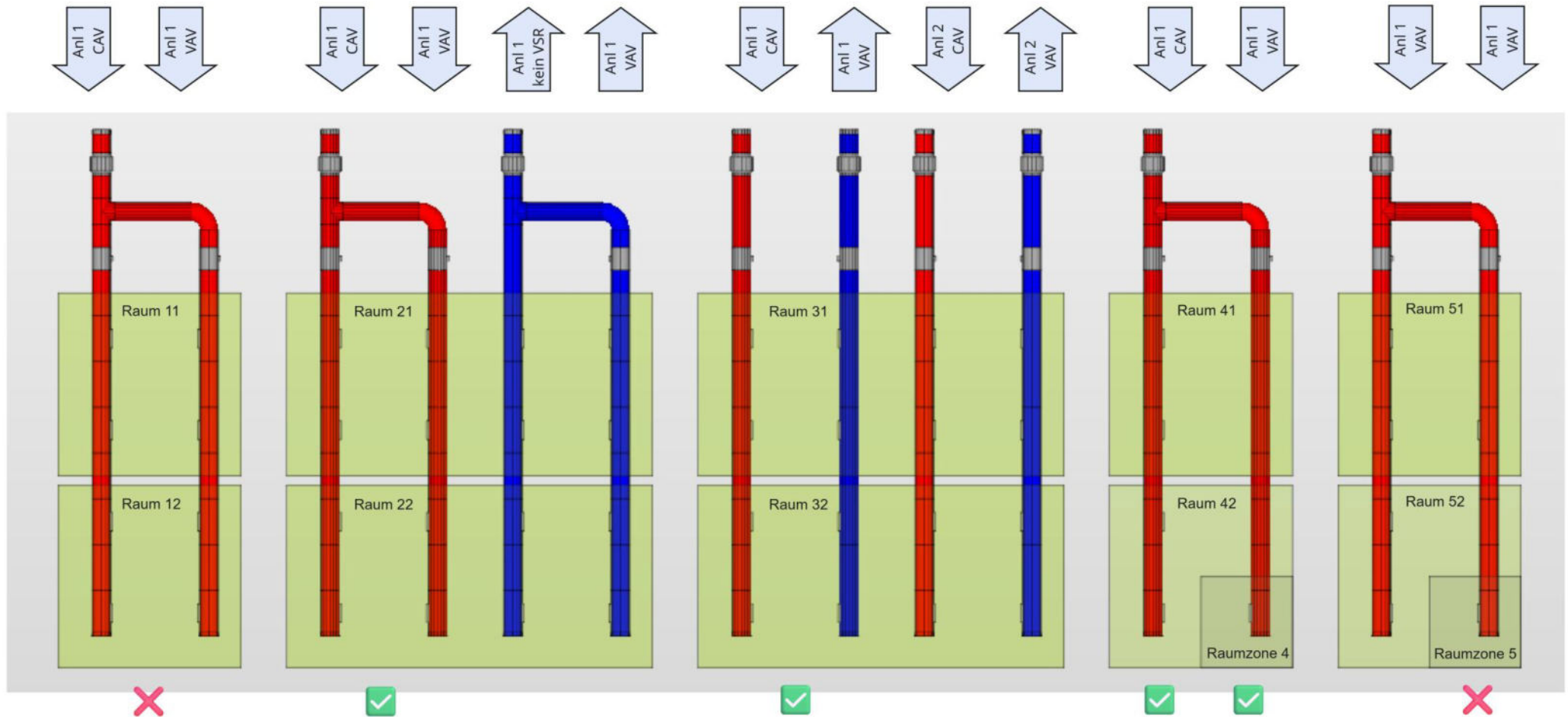
## Validierung 11 von Modellkombination Einzelraumzonen



### Auswertung:

Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
 2x sieht das Raumbuch keine Einzelraumzone vor und 1x wäre eine Einzelraumzone vorgesehen.

## Validierung 12 | Modellkombination Mehrraumzone mit Raumbuch 12



### Raumbuch 11:

Alle Zonenregelungen sind korrekt. Allerdings belüftet Zone 1 einen Bereich zu wenig und Zone 5 belüftet

### Prüfung:

Erkennung von abweichenden Einzel- und Mehrraumzonen

5 als Einzelraumzone 2 Bereiche und Zone 3 belüftete als Mehrraumzone nur ein Raum. Wobei Zone 3 nur den beiden Strängen mit LA01 zugeordnet ist.

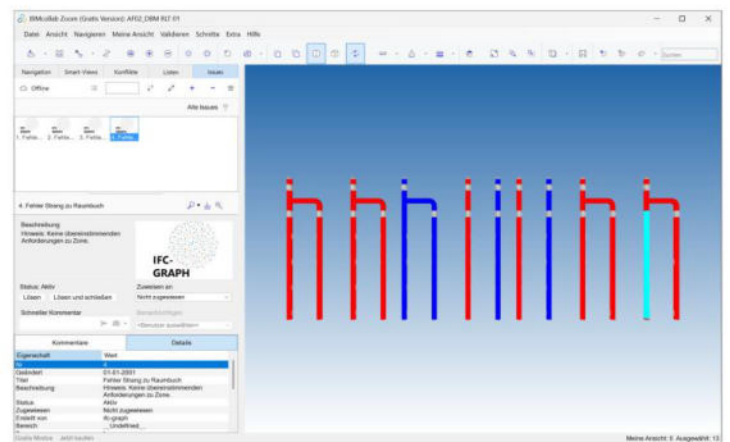
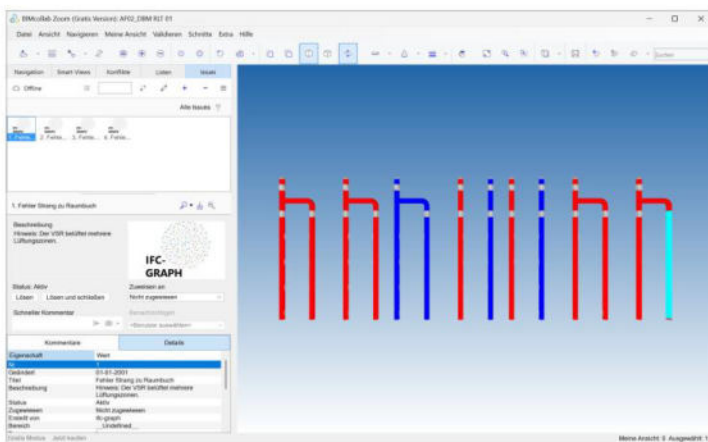
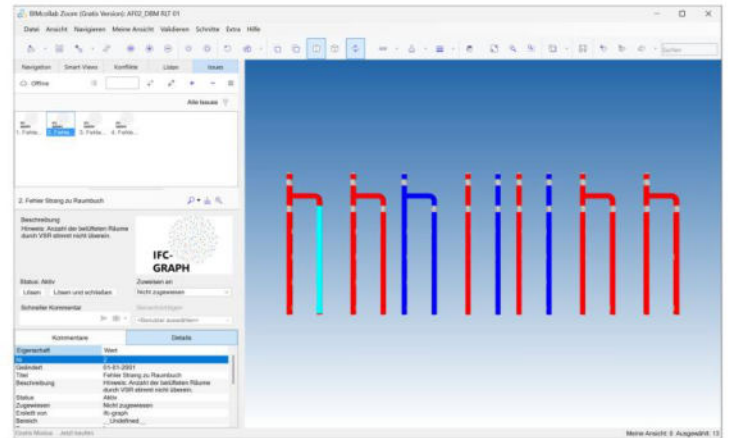
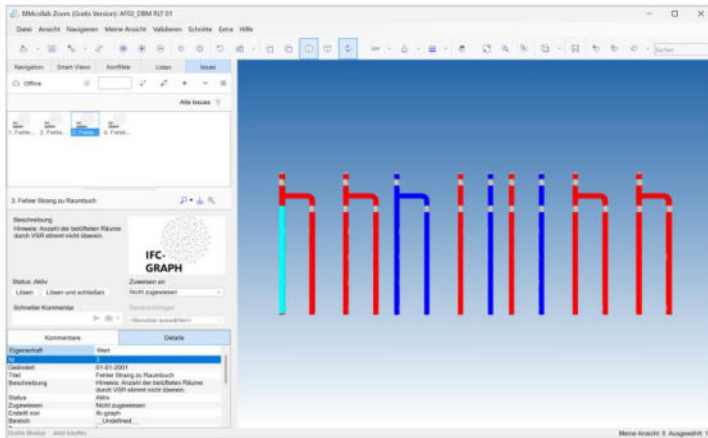
## Raumbuch 12

### für Modellkombination Mehrraumzonen

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZonID01	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	lfcSpace
AnfZonID02	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0FPRKnINrEguU1Iparb3o\$	lfcSpace
AnfZonID03	Zone10	MRZ_10	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	lfcSpace
AnfZonID04	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	221xtoVL95XPmA7Kvr173M	lfcSpace
AnfZonID05	Zone10	MRZ_10	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$a	lfcSpatialZone
AnfZonID06	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	lfcSpace
AnfZonID07	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	lfcSpace
AnfZonID08	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	lfcSpace
AnfZonID09	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0N4PndSAfEj9WfuVLIIFAn	lfcSpace
AnfZonID10	Zone20	MRZ_20	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID11	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID12	Zone20	MRZ_20	mechansich	keine	Abluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID13	Zone20	MRZ_20	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	3wuly9PLTELxk7uB6nHtE\$	lfcSpace
AnfZonID14	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNwq	lfcSpace
AnfZonID15	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNwq	lfcSpace
AnfZonID16	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNwq	lfcSpace
AnfZonID17	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	3fCVN4owP7KfLOkN3YuNwq	lfcSpace
AnfZonID18	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID19	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA01	Anlage01	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID20	Zone30	MRZ_30	mechansich	CAV	Zuluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID21	Zone30	MRZ_30	mechansich	VAV	Abluft	LA02	Anlage02	0QtXlee\$X3yetgdFxaf9ek	lfcSpace
AnfZonID22	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	2AUJc65kXBwwOmzbKz8g8V	lfcSpace
AnfZonID23	Zone40	MRZ_40	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	342_exyVv2yBy7R37I5bAY	lfcSpace
AnfZonID24	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	1Bq5U9cL59q8YritdJvCyw	lfcSpace
AnfZonID25	Zone50	MRZ_50	mechansich	CAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0I\$H\$EGTP2KvpaMu10KXCQ	lfcSpace
AnfZonID26	Zone41	ERZ_RZ4	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0np2MC2_D7kwwkt6CJJ2Oe	lfcSpatialZone
AnfZonID27	Zone51	ERZ_RZ5	mechansich	VAV	Zuluft	LA01	Anlage01	0TWzKaZ_f29giDxrORx2\$a	lfcSpatialZone

## Auswertung der Rückgabe

### Validierung 12 von Modellkombination Mehrraumzonen



#### Auswertung:

Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
 2x stimmt Anzahl der belüfteten Räume des VSR nicht überein und 1x keine übereinstimmende Anforderung mit Zone, 1x keine belüftet VSR mehrere Lüftungszonen.

## Erkenntnisse und Limitationen

- Die derzeit genutzten Raumbücher sind nur über die Raumnummer mit den Architektur-Modellen verknüpft. Die derzeit genutzten Raumbücher enthalten keine Informationen zur Raumregelung.
- Modellierung von VSR als IfcAirTerminalBox erlaubt die Nutzung der PredefinedTypes aus dem Datenschema. Aktuell in Standardschablonen sind Volumenstromregler als IfcDamper enthalten.
- Informationen zur Lüftungsanlage wie Anlagenbezeichnung werden in firmeneigenen PropertySets abgebildet.
- Update-Funktion für Raumbuch und DBM Raum notwendig.
- Es gibt mehrere Wege in IFC Informationen abzubilden, all die Möglichkeiten abzubilden würde die Regeln aufblasen.
- Derzeit Raumbuch als CSV gemäss Schnittstelle notwendig. Anpassung auf Datenbankabfrage umsetzbar.
- Anlagenname ist derzeit als IfcSystem abzubilden. Anpassung auf PropertySet theoretisch möglich.
- Prüfung beschränkt sich derzeit auf Regelung. Keine Prüfung der Dimensionierung.
- Qualität von Raumbuch wird vorausgesetzt, da sich Prüfung auf die Kontrolle des Modells fokussiert. Regeln 1-9 könnten dies unterstützen.

## Modellierungsanforderung

Bauteil	Modell	IFC-Entität	PredefinedType / Bemerkung
Raum	DBM Raum	IfcSpace	<i>nicht FIRESAFETY</i>
Raumzone	DBM Raum	IfcSpatialZone	<i>nicht FIRESAFETY</i>
Ventilator	DBM RLT	IfcFan	.
Monobloc	DBM RLT	IfcUnitaryEquipment	.
Auslass	DBM RLT	IfcAirTerminal	.
Volumenstromregler	DBM RLT	IfcAirTerminalBox	.
VSR-Typ: CAV	DBM RLT	IfcAirTerminalType	CONSTANTFLOW
VSR-Typ: VAV	DBM RLT	IfcAirTerminalType	VARIABLEFLOWPRESSUREINDEPENDANT
Anlage	DBM RLT	IfcSystem	.
<i>Name</i>	.	.	<i>eindeutige Anlagenbezeichnung (AnlagenID)</i>
Medium	DBM RLT	IfcSystem	.
<i>Name</i>	.	.	<i>Mediumbezeichnung</i>

### Bauteilverbindung

Gemäss Analyse.

Wobei zu bemerken ist, das IfcRelConnectsPortToElements in zukünftig aus dem Datenschemen entfernt wird und dann auf IfcRelNests ausgewichen werden muss.

## Verwendete Cypher-Klauseln

### Klausel Cypher

AND	NOT
AS	NULL
CASE	OPTIONAL MATCH
COLLECT	OR
DISTINCT	RETURN
ELSE	SIZE
END	THEN
FALSE	UNWIND
IN	WHEN
IS	WHERE
MATCH	WITH
NODES	

# Anhang A30: PoC - Implementierung AF03

## Entwicklungsschritte der Graphabfragen

Nr.	Modell	Beschreibung Abfrage	Cypher Query	Rückgabewert erwartet	Rückgabewert effektiv	Kontrolle
001	AF03-Graph01	Kontrolle Anzahl Brandabschnitte	MATCH (n:IfcSpatialZone (PredefinedType: "FIRESAFETY")) RETURN COUNT(n)	10	10	☑
002	AF03-Graph01	Kontrolle Anzahl Lüftungsabschnitte	MATCH (n:IfcZone (ObjectType: "FireVentilationCompartment")) RETURN COUNT(n)	4	4	☑
003	AF03-Graph01	Kontrolle Anzahl BA in LA	MATCH (IfcZone (ObjectType: "FireVentilationCompartment"))-[*2]->(n:IfcSpatialZone) RETURN n	8	8	☑
004	AF03-Graph01	Kontrolle Anzahl LA inkl BA ohne Zuweisung	MATCH (n:IfcSpatialZone)-[:IfcZone] WHERE n.ObjectType = "FireVentilationCompartment" OR NOT (n-<[*2]-[:IfcZone] AND n.PredefinedType = "FIRESAFETY") RETURN COUNT(n)	6	6	☑
005	AF03-Graph01	Kontrolle Anzahl Ventilatoren	MATCH (n:IfcFan IfcUnitaryEquipment) RETURN COUNT(n)	1	1	☑
006	AF03-Graph01	Kontrolle Anzahl Aufstellungsraum Ventilatoren	MATCH (n:IfcUnitaryEquipment)-[:ilegt_in]->(n:IfcSpatialZone) RETURN COUNT(n)	1	1	☑
007	AF03-Graph01	Kontrolle Anzahl Brandschutzklappen	MATCH (n:IfcDamper)-[:isTypedBy   Types *2]-[:IfcDamperType (PredefinedType: "FIREDAMPER")] RETURN COUNT(n)	8	8	☑
008	AF03-Graph01	Kontrolle Leitungen mit mehr als 2 LA	MATCH (n)-[:ilegt_in]->[:IfcSpatialZone] WITH n, COUNT(s) AS anzahl_raeume WHERE anzahl_raeume > 1 RETURN COUNT(n)	max.17	13	☑
009	AF03-Graph01	Prüfung 1: BSK zwischen Auslässen im selben LA ohne Elemente in anderem LA	MATCH p = (s1:IfcSpatialZone)-[:ilegt_in]-[:IfcAirTerminal]-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcDamper]-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal]-[:ilegt_in]->[:IfcSpatialZone], (dam)-[:isTypedBy   Types *2]-[:IfcDamperType (PredefinedType: "FIREDAMPER")] OPTIONAL MATCH (s1:IfcSpatialZone)-[*2]->(z1:IfcZone) WHERE z1.ObjectType = "FireVentilationCompartment" OPTIONAL MATCH (s2:IfcSpatialZone)-[*2]->(z2:IfcZone) WHERE z2.ObjectType = "FireVentilationCompartment" WITH p, dam, s1, s2, z1, z2 WHERE s1 = s2 OR (z1 IS NOT NULL AND z1 = z2)  WITH dam, s1, z1, s2, z2, [n IN nodes(p)[1..1] WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n] AS path_nodes WITH dam, s1, z1, s2, z2, [n IN path_nodes   n.GlobalId] AS guids, path_nodes  WITH dam, s1, z1, s2, z2, path_nodes, guids NONE[n IN path_nodes WHERE NOT (n)-[:ilegt_in]-[:IfcSpatialZone]-[*2]->(z1)] AS has_issue  WHERE has_issue = TRUE UNWIND guids AS GlobalIDs_RLT RETURN dam.GlobalId AS GlobalID_BSK, COLLECT(DISTINCT GlobalIDs_RLT) AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: BSK zwischen Auslässen derselben Zone!" AS Bemerkung		Kontrolle mit dokumentiertem Testing	☑
010	AF03-Graph01	Prüfung 2: Fehlende BSK zwischen Auslässen unterschiedlicher LA	MATCH p = (s1:IfcSpatialZone)-[:ilegt_in]-[:IfcAirTerminal]-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcAirTerminal]-[:ilegt_in]->(s2:IfcSpatialZone) OPTIONAL MATCH (s1:IfcSpatialZone)-[*2]->(z1:IfcZone) WHERE z1.ObjectType = "FireVentilationCompartment" OPTIONAL MATCH (s2:IfcSpatialZone)-[*2]->(z2:IfcZone) WHERE z2.ObjectType = "FireVentilationCompartment" OPTIONAL MATCH (ter1)-[:HasPorts RelatingPort RelatedPort*]-[:IfcFan IfcUnitaryEquipment]-[:ilegt_in]->(s3:IfcSpatialZone)  WITH p, s1, s2, s3, z1, z2 WHERE s1 <-> s2 AND (z1 IS NULL OR z1 <-> z2)  WITH p, s1, s2, s3, z1, z2 WHERE NONE [n IN nodes(p) WHERE (n:IfcDamper)-[:isTypedBy Types*..2]-[:IfcDamperType (PredefinedType: "FIREDAMPER")]]  WITH p, s1, s2, s3, z1, z2 WHERE NONE [n IN nodes(p) WHERE (n:IfcDuctSegment IfcDuctFitting)-[:ilegt_in]->(s3)]  WITH p, s1, z1, s2, z2, [n IN nodes(p)[1..1] WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts   n.GlobalId] AS guids  WITH p, s1, s2, z1, z2, guids CASE WHEN z1 IS NOT NULL THEN z1.GlobalId ELSE s1.GlobalId END AS id1, CASE WHEN z2 IS NOT NULL THEN z2.GlobalId ELSE s2.GlobalId END AS id2  WITH p, s1, s2, z1, z2, guids CASE WHEN id1 <= id2 THEN [id1, id2] ELSE [id2, id1] END AS GlobalIDs_BA  UNWIND guids as GlobalIDs_RLT RETURN DISTINCT GlobalIDs_BA, COLLECT(DISTINCT GlobalIDs_RLT) AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Zwischen zwei Lüftungsabschnitten fehlt BSK." AS Bemerkung		Kontrolle mit dokumentiertem Testing	☑

## Finale Cypher-Statement

### Prüfregel 01: BSK zwischen Auslässen im selben LA

```

MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*..100]-(dam:IfcDamper)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminal)-[:liegt_in]-(sz2:IfcSpatialZone),
(dam)-[:IsTypedBy|Types*2]-(:IfcDamperType {PredefinedType: "FIREDAMPER"})
OPTIONAL MATCH (sz1)-[*2]-(zon1:IfcZone)
WHERE zon1.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
OPTIONAL MATCH (sz2)-[*2]-(zon2:IfcZone)
WHERE zon2.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
WITH p, dam, sz1, sz2, zon1, zon2
WHERE sz1 = sz2 OR (zon1 IS NOT NULL AND zon1 = zon2)

WITH dam, sz1, zon1, sz2, zon2, [n IN nodes(p)[1..-1]
WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n] AS path_nodes
WITH dam, sz1, zon1, sz2, zon2, [n IN path_nodes | n.GlobalId] AS guids, path_nodes

WITH dam, sz1, zon1, sz2, zon2, path_nodes, guids,
NONE(n IN path_nodes WHERE NOT (n)-[:liegt_in]-(sz1) AND NOT (zon1 IS NOT NULL AND (n)-[:liegt_in]-(:IfcSpatialZone)-[*2]-(zon1))) AS has_issue

WHERE has_issue = TRUE
UNWIND guids AS GlobalIDs_RLT

RETURN DISTINCT [dam.GlobalId] AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: BSK zwischen Auslässen derselben Zone!" AS Bemerkung

```

### Prüfregel 02: Fehlende BSK zwischen Auslässen zweier Lüftungsabschnitten

```

MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone|IfcSpace)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*..100]-(ter2:IfcAirTerminal)-[:liegt_in]-(sz2:IfcSpatialZone|IfcSpace)
OPTIONAL MATCH (sz1)-[*2]-(zon1:IfcZone)
WHERE zon1.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
OPTIONAL MATCH (sz2)-[*2]-(zon2:IfcZone)
WHERE zon2.ObjectType = "FireVentilationCompartment"
OPTIONAL MATCH (ter1)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcFan|IfcUnitaryEquipment)-[:liegt_in]-(sz3:IfcSpatialZone)

WITH p, sz1, sz2, sz3, zon1, zon2
WHERE sz1 <> sz2 AND (zon1 IS NULL OR zon1 <> zon2)

WITH p, sz1, sz2, sz3, zon1, zon2
WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE (n:IfcDamper)-[:IsTypedBy|Types*..2]-(:IfcDamperType {PredefinedType:"FIREDAMPER"}))

WITH p, sz1, sz2, sz3, zon1, zon2
WHERE NONE (n IN nodes(p) WHERE (n:IfcDuctSegment|IfcDuctFitting)-[:liegt_in]-(sz3))

WITH p, sz1, zon1, sz2, zon2,
[n IN nodes(p)[1..-1] WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n.GlobalId] AS guids

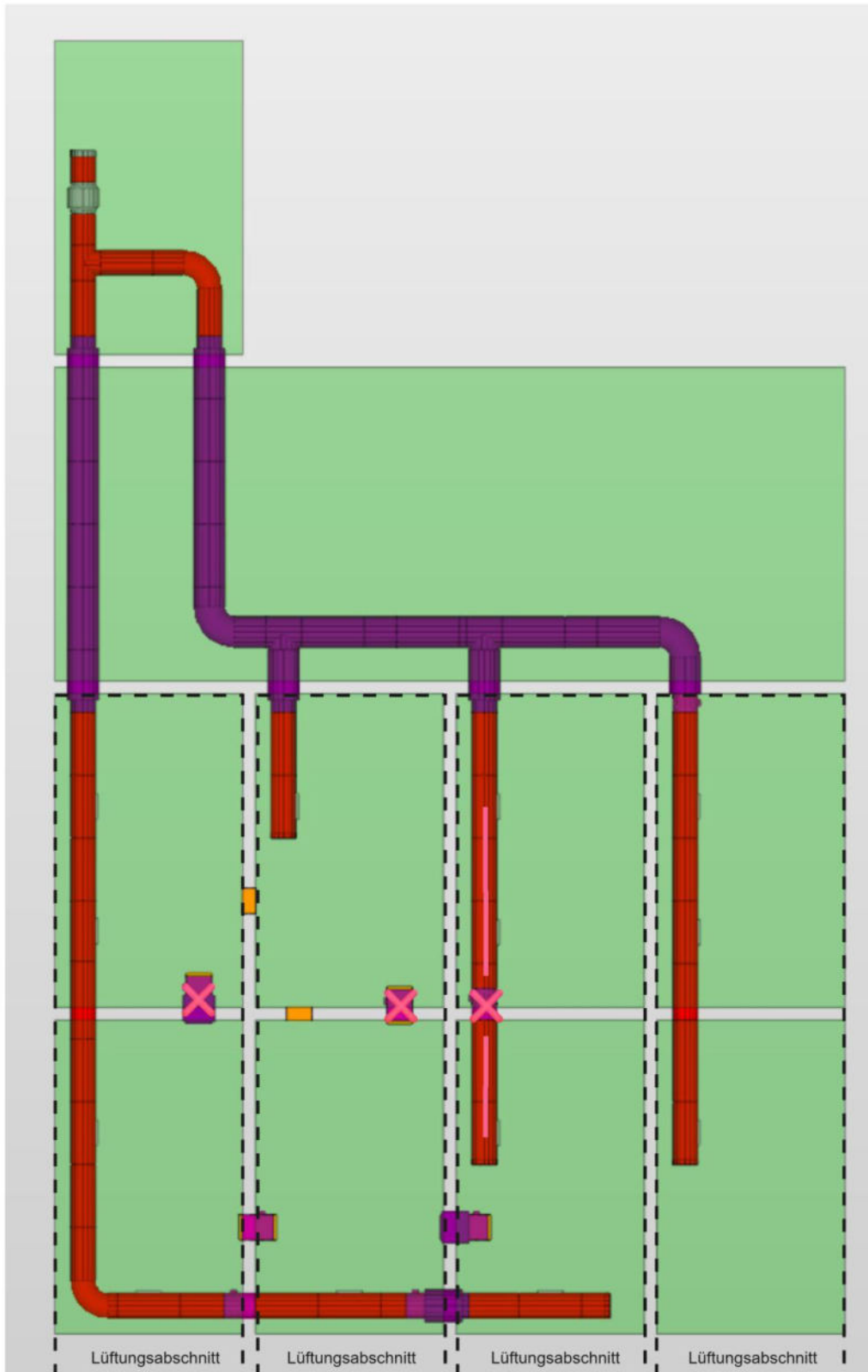
WITH p, sz1, sz2, zon1, zon2, guids,
CASE WHEN zon1 IS NOT NULL THEN zon1.GlobalId ELSE sz1.GlobalId END AS id1,
CASE WHEN zon2 IS NOT NULL THEN zon2.GlobalId ELSE sz2.GlobalId END AS id2

WITH p, sz1, sz2, zon1, zon2, guids,
CASE WHEN id1 <= id2 THEN [id1, id2] ELSE [id2, id1] END AS GlobalIDs_BA

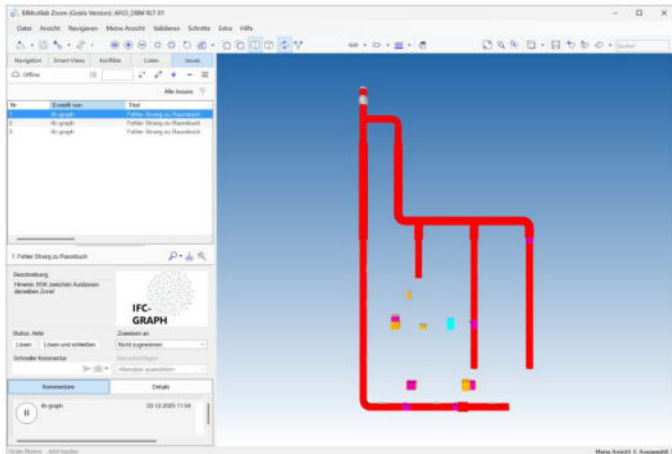
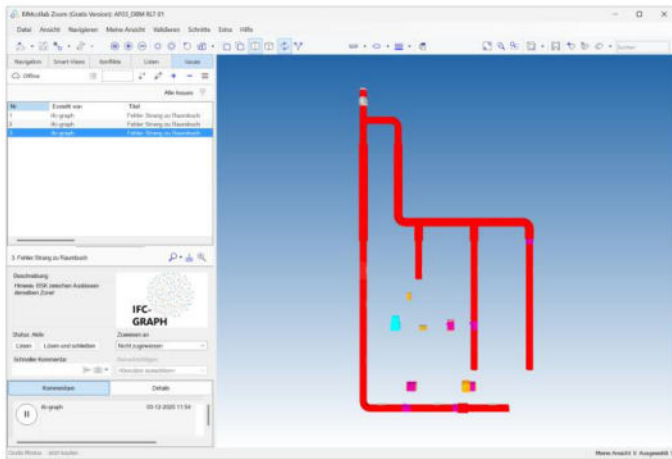
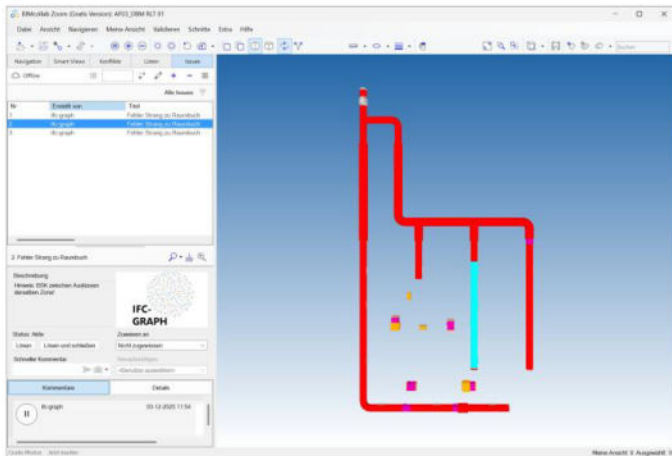
UNWIND guids as GlobalIDs_RLT
RETURN DISTINCT GlobalIDs_BA, COLLECT(DISTINCT GlobalIDs_RLT) AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Zwischen zwei Lüftungsabschnitten fehlt BSK." AS Bemerkung

```

# Validierung 01 | BSK zwischen Auslässen im selben Lüftungsabschnitt

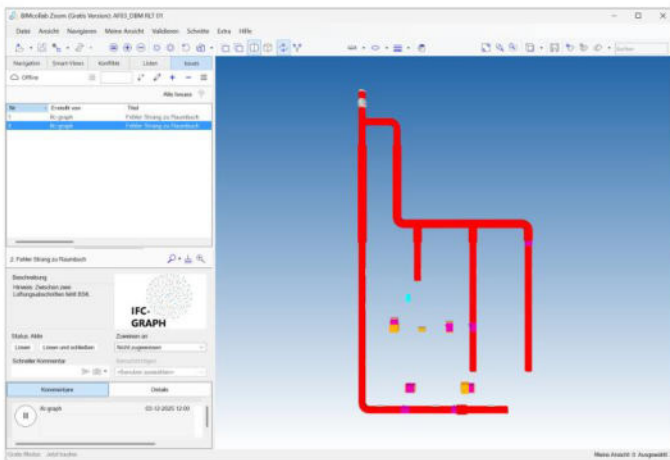
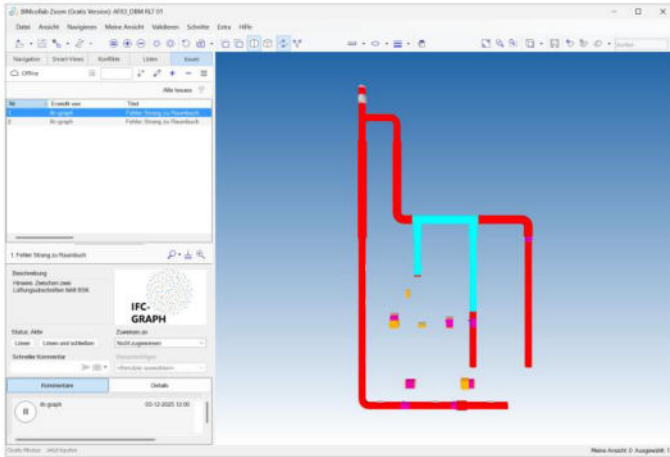


## Validierung 01 | Auswertung der Rückgabe



**Auswertung:**  
 Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten  
 Ergebnis überein.

## Validierung 02 | Auswertung der Rückgabe



### Auswertung:

Inhalt vom BCF stimmt mit dem erwarteten Ergebnis überein.  
Erkennung von Einzelleitungsführung funktioniert.

# Erkenntnisse und Limitationen

- Modellierungsrichtlinien IG BIM&BS beinhaltet keine Lüftungsabschnitte.
- Die Bildung von Lüftungsabschnitten mit IfcZone ist möglich. Alternative Verwaltung über Raumbuch auch denkbar.
- Brandschutz enthält viele Ausnahmen. Entweder kompliziertere Prüfregele oder Abstraktion der Regeln durch Modellierung.
- Modellqualität DBM RLT nach Export nicht konstant:
  - teils doppelte Verbindungen
  - teils fehlende Verbindungen
 Vermutlich liegt es am Export bei (bauteilüberlappenden?) Dämmungen. Die These ist nicht abschliessend geprüft, allerdings traten beim Export mit eigenständiger Dämmung viele Fehler auf, weshalb auf dieser ausgeschaltet wurde.
- Brandschutzklappen und Transitleitungen können abschliessend nicht getrennt betrachtet werden.
- Für weiterführende Prüfungen sind Dämmung und Geometrie erforderlich. zB Tranistleitungen oder Lage der Brandschutzklappe

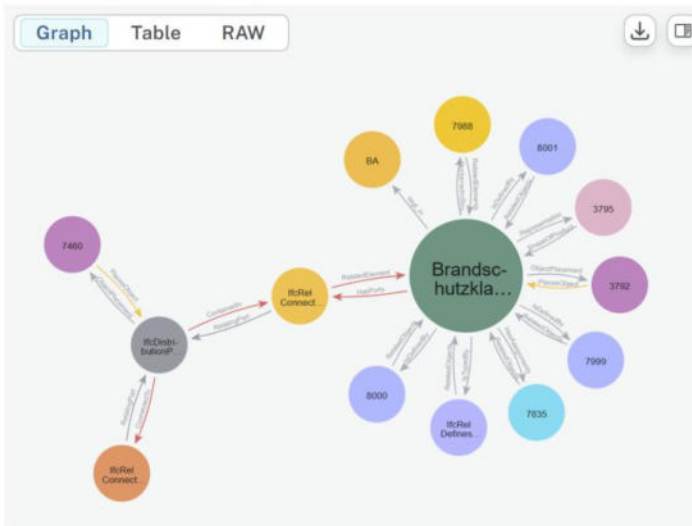
# Bespiele Exportfehler bei eigenständiger Dämmung

```

#787=IFCFACE(#786);
#788=IFCPOLYLOOP(#133,#52,#417,#497);
#789=IFCFACEOUTERBOUND(#788,.T.);
#790=IFCFACE(#789);
#791=IFCOPENSHELL((#739,#742,#745,#748,#751,#754,#757,#760,#7
#792=IFCFACEBASEDSURFACEMODEL((#791));
#793=IFCSTYLELITERITEM(#730,(#709),5);
#794=IFCARTERMINAL('3q0oukKgrc8QvMvncJkG4z',#2,'Bodengitter
#795=IFCPROPERTYSET('Name',$,IFCTEXT('L_Zuluft
#796=IFCPROPERTYSET('AirflowType',$,IFCTEXT('L_Zuluft
#797=IFCDERIVEDUNIT((#801,#806),.USERDEFINED.,'Meter3PerHour'
#801=IFCDERIVEDUNITELEMENT(#719,1);
#802=IFCMEASUREWITHUNIT(IFCTIMEASURE(3600.),#805);
#803=IFCMEASUREWITHUNIT(IFCTIMEASURE(3600.),#805);
#804=IFCDIMENSIONALEXPONENTS(0,1,0,0,0,0,0);
#805=IFCUNIT(#516,.TIMEUNIT.,$,.SECOND.);
#806=IFCDERIVEDUNITELEMENT(#802,-1);
#807=IFCPROPERTYSET('AirFlowRate',$,IFCREAL(200.),#80
#808=IFCPROPERTYSET('OhedKxM95wBw2MkzvGLIC',#2,'Pset_AirTern
#809=IFCUNIT(*,.PRESSURUNIT.,$,.PASCAL.);
#810=IFCUNIT(*,.PRESSURUNIT.,$,.PASCAL.);
#811=IFCPROPERTYSET('Name',$,IFCTEXT('Wetterschutzgit
#812=IFCPROPERTYSET('Calc-Volumetric flow (m3/h)',$,1
#813=IFCDERIVEDUNIT((#801,#814),.USERDEFINED.,'Meter3PerSecor
#814=IFCDERIVEDUNITELEMENT(#805,-1);
#815=IFCPROPERTYSET('IxiiVbB5PFduxleVXs4Cay',#2,'Pset_Entity1
#816=IFCPROPERTYSET('Geom-Lenath (mm)',$.IFCREAL(300
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1ocv2cn9z44g2W3sUFncxv',#2,$,$,#7290,#1401);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('30N01jkwv8FgU30P6SGVHO',#2,$,$,#7295,#1415);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1vCGrqkwLEZ9CpCceu81SM',#2,$,$,#7298,#512);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('2CRsiP5Qb88BKUcgUflSLs',#2,$,$,#7302,#715);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('3gCr8tV5LFCRL89BYeW2OG',#2,$,$,#7305,#512);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0a_shnlQL2JRA4z351Xfxy',#2,$,$,#7309,#715);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1rfvDmmWbEwPuH$SPBIiyW',#2,$,$,#7312,#21);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('2911UsJDrCp9ryeUrEhS6',#2,$,$,#7316,#937);
#855=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('03JQNoQMr6F9tXeVblLmxt',#2,$,$,#7319,#21);
#852=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('3h8PsRQyDlmAfZrQYD_4wj',#2,$,$,#7323,#937);
#853=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('2KZdm7J_X2fRkvoI6pruoP',#2,$,$,#7326,#798);
#854=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0MwjKtWd8FoFd6DWS04sN',#2,$,$,#7330,#1094);
#855=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1WXctYw19LxN7F4mP7y6n',#2,$,$,#7333,#1042);
#856=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0tZ8C7lgj3B9n0HU8WKN1Bk',#2,$,$,#7337,#4743);
#857=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0KIn9YRp95n06royaJtWvP',#2,$,$,#7340,#4757);
#858=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1i8cm4ILLCu8X_d6aJ4aJl',#2,$,$,#7344,#1130);
#859=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('0YrOxSmUT6_eJNzgwPkFmX',#2,$,$,#7347,#1119);
#860=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('2HxpxnMtf6vRbG68_TloQ1',#2,$,$,#7351,#512);
#861=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('10NqWwGRLcBlahpLunRW',#2,$,$,#8082,#21);
#861=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('2Vv$zWl8X2jBLjy$7W6WN4',#2,$,$,#8085,#937);
#862=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('1KoBzIF7n5EPHzQnydPC6A',#2,$,$,#8087,#798);
#862=IFCRELCONNECTSPORTTOELEMENT('36IiuZxh10A80ju4KW4FXK',#2,$,$,#8090,#1094);

```

Exportfehler 1: IfcAirTerminal #798 hat fälschlicherweise 2 Anschlüsse.



Exportfehler 1: Brandschutzklappe hat nur einen Anschluss IfcRelConnectPortToElement.

## Modellierungsanforderung

Bauteil	Modell	IFC-Entität	PredefinedType	ObjectType
Brandabschnitt	DBM Raum	IfcSpatialZone	FIRESAFETY	.
Lüftungsabschnitt	DBM Raum	IfcZone	.	FireVentilationCompartment
Ventilator	DBM RLT	IfcFan	.	.
Monobloc	DBM RLT	IfcUnitaryEquipment	.	.
Auslass	DBM RLT	IfcAirTerminal	.	.
Brandschutzklappe	DBM RLT	IfcDamper	FIREDAMPER	.

### Bauteilverbindung

Gemäss Analyse.

Wobei zu bemerken ist, das IfcRelConnectsPortToElements in zukünftig aus dem Datenschemen entfernt wird und dann auf IfcRelNests ausgewichen werden muss.

## Verwendete Cypher-Klauseln

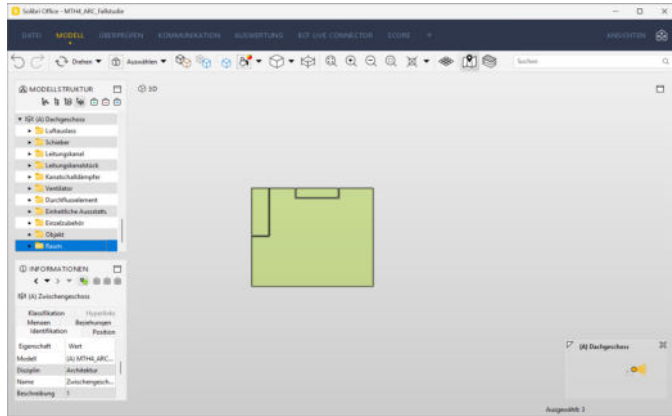
### Klausel Cypher

AND	NOT
AS	NULL
CASE	OPTIONAL MATCH
COLLECT	OR
DISTINCT	RETURN
ELSE	THEN
END	TRUE
IN	UNWIND
IS	WHEN
MATCH	WHERE
NODES	WITH
NONE	

## DBM Raum

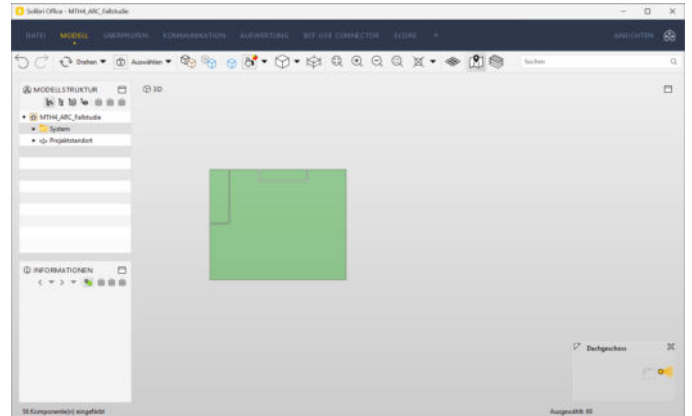
### Räume

Dachgeschoss:

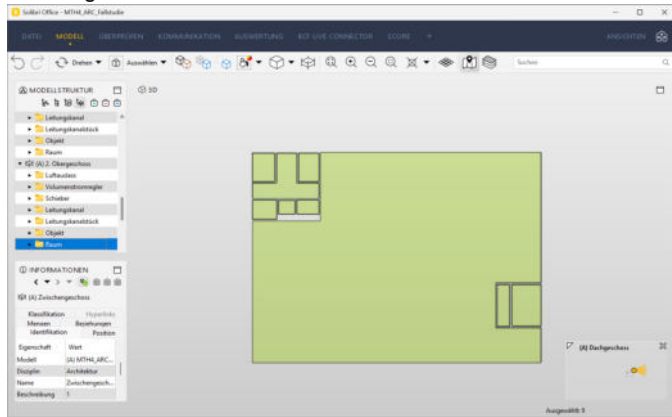


### Brand- und Lüftungsabschnitte

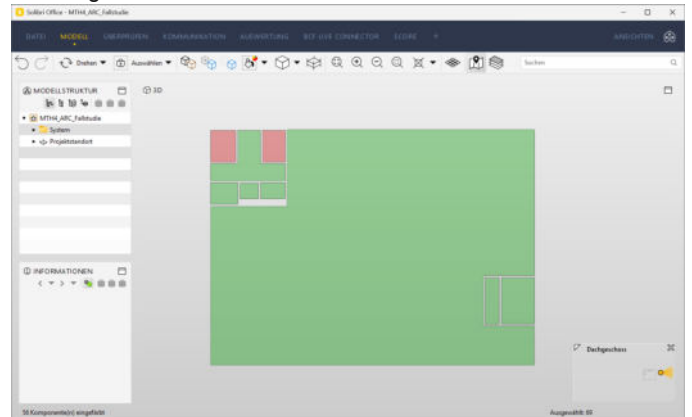
Dachgeschoss:



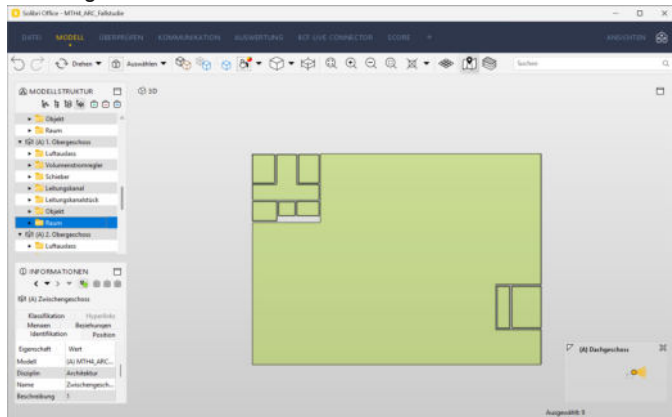
2. Obergeschoss:



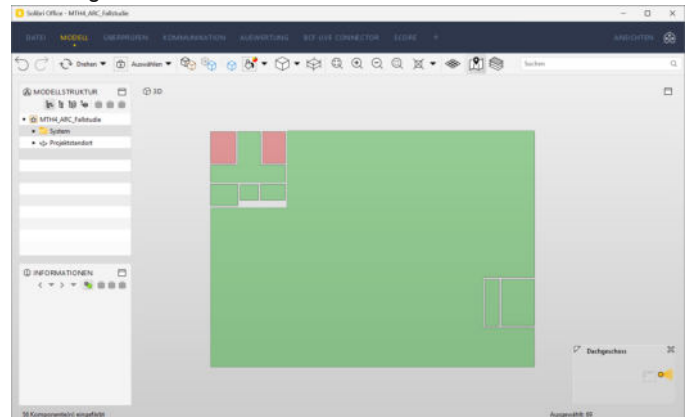
2. Obergeschoss:



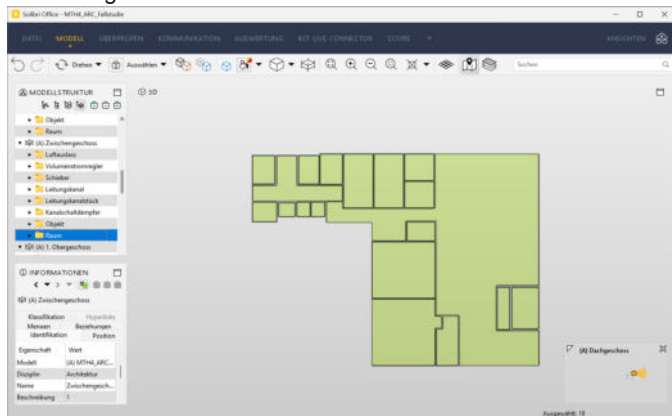
1. Obergeschoss:



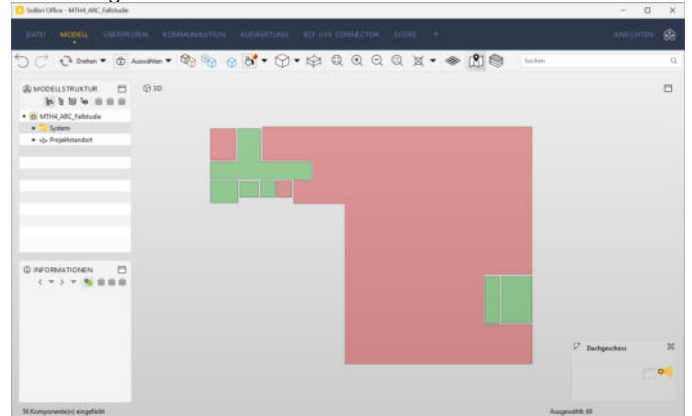
1. Obergeschoss:



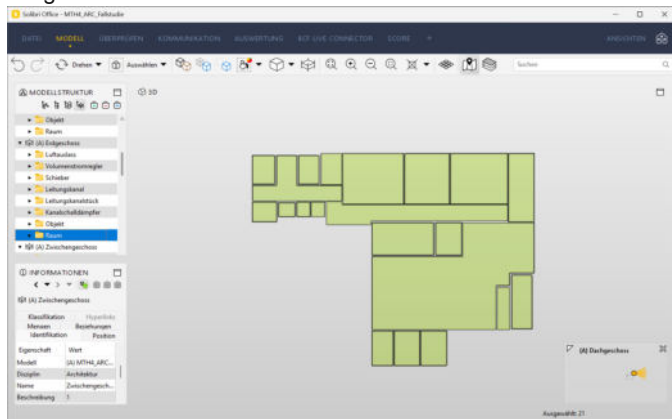
Zwischengeschoss:



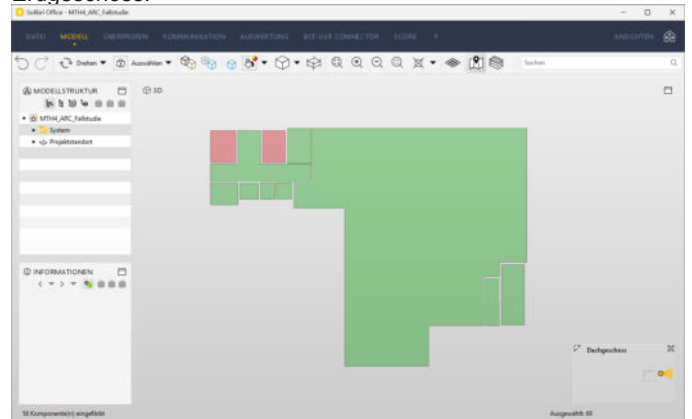
Zwischengeschoss:



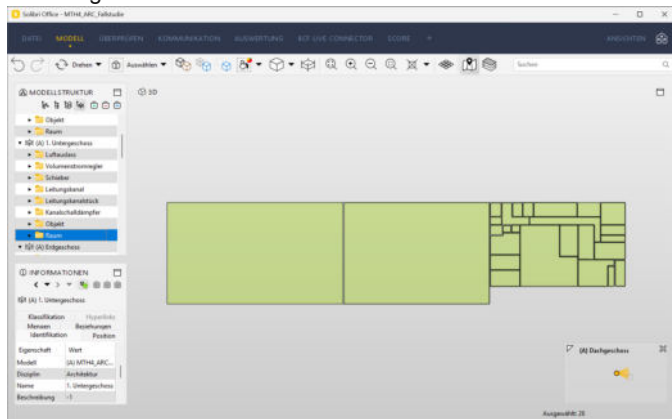
Erdgeschoss:



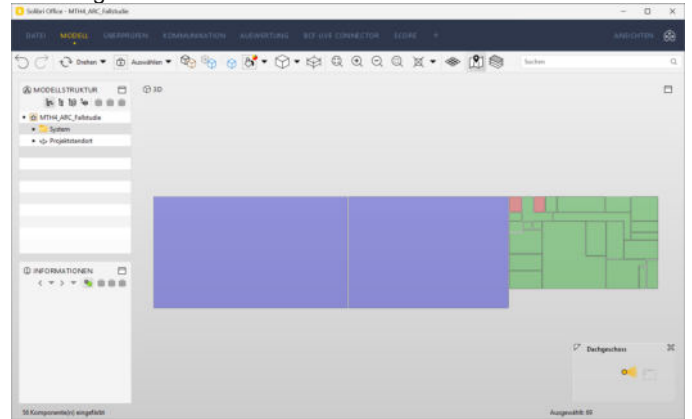
Erdgeschoss:



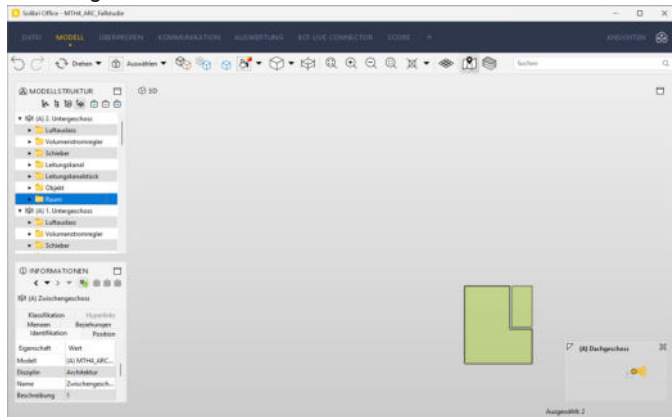
1. Untergeschoss:



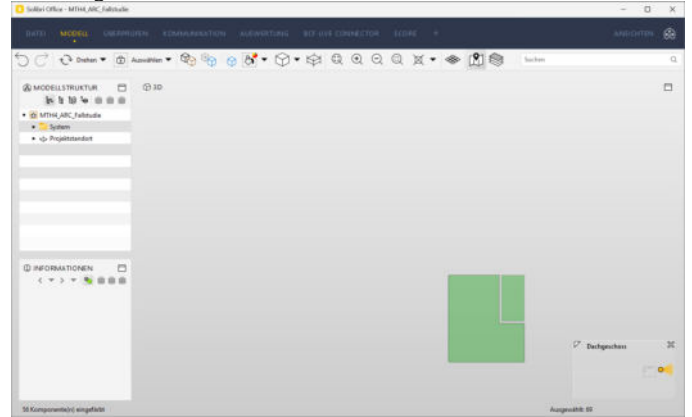
1. Untergeschoss:



2. Untergeschoss:



2. Untergeschoss:



**Kurzbeschreibung Projekt**

Die Fallstudie umfasst den Verwaltungstrakt und Einstellhalle eines ausgeführten Industrieprojektes. Das Projekt umfasst sieben Geschosse und wird von drei Lüftungsanlagen belüftet.

**Legende:**

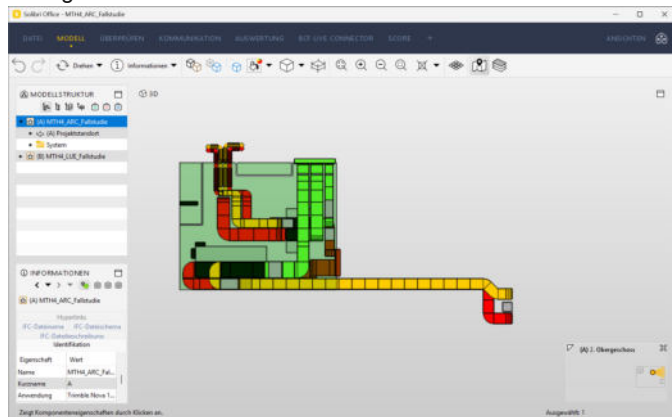
- Brandabschnitt je Raum
- Lüftungsabschnitt 1 | ZG und Nassräume
- Lüftungsabschnitt 2 | Einstellhalle

**Aufwand zur Implementierung**

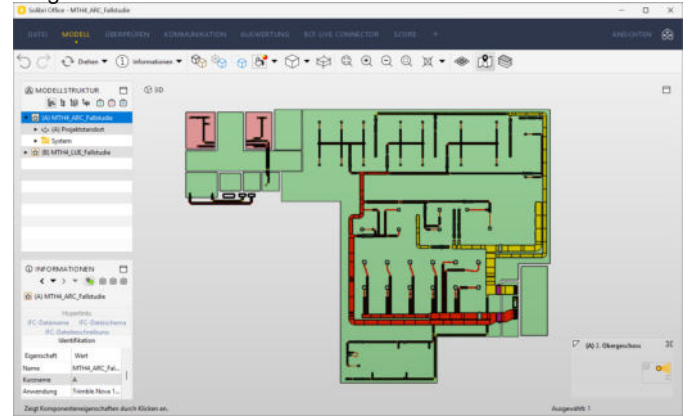
- DBM Architektur enthält keine *IfcSpace*:
  - Nachmodellierung für Berechnung/Fallstudie notwendig
  - Projekt enthält keine Lüftungszonen
- DBM Architektur enthält keine Brandabschnitte:
  - Modellierung der Brandabschnitte
  - Modellierung der Lüftungsabschnitte

# DBM RLT

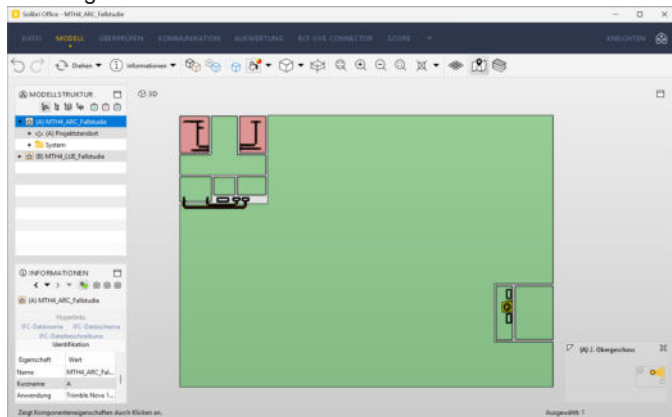
## Dachgeschoss:



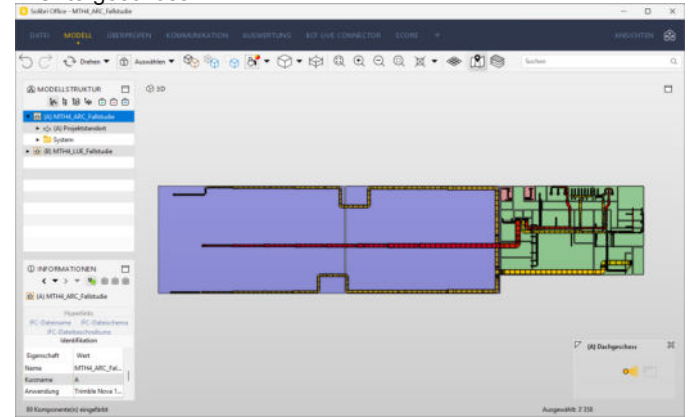
## Erdgeschoss:



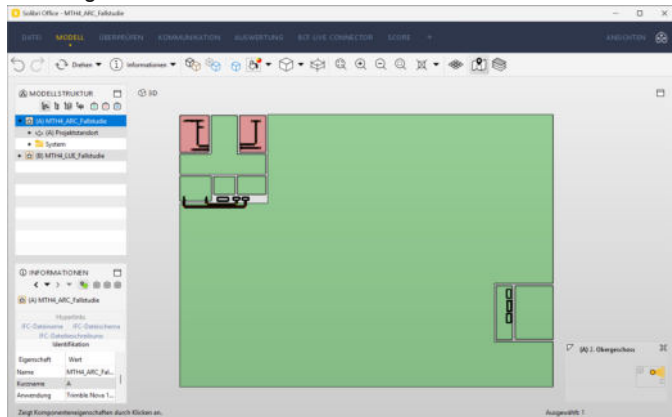
## 2. Obergeschoss:



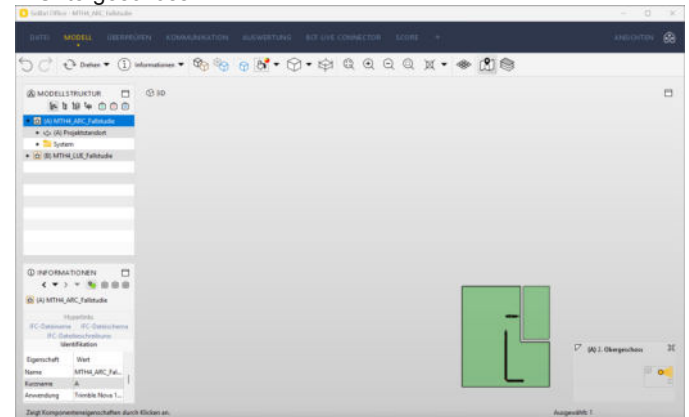
## 1. Untergeschoss:



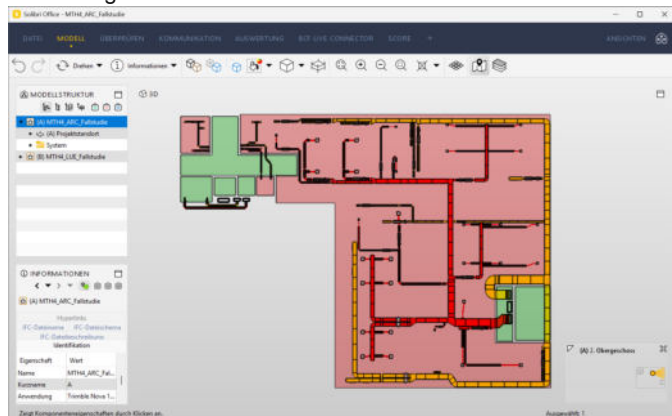
## 1. Obergeschoss:



## 2. Untergeschoss:



## Zwischengeschoss:



### Legende:

- Brandabschnitt je Raum
- Lüftungsabschnitt 1 | ZG und Nassräume
- Lüftungsabschnitt 2 | Einstellhalle

### Aufwand zur Implementierung

- Anpassung Enität und vordefinierter Typ bei VSR
- Zuweisung Anlagen als IfcSystem
- Modellierung der Verbindung zwischen Luftaufbereitungsgerät und Anschlussstutzen
- Umstellung Exporteinstellungen auf Export ohne eigenständige Dämmung und Export von Projektsystemen
- Neuerstellung sämtlicher Zeichnungen behebt den Exportfehler von mehreren Bauteilverbindungen zwischen zwei Bauteilen (siehe Herausforderung)

## Raumbuch RLT

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZon001	Zone01	LA02 WC und Nebenräume_Zone01_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1ITBCUlt9EY9INf7FQC5e7	lfcSpace
AnfZon002	Zone01	LA02 WC und Nebenräume_Zone01_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1ITBCUlt9EY9INf7FQC5e7	lfcSpace
AnfZon003	Zone02	LA03 Einstellhalle_Zone02_Zuluft	mechanisch	keine	Zuluft	244.03	LA03 Einstellhalle	3WgG7BeBvFwhjtj6qGBSYin	lfcSpace
AnfZon004	Zone02	LA03 Einstellhalle_Zone02_Abluft	mechanisch	keine	Abluft	244.03	LA03 Einstellhalle	3WgG7BeBvFwhjtj6qGBSYin	lfcSpace
AnfZon005	Zone02	LA03 Einstellhalle_Zone02_Zuluft	mechanisch	keine	Zuluft	244.03	LA03 Einstellhalle	0_x\$NZADTDyxeNQzjFlGiv	lfcSpace
AnfZon006	Zone02	LA03 Einstellhalle_Zone02_Abluft	mechanisch	keine	Abluft	244.03	LA03 Einstellhalle	0_x\$NZADTDyxeNQzjFlGiv	lfcSpace
AnfZon007	Zone03	LA02 WC und Nebenräume_Zone03_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3XG_YWM\$nFdg_7qd1\$cVf9	lfcSpace
AnfZon008	Zone03	LA02 WC und Nebenräume_Zone03_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3XG_YWM\$nFdg_7qd1\$cVf9	lfcSpace
AnfZon009	Zone04	LA02 WC und Nebenräume_Zone04_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	00KL8oZk55Dhk4DTul8l5r	lfcSpace
AnfZon010	Zone04	LA02 WC und Nebenräume_Zone04_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	00KL8oZk55Dhk4DTul8l5r	lfcSpace
AnfZon011	Zone05	LA02 WC und Nebenräume_Zone05_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1hBa6iVs90Ruc1TyoeXm0J	lfcSpace
AnfZon012	Zone05	LA02 WC und Nebenräume_Zone05_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1hBa6iVs90Ruc1TyoeXm0J	lfcSpace
AnfZon013	Zone06	LA02 WC und Nebenräume_Zone06_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1OnAQzhtr24f5PJpWf1a2v	lfcSpace
AnfZon014	Zone06	LA02 WC und Nebenräume_Zone06_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1OnAQzhtr24f5PJpWf1a2v	lfcSpace
AnfZon015	Zone07	LA02 WC und Nebenräume_Zone07_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1cCE8eFCLBAG5yUIOXZuzO	lfcSpace
AnfZon016	Zone07	LA02 WC und Nebenräume_Zone07_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1cCE8eFCLBAG5yUIOXZuzO	lfcSpace
AnfZon017	Zone08	LA02 WC und Nebenräume_Zone08_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3eIJ3BpMb1vPwvUyVaVVT	lfcSpace
AnfZon018	Zone08	LA02 WC und Nebenräume_Zone08_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3eIJ3BpMb1vPwvUyVaVVT	lfcSpace
AnfZon019	Zone10	LA02 WC und Nebenräume_Zone10_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0by7wezTCqRywX3L837Sk	lfcSpace
AnfZon020	Zone10	LA02 WC und Nebenräume_Zone10_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0by7wezTCqRywX3L837Sk	lfcSpace
AnfZon021	Zone11	LA02 WC und Nebenräume_Zone11_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	02vf7kUhr7qBMDrSNh6DWL	lfcSpace
AnfZon022	Zone11	LA02 WC und Nebenräume_Zone11_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	02vf7kUhr7qBMDrSNh6DWL	lfcSpace
AnfZon023	Zone12	LA02 WC und Nebenräume_Zone12_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3MofLT83PF_OC1sSjJHhQ5	lfcSpace
AnfZon024	Zone12	LA02 WC und Nebenräume_Zone12_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3MofLT83PF_OC1sSjJHhQ5	lfcSpace
AnfZon025	Zone13	LA02 WC und Nebenräume_Zone13_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1C3GXcFn9AX9tl_3zoCjqy	lfcSpace
AnfZon026	Zone13	LA02 WC und Nebenräume_Zone13_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1C3GXcFn9AX9tl_3zoCjqy	lfcSpace
AnfZon027	Zone14	LA02 WC und Nebenräume_Zone14_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3mG5wEH5z928l7t26btyG4	lfcSpace
AnfZon028	Zone14	LA02 WC und Nebenräume_Zone14_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3mG5wEH5z928l7t26btyG4	lfcSpace
AnfZon029	Zone15	LA02 WC und Nebenräume_Zone15_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3hj9c1bXr4SvV987Rqge0j	lfcSpace
AnfZon030	Zone15	LA02 WC und Nebenräume_Zone15_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3hj9c1bXr4SvV987Rqge0j	lfcSpace
AnfZon031	Zone16	LA02 WC und Nebenräume_Zone16_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3zXl4ouO119ghKMqSirt9\$	lfcSpace
AnfZon032	Zone16	LA02 WC und Nebenräume_Zone16_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3zXl4ouO119ghKMqSirt9\$	lfcSpace
AnfZon033	Zone17	LA02 WC und Nebenräume_Zone17_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1OSivZ9l5BxOP7BUTGBA5A	lfcSpace
AnfZon034	Zone17	LA02 WC und Nebenräume_Zone17_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1OSivZ9l5BxOP7BUTGBA5A	lfcSpace

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZon035	Zone18	LA02 WC und Nebenräume_Zone18_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1leAG8ZM5AoBN9Rud3MaEl	lfcSpace
AnfZon036	Zone18	LA02 WC und Nebenräume_Zone18_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1leAG8ZM5AoBN9Rud3MaEl	lfcSpace
AnfZon037	Zone19	LA02 WC und Nebenräume_Zone19_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1t2cdzwQj05uMOJN8nmYKa	lfcSpace
AnfZon038	Zone19	LA02 WC und Nebenräume_Zone19_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1t2cdzwQj05uMOJN8nmYKa	lfcSpace
AnfZon039	Zone20	LA02 WC und Nebenräume_Zone20_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	2kGFbGkg5BnOBVs7ZL3jt4	lfcSpace
AnfZon040	Zone20	LA02 WC und Nebenräume_Zone20_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	2kGFbGkg5BnOBVs7ZL3jt4	lfcSpace
AnfZon041	Zone21	LA02 WC und Nebenräume_Zone21_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3bGlQjvQr2fviNOWY3VWg3	lfcSpace
AnfZon042	Zone21	LA02 WC und Nebenräume_Zone21_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3bGlQjvQr2fviNOWY3VWg3	lfcSpace
AnfZon043	Zone22	LA02 WC und Nebenräume_Zone22_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1teu8lkXT66gM4fq\$8bAzq	lfcSpace
AnfZon044	Zone22	LA02 WC und Nebenräume_Zone22_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1teu8lkXT66gM4fq\$8bAzq	lfcSpace
AnfZon045	Zone23	LA02 WC und Nebenräume_Zone23_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0NjR4xhhrBCvPWj0jsPcoq	lfcSpace
AnfZon046	Zone23	LA02 WC und Nebenräume_Zone23_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0NjR4xhhrBCvPWj0jsPcoq	lfcSpace
AnfZon047	Zone24	LA02 WC und Nebenräume_Zone24_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1llh6gb0n7JuJCezPus45M	lfcSpace
AnfZon048	Zone24	LA02 WC und Nebenräume_Zone24_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1llh6gb0n7JuJCezPus45M	lfcSpace
AnfZon049	Zone25	LA02 WC und Nebenräume_Zone25_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1eKqOqYe56\$B9sc7U9VL3t	lfcSpace
AnfZon050	Zone25	LA02 WC und Nebenräume_Zone25_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1eKqOqYe56\$B9sc7U9VL3t	lfcSpace
AnfZon051	Zone26	LA02 WC und Nebenräume_Zone26_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0oSqaUBh5AdBznrZr55vTk	lfcSpace
AnfZon052	Zone26	LA02 WC und Nebenräume_Zone26_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0oSqaUBh5AdBznrZr55vTk	lfcSpace
AnfZon053	Zone27	LA02 WC und Nebenräume_Zone27_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3CLGfnxU19h8tLinUy0M2	lfcSpace
AnfZon054	Zone27	LA02 WC und Nebenräume_Zone27_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3CLGfnxU19h8tLinUy0M2	lfcSpace
AnfZon055	Zone28	LA02 WC und Nebenräume_Zone28_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1yAHGBpzP9P9\$fvY89B1z3	lfcSpace
AnfZon056	Zone28	LA02 WC und Nebenräume_Zone28_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1yAHGBpzP9P9\$fvY89B1z3	lfcSpace
AnfZon057	Zone29	LA02 WC und Nebenräume_Zone29_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0t\$5WR0Y9CTRfXZ4ITajqA	lfcSpace
AnfZon058	Zone29	LA02 WC und Nebenräume_Zone29_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0t\$5WR0Y9CTRfXZ4ITajqA	lfcSpace
AnfZon059	Zone30	LA02 WC und Nebenräume_Zone30_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0dwU5j82vAsedklorhmXYr	lfcSpace
AnfZon060	Zone30	LA02 WC und Nebenräume_Zone30_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	0dwU5j82vAsedklorhmXYr	lfcSpace
AnfZon061	Zone31	LA02 WC und Nebenräume_Zone31_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	024ZkAJLXBIQaC5YVvdBRI	lfcSpace
AnfZon062	Zone31	LA02 WC und Nebenräume_Zone31_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	024ZkAJLXBIQaC5YVvdBRI	lfcSpace
AnfZon063	Zone32	LA02 WC und Nebenräume_Zone32_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3cUqOLanfByhTPK_RYfL3	lfcSpace
AnfZon064	Zone32	LA02 WC und Nebenräume_Zone32_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	3cUqOLanfByhTPK_RYfL3	lfcSpace
AnfZon065	Zone33	LA01 Verwaltung_Zone33_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	1Sly45fj50avbG_c8UZy_E	lfcSpace
AnfZon066	Zone33	LA01 Verwaltung_Zone33_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	1Sly45fj50avbG_c8UZy_E	lfcSpace
AnfZon067	Zone34	LA01 Verwaltung_Zone34_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	177FUUnuhP2lOmlL9ghtj8E	lfcSpace
AnfZon068	Zone34	LA01 Verwaltung_Zone34_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	177FUUnuhP2lOmlL9ghtj8E	lfcSpace

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZon069	Zone35	LA01 Verwaltung_Zone35_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	1pqcfbz0j5_hbAz5reU1ve	lfcSpace
AnfZon070	Zone35	LA01 Verwaltung_Zone35_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	1pqcfbz0j5_hbAz5reU1ve	lfcSpace
AnfZon071	Zone36	LA01 Verwaltung_Zone36_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	1iiuNZ1PL1DhbXsUg2CHR4	lfcSpace
AnfZon072	Zone36	LA01 Verwaltung_Zone36_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	1iiuNZ1PL1DhbXsUg2CHR4	lfcSpace
AnfZon073	Zone37	LA01 Verwaltung_Zone37_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	0txtJ1kTr9XQCMSeX3Mxeb	lfcSpace
AnfZon074	Zone37	LA01 Verwaltung_Zone37_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	0txtJ1kTr9XQCMSeX3Mxeb	lfcSpace
AnfZon075	Zone38	LA01 Verwaltung_Zone38_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	0FVBUD5TTEHgSdtGPn5fTk	lfcSpace
AnfZon076	Zone38	LA01 Verwaltung_Zone38_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	0FVBUD5TTEHgSdtGPn5fTk	lfcSpace
AnfZon077	Zone39	LA01 Verwaltung_Zone39_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	2_XwfEcN5BLhDpmNkoKcn6	lfcSpace
AnfZon078	Zone39	LA01 Verwaltung_Zone39_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	2_XwfEcN5BLhDpmNkoKcn6	lfcSpace
AnfZon079	Zone40	LA01 Verwaltung_Zone40_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	0GgMF\$_lzBgAWzs4mjXpzU	lfcSpace
AnfZon080	Zone40	LA01 Verwaltung_Zone40_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	0GgMF\$_lzBgAWzs4mjXpzU	lfcSpace
AnfZon081	Zone41	LA01 Verwaltung_Zone41_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	3qpypUXj10BhUCmdgTZ0l	lfcSpace
AnfZon082	Zone41	LA01 Verwaltung_Zone41_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	3qpypUXj10BhUCmdgTZ0l	lfcSpace
AnfZon083	Zone42	LA01 Verwaltung_Zone42_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	1byVgJ8b53lRsTt7K7pA\$0	lfcSpace
AnfZon084	Zone42	LA01 Verwaltung_Zone42_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	1byVgJ8b53lRsTt7K7pA\$0	lfcSpace
AnfZon085	Zone43	LA01 Verwaltung_Zone43_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	105suxupfDBw9HvKpe9fb6	lfcSpace
AnfZon086	Zone43	LA01 Verwaltung_Zone43_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	105suxupfDBw9HvKpe9fb6	lfcSpace
AnfZon087	Zone44	LA01 Verwaltung_Zone44_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	2neOR5U1171vdeP\$Sx\$lu	lfcSpace
AnfZon088	Zone44	LA01 Verwaltung_Zone44_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	2neOR5U1171vdeP\$Sx\$lu	lfcSpace
AnfZon089	Zone45	LA01 Verwaltung_Zone45_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	3UPfNdq7X7qg_r00mN99HN	lfcSpace
AnfZon090	Zone45	LA01 Verwaltung_Zone45_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	3UPfNdq7X7qg_r00mN99HN	lfcSpace
AnfZon091	Zone46	LA01 Verwaltung_Zone46_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	0Axi7YPuj4DPfeUJNZz9qW	lfcSpace
AnfZon092	Zone46	LA01 Verwaltung_Zone46_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	0Axi7YPuj4DPfeUJNZz9qW	lfcSpace
AnfZon093	Zone47	LA01 Verwaltung_Zone47_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	1AVdHKe79DmPm5bnLGDgX1	lfcSpace
AnfZon094	Zone47	LA01 Verwaltung_Zone47_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	1AVdHKe79DmPm5bnLGDgX1	lfcSpace
AnfZon095	Zone48	LA01 Verwaltung_Zone48_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	2oJmHjXqH95Qlrei73SKLp	lfcSpace
AnfZon096	Zone48	LA01 Verwaltung_Zone48_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	2oJmHjXqH95Qlrei73SKLp	lfcSpace
AnfZon097	Zone49	LA01 Verwaltung_Zone49_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	0DCFRSvyr5xBsGKAaiOQBC	lfcSpace
AnfZon098	Zone49	LA01 Verwaltung_Zone49_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	0DCFRSvyr5xBsGKAaiOQBC	lfcSpace
AnfZon099	Zone50	LA01 Verwaltung_Zone50_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	3oJgWzYqLDwRuFR3UK5Ngw	lfcSpace
AnfZon100	Zone50	LA01 Verwaltung_Zone50_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	3oJgWzYqLDwRuFR3UK5Ngw	lfcSpace
AnfZon101	Zone51	LA01 Verwaltung_Zone51_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	2dxmygmf1ETRKNVxyRRKGw	lfcSpace
AnfZon102	Zone51	LA01 Verwaltung_Zone51_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	2dxmygmf1ETRKNVxyRRKGw	lfcSpace

AnfZonID	ZonID	ZonName	ZonBelüftung	AnfZonRegelung	AnfZonMedium	AnIID	AnIName	BerGlobalID	BerEnität
AnfZon103	Zone52	LA01 Verwaltung_Zone52_Zuluft	mechanisch	VAV	Zuluft	244.01	LA01 Verwaltung	0Qhatjg99FKAiNLLskULEa	IfcSpace
AnfZon104	Zone52	LA01 Verwaltung_Zone52_Abluft	mechanisch	VAV	Abluft	244.01	LA01 Verwaltung	0Qhatjg99FKAiNLLskULEa	IfcSpace
AnfZon105	Zone53	LA02 WC und Nebenräume_Zone53_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	2S1pGW7VHAJOTRXABdOTIF	IfcSpace
AnfZon106	Zone53	LA02 WC und Nebenräume_Zone53_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	2S1pGW7VHAJOTRXABdOTIF	IfcSpace
AnfZon107	Zone54	LA02 WC und Nebenräume_Zone53_Zuluft	mechanisch	CAV	Zuluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1byG8ehTf5shFsgOmqq510	IfcSpace
AnfZon108	Zone54	LA02 WC und Nebenräume_Zone53_Abluft	mechanisch	CAV	Abluft	244.02	LA02 WC und Nebenräume	1byG8ehTf5shFsgOmqq510	IfcSpace

### Aufwand zur Implementierung

Derzeit stehen keine Raumbücher mit ausreichend Struktur und Informationen zur Verfügung.

Gemäss den prozessvisualisierenden Gesprächen ist derzeit ein modellbasiertes, relationales Raumbuch in Entwicklung.

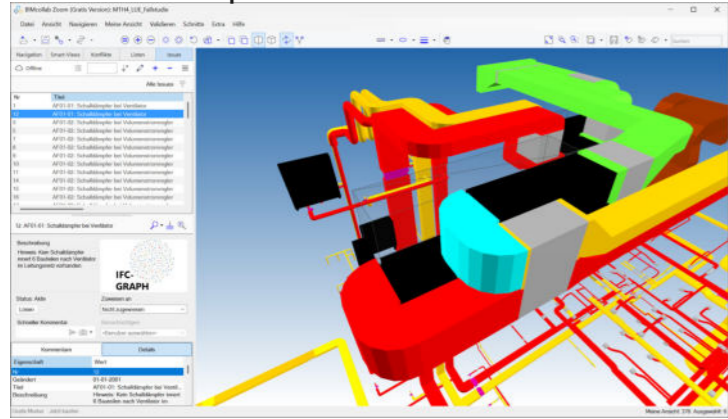
Ein solches würde die Abfrage oder Bereitstellung von strukturierten Raumanforderungen für das PoC ermöglichen.

- Raumbuch für Fallstudie manuell erstellt

# Anhang A32: Evaluierung: Fallstudie Durchführung 01

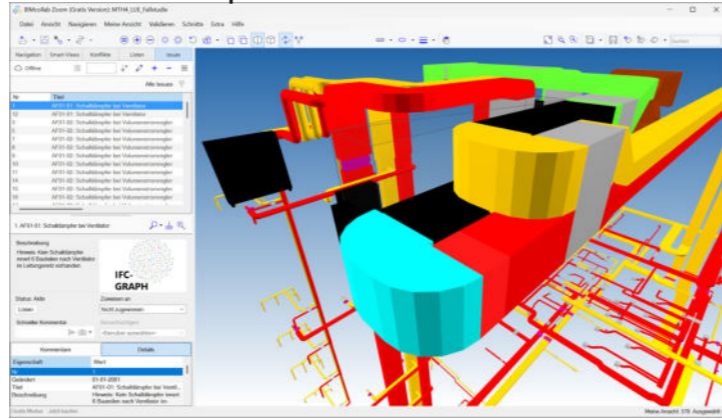
## Auswertung Prüfergebnisse Fallstudie V1

AF01-01: Schalldämpfer bei Ventilator:



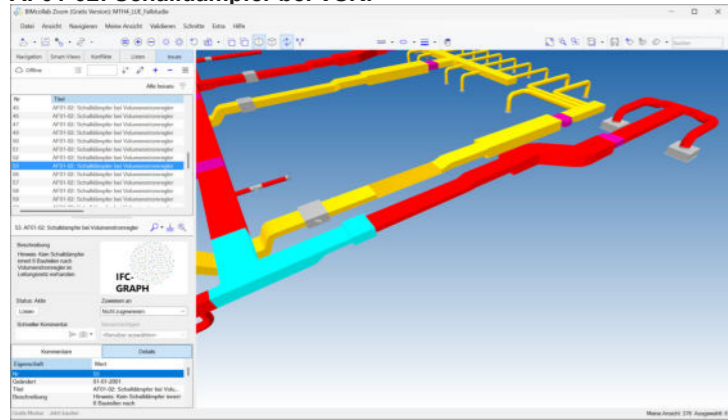
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile

AF01-01: Schalldämpfer bei Ventilator:



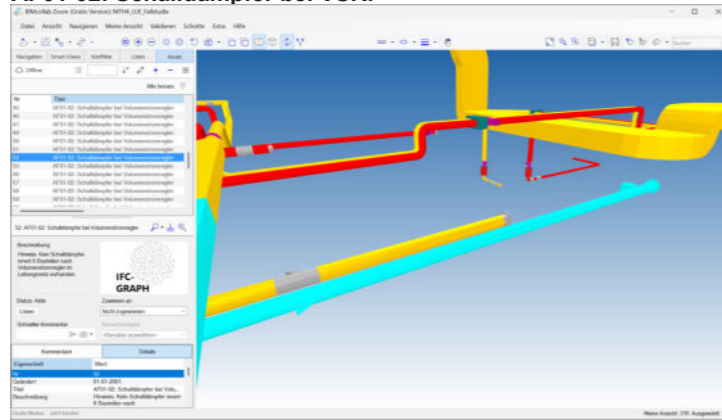
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



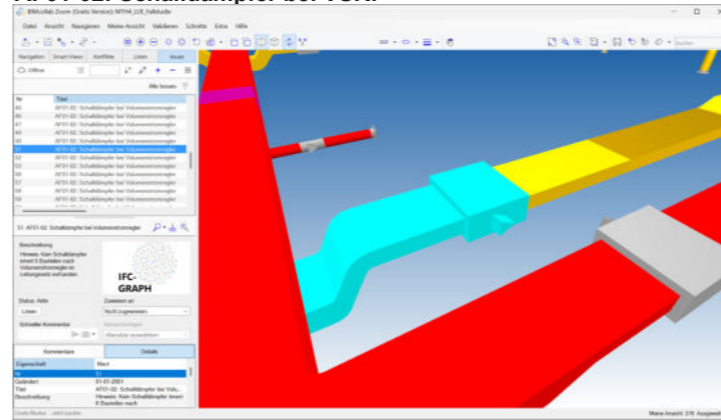
Hinweis falsch: Im Netz gibt es Stränge ohne VSR.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



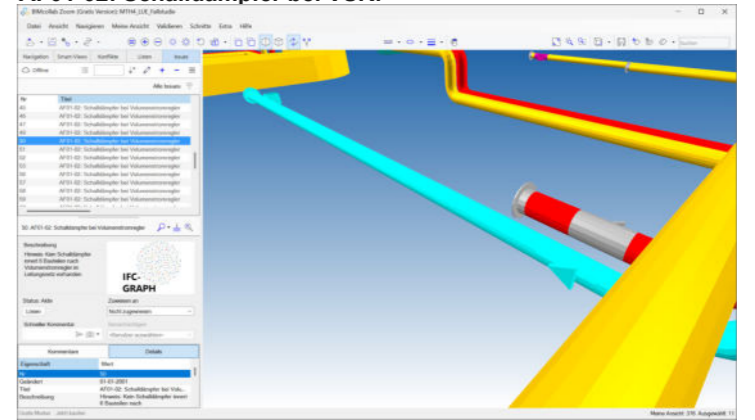
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



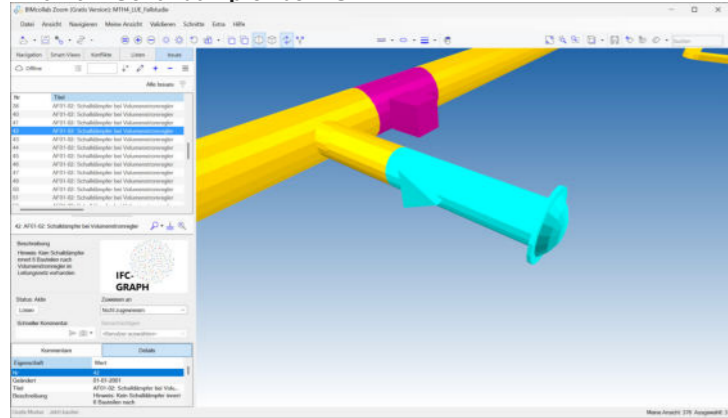
Hinweis falsch: Im Netz gibt es Stränge ohne VSR.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



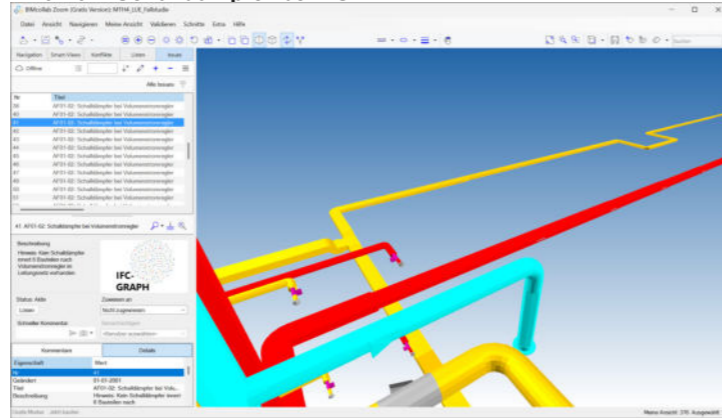
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



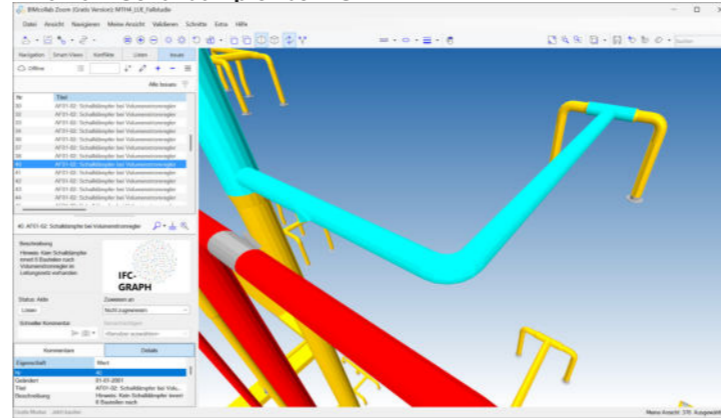
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



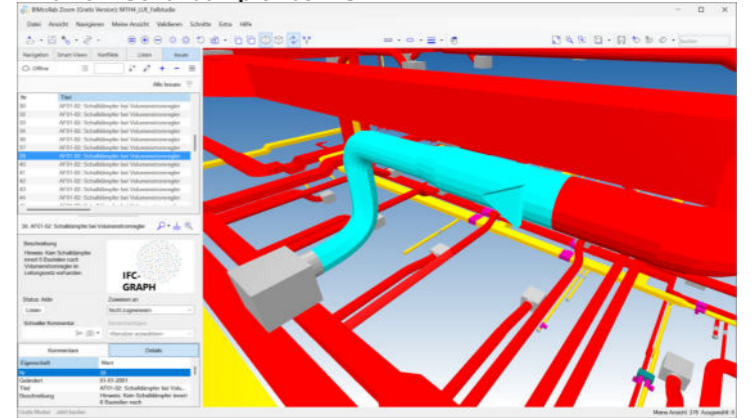
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



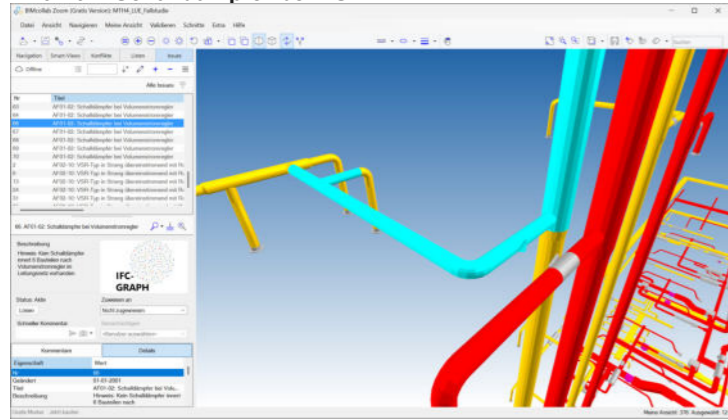
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



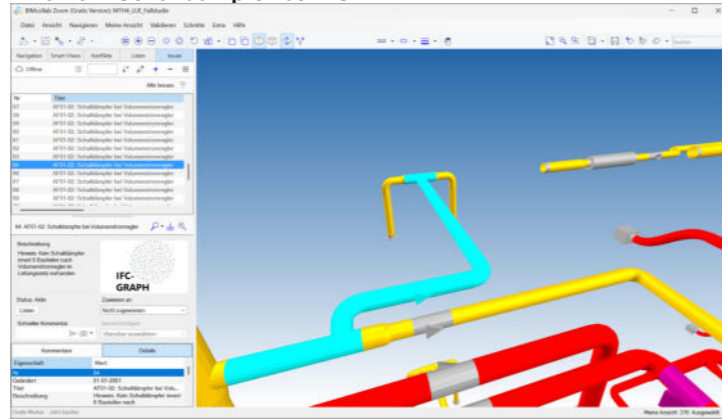
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



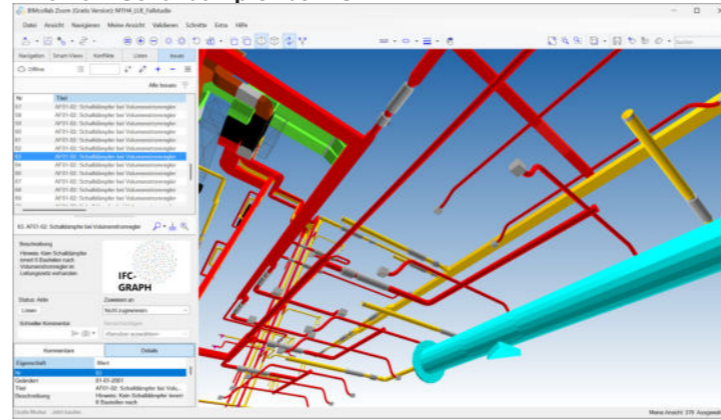
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



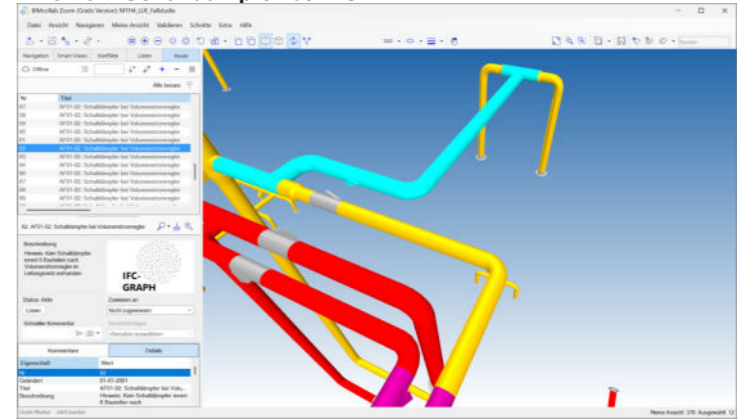
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



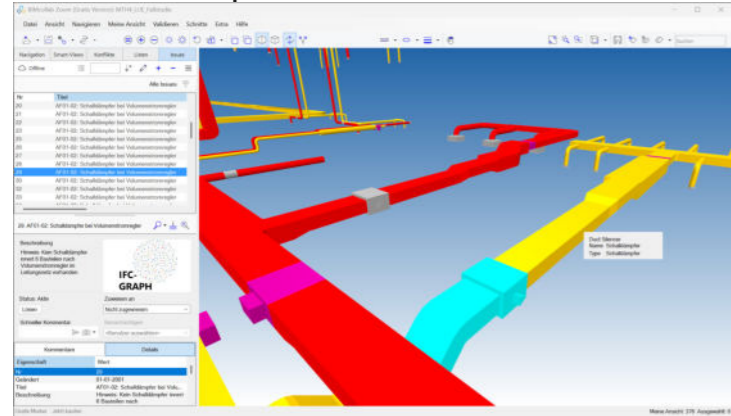
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



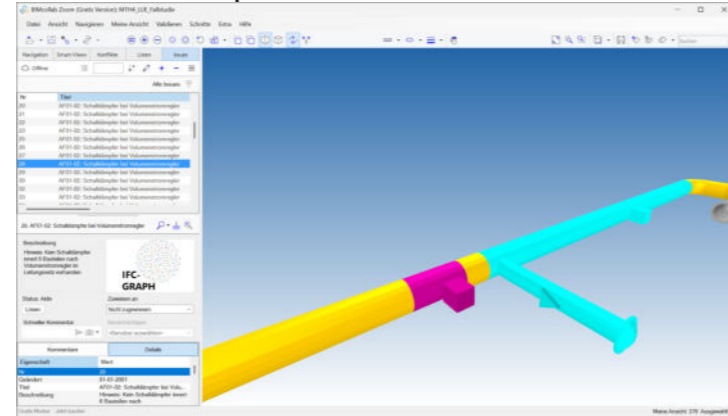
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



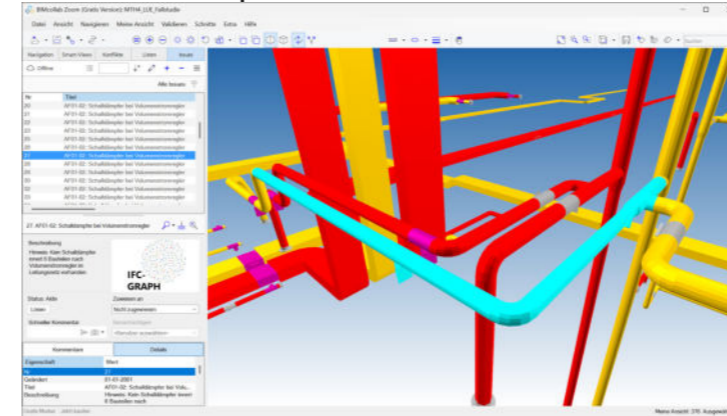
Hinweis falsch: Im Netz gibt es Stränge ohne VSR.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



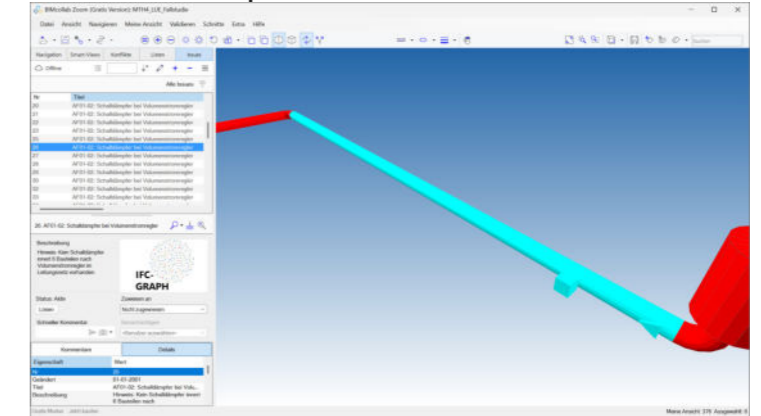
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



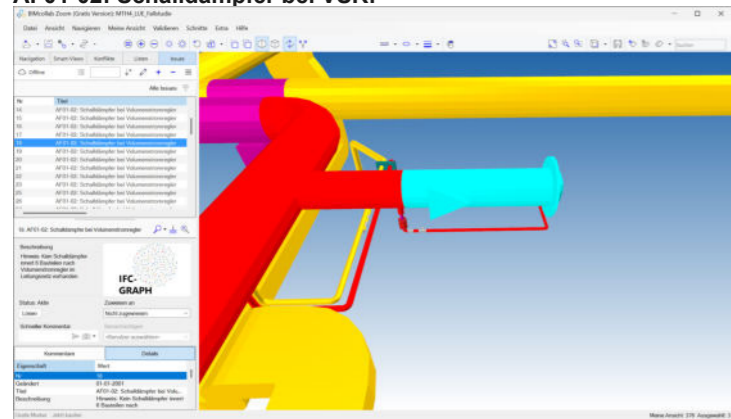
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



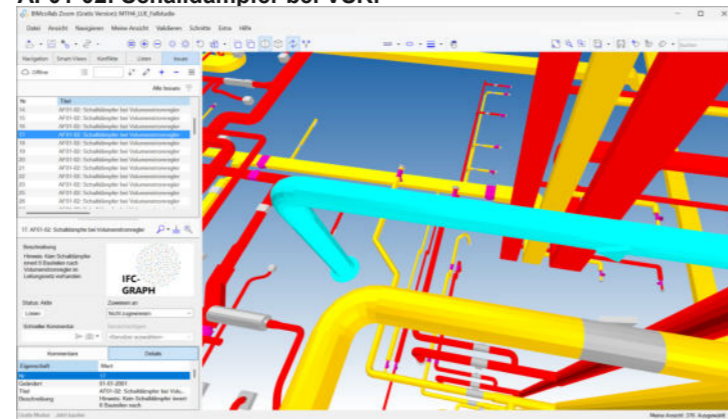
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



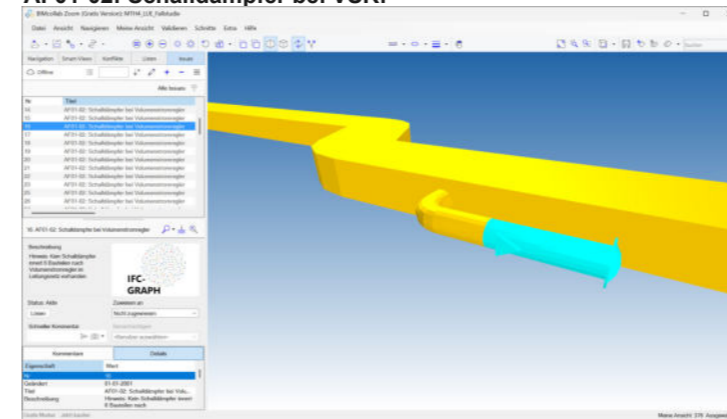
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



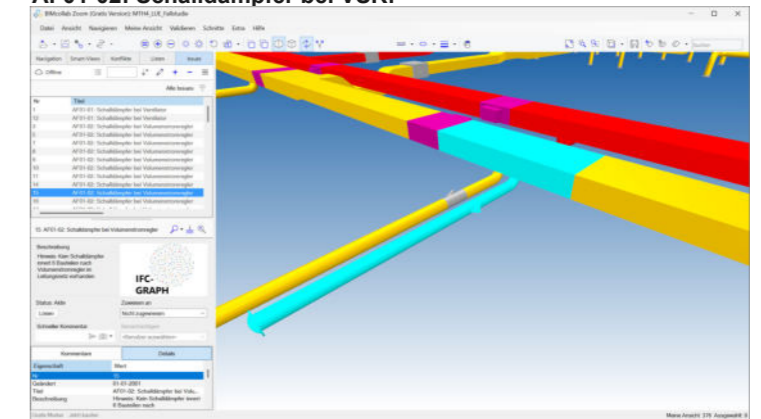
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



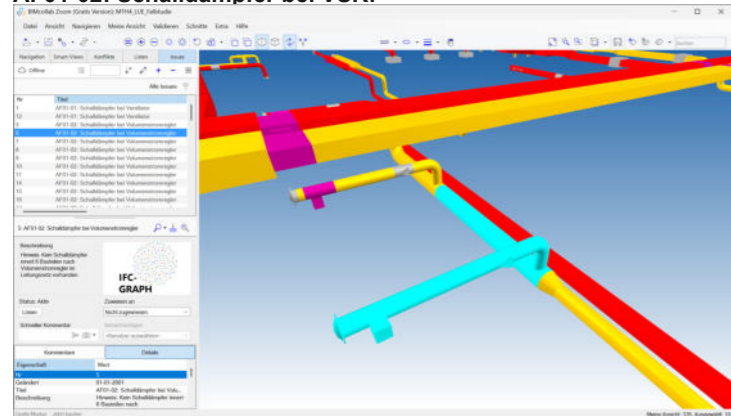
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



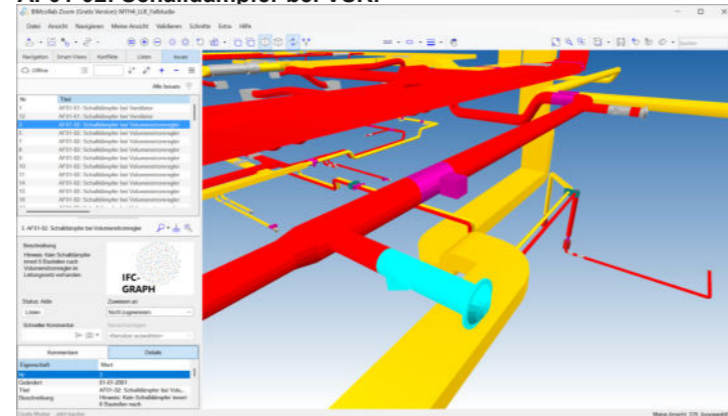
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



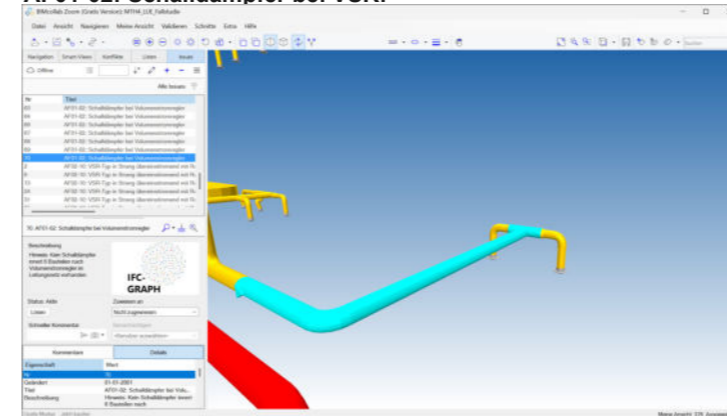
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



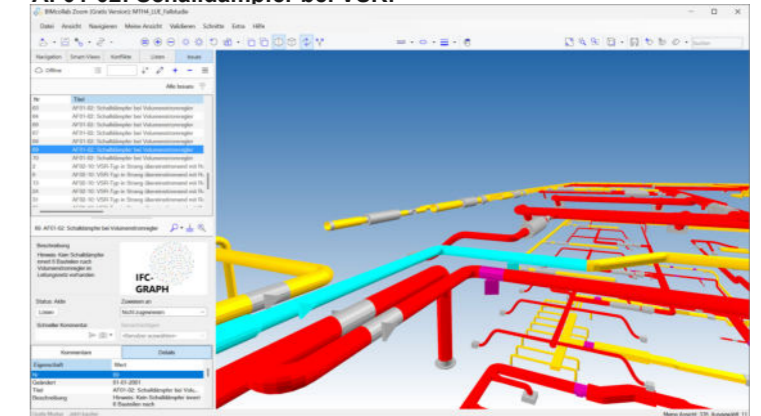
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



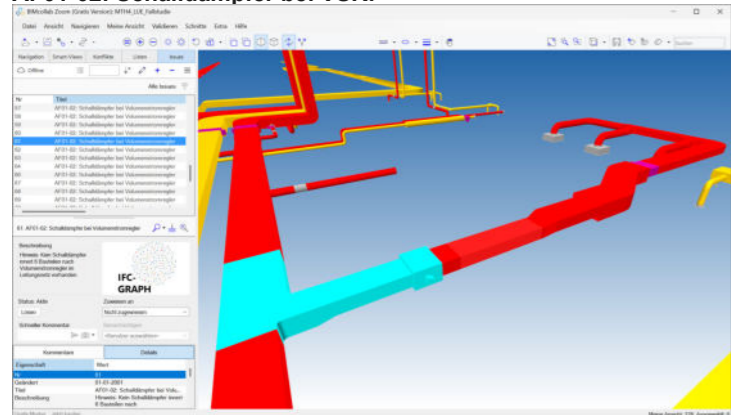
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



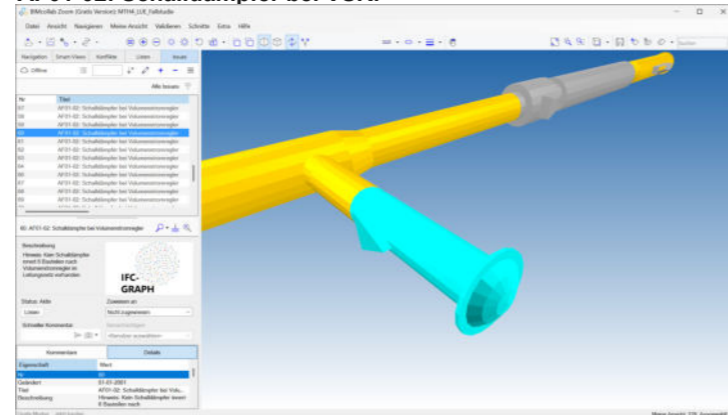
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



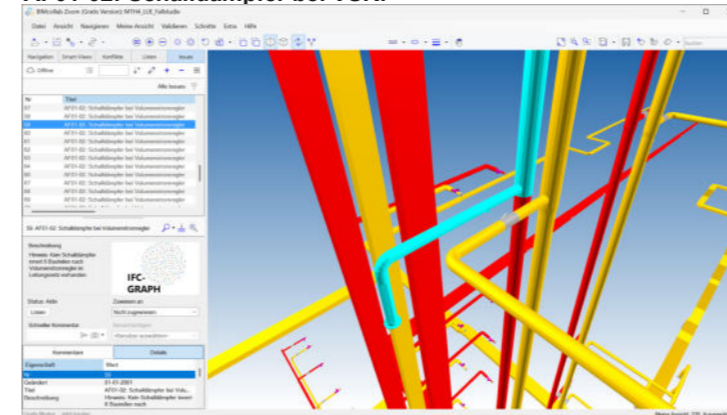
Hinweis falsch: Im Netz gibt es Stränge ohne VSR.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



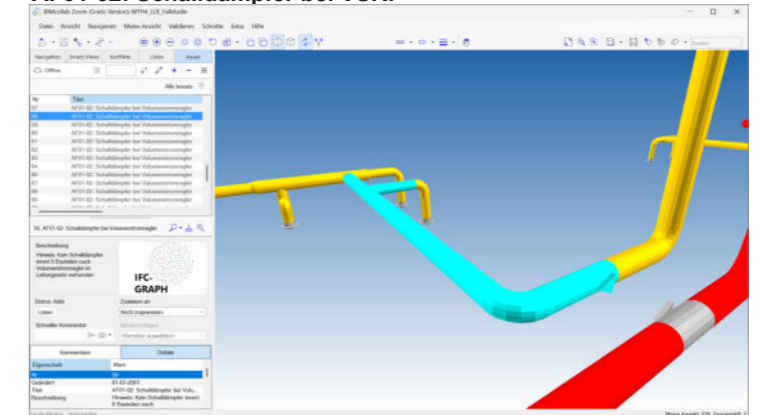
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



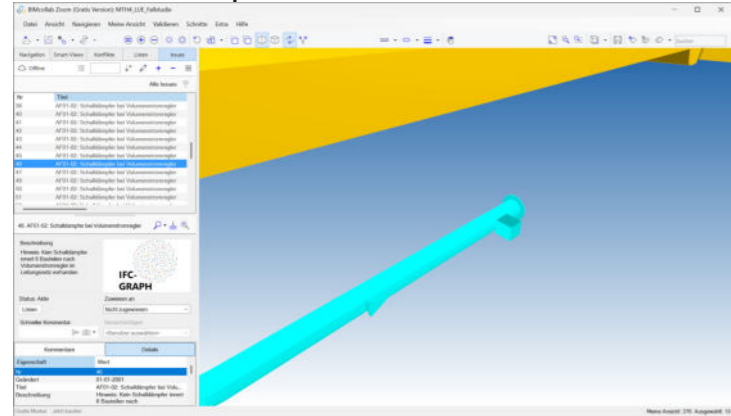
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



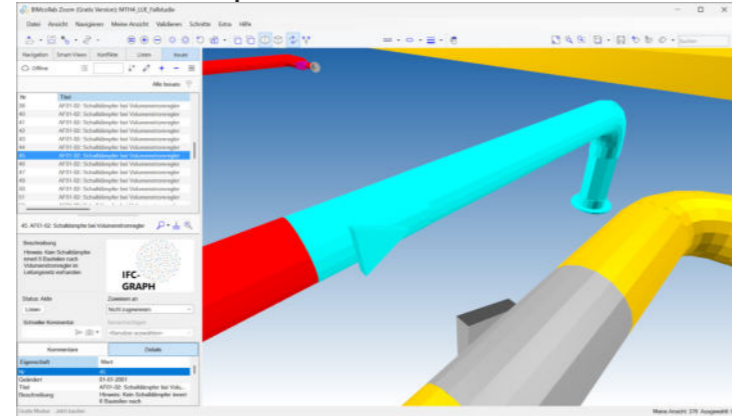
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



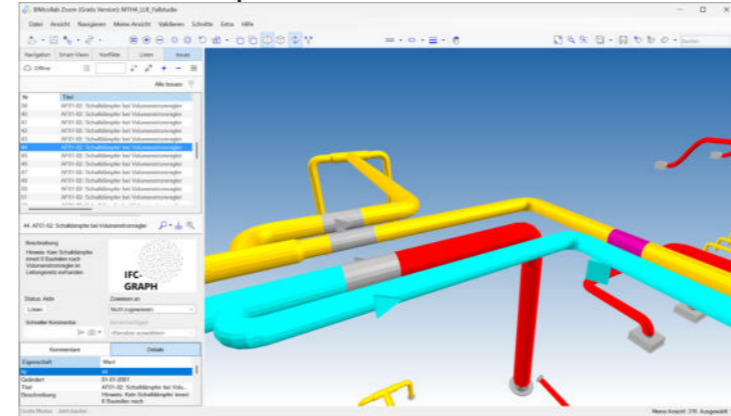
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



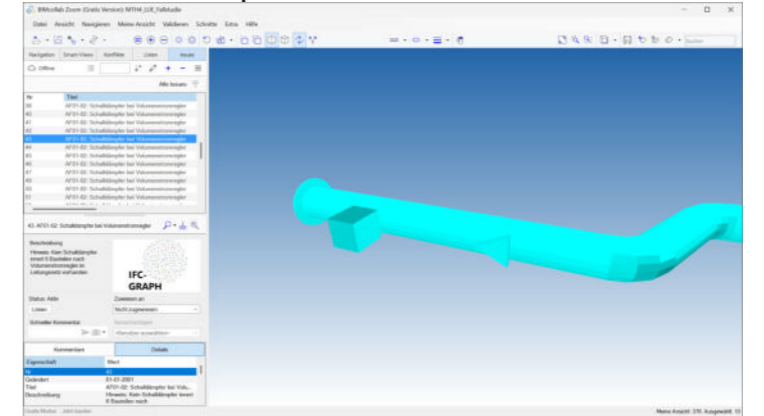
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



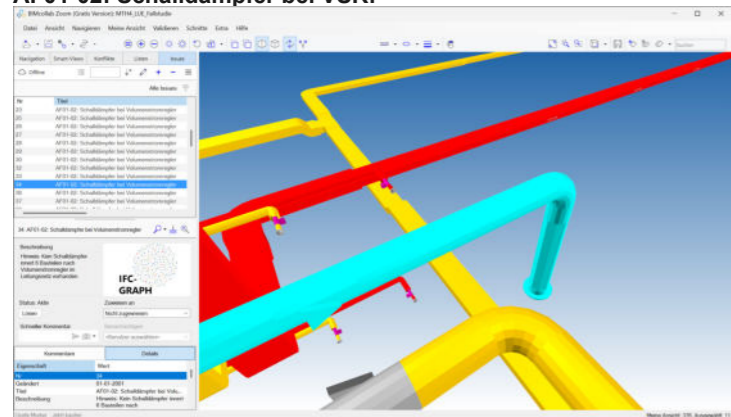
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



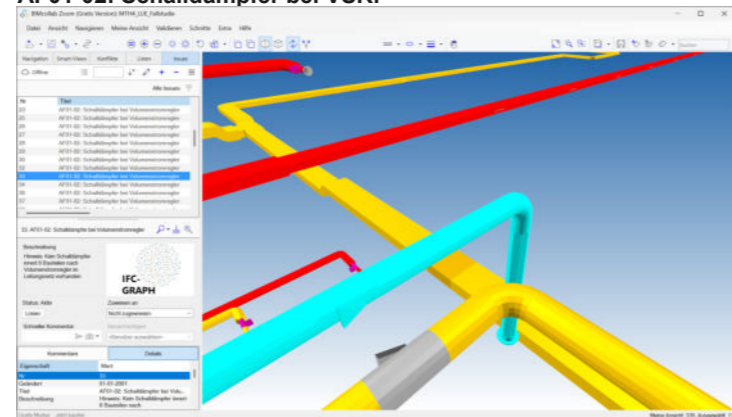
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



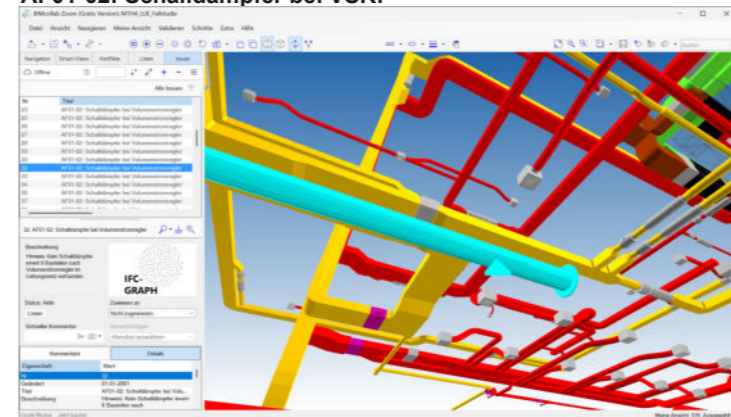
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



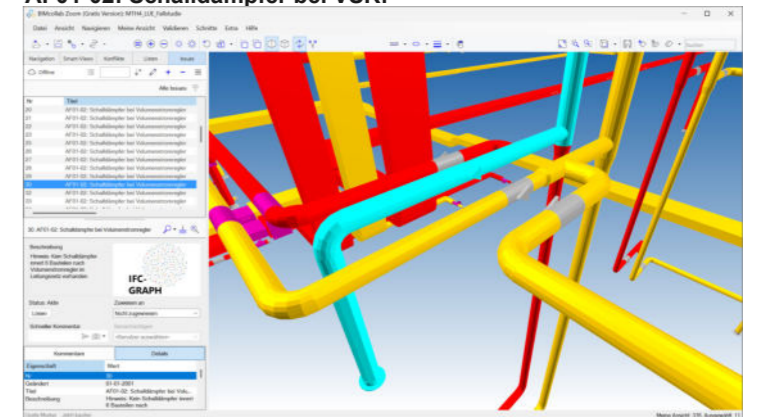
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



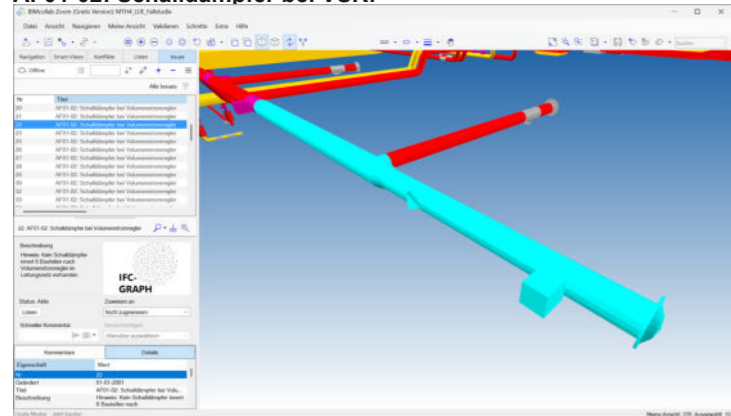
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



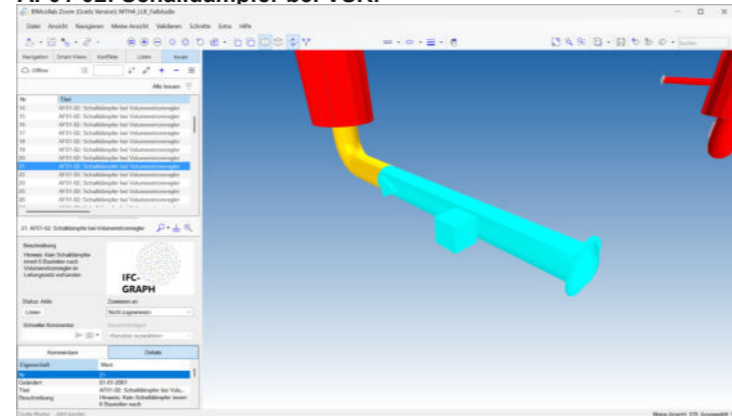
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



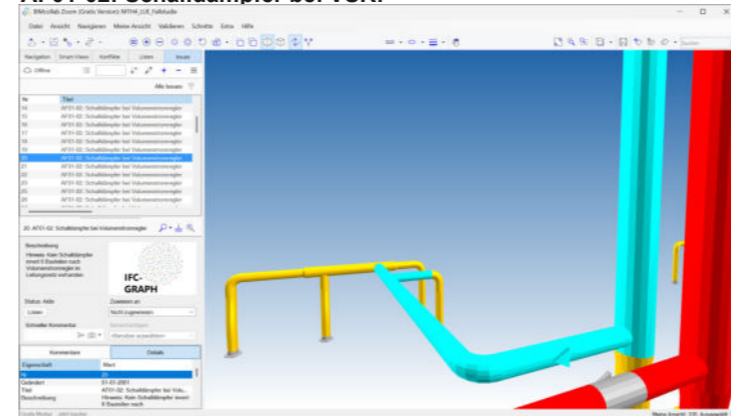
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



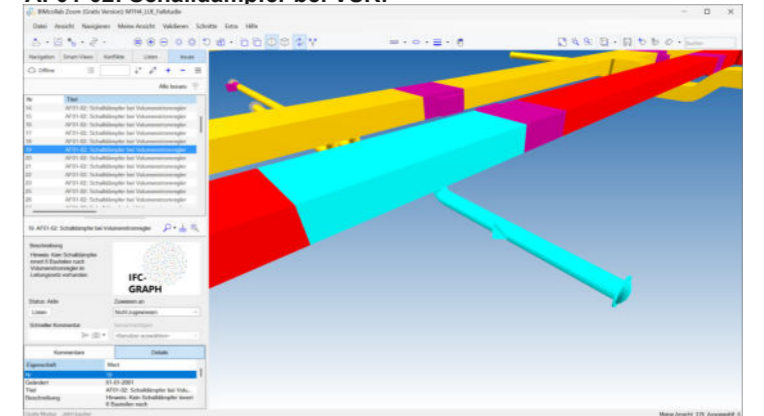
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



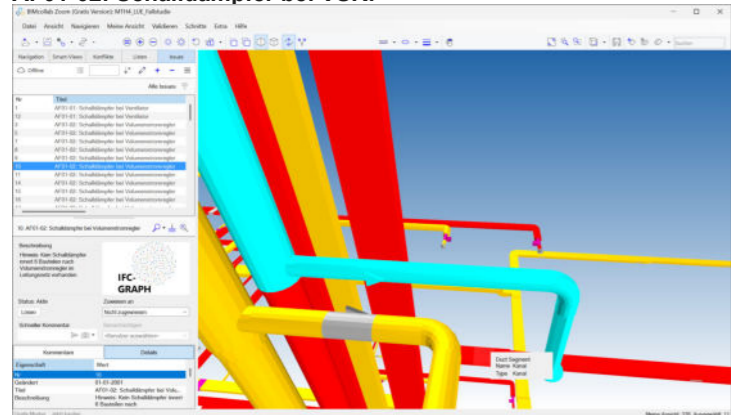
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



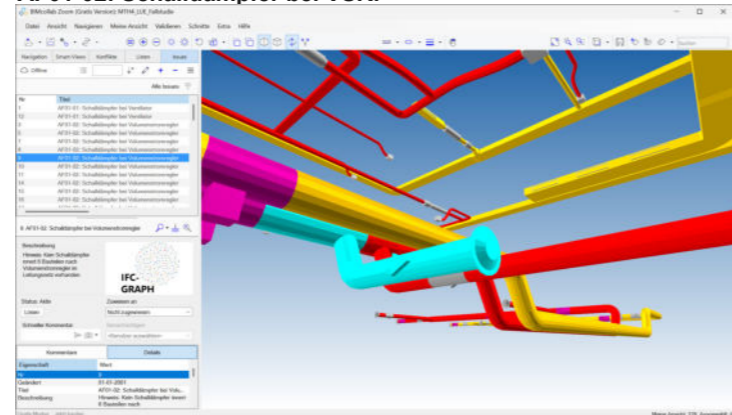
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



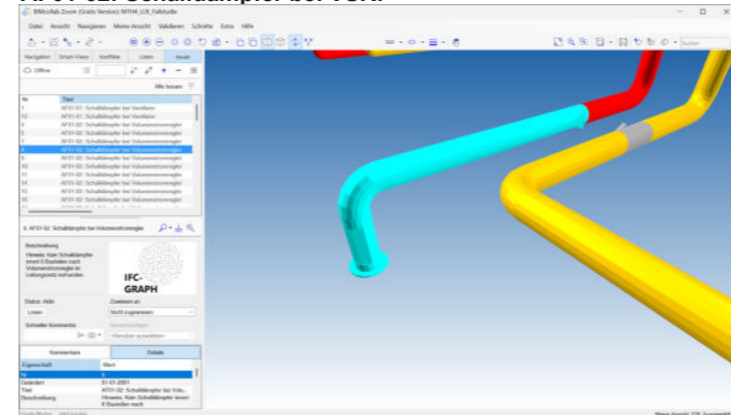
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



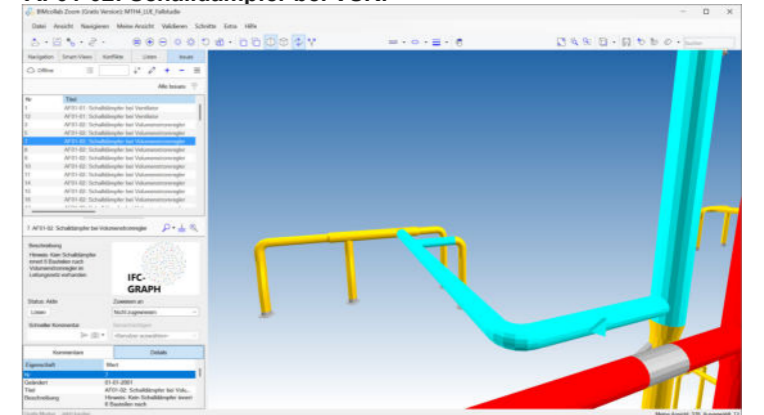
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



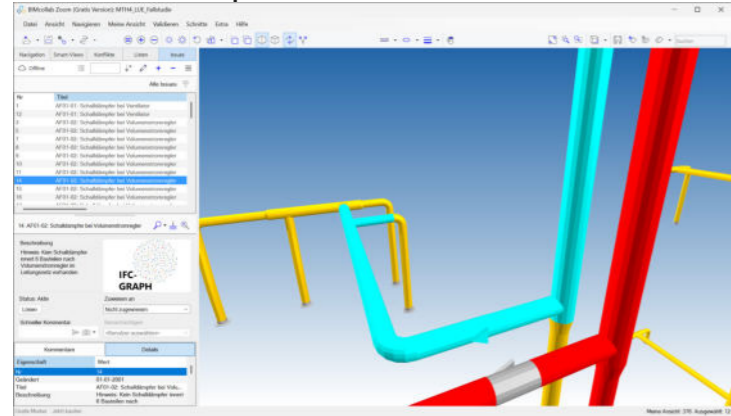
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



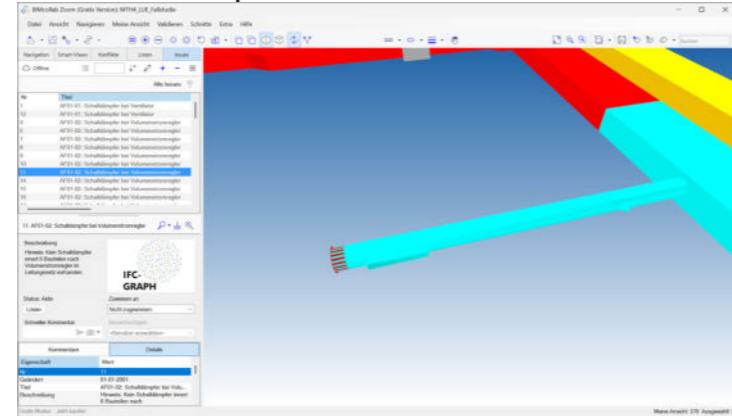
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



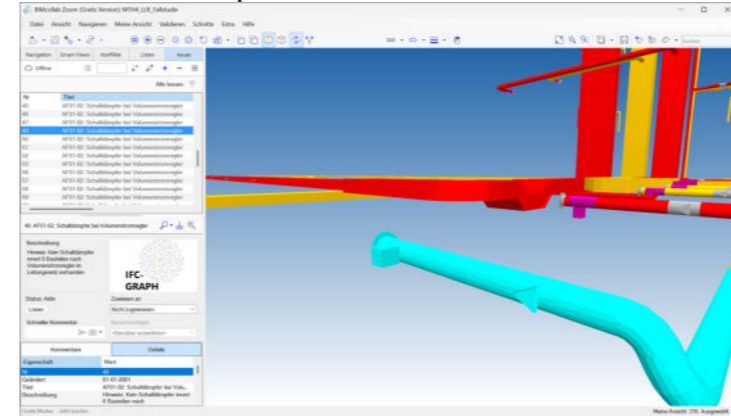
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



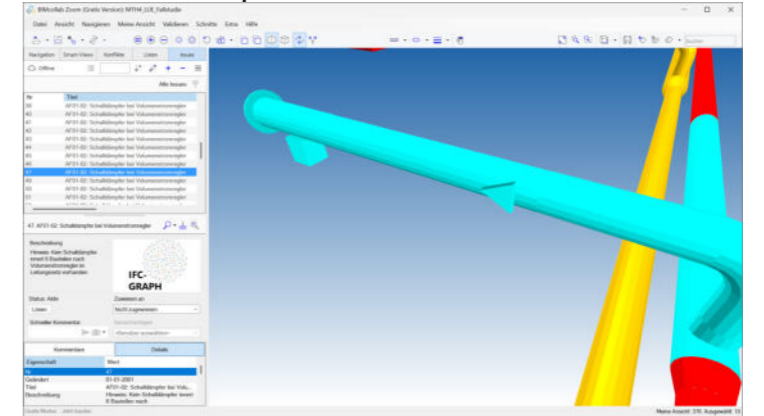
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



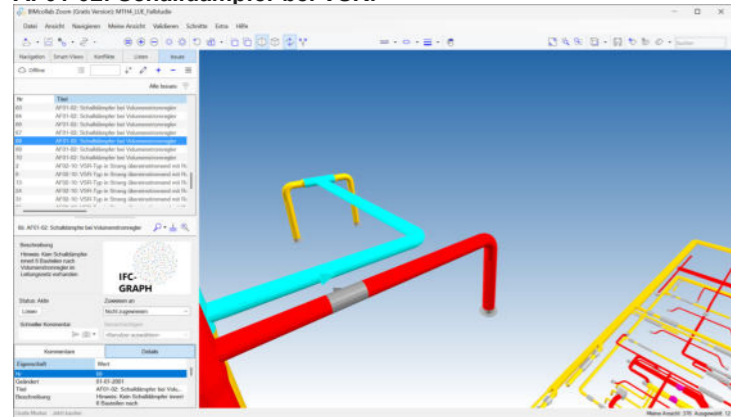
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



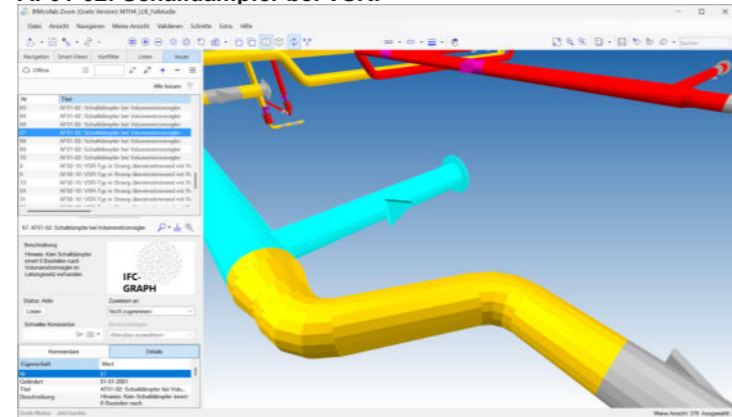
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



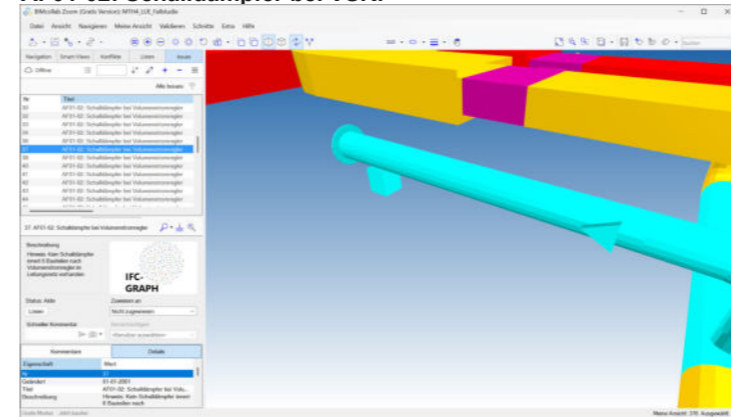
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



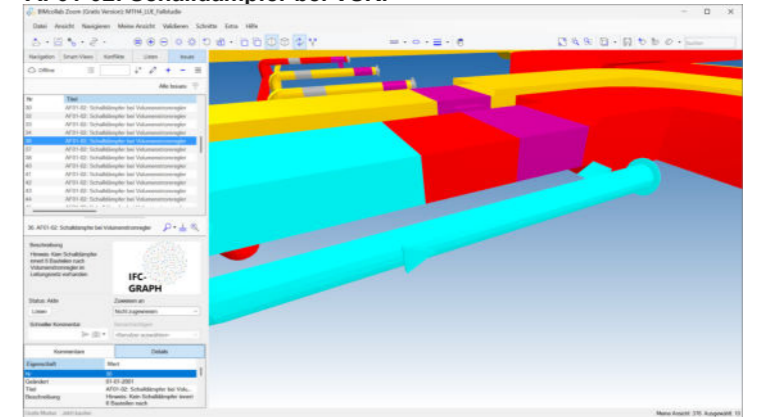
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



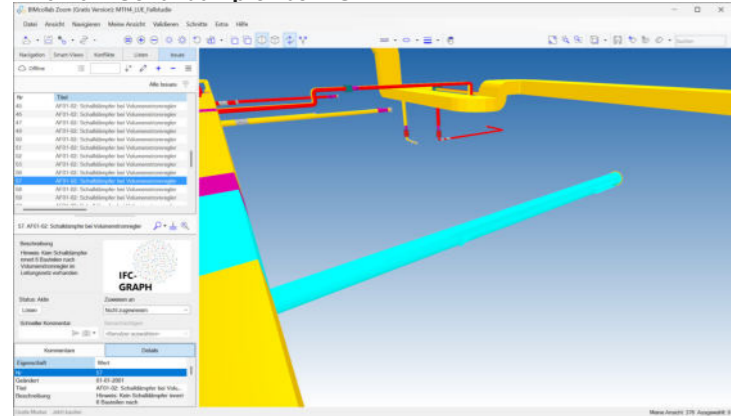
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



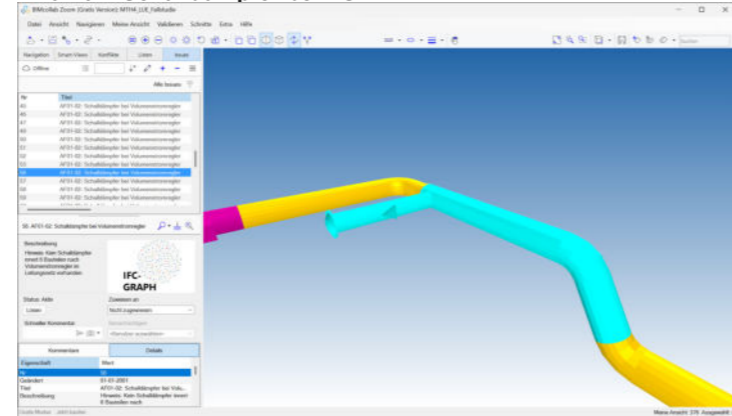
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



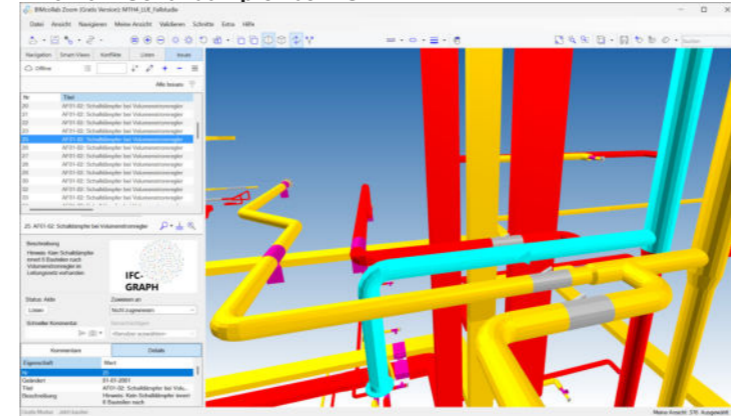
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



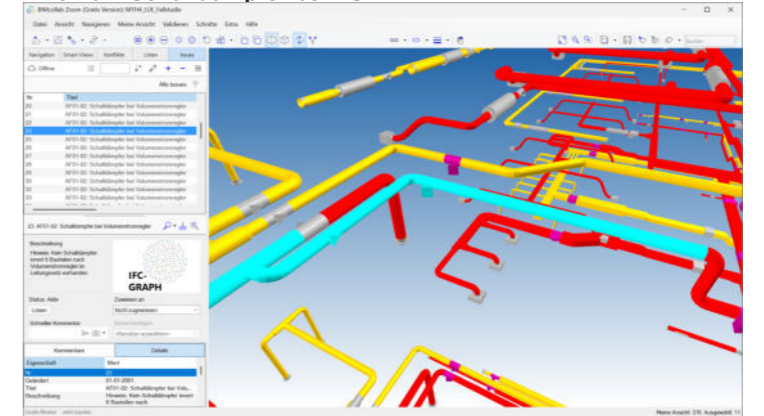
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



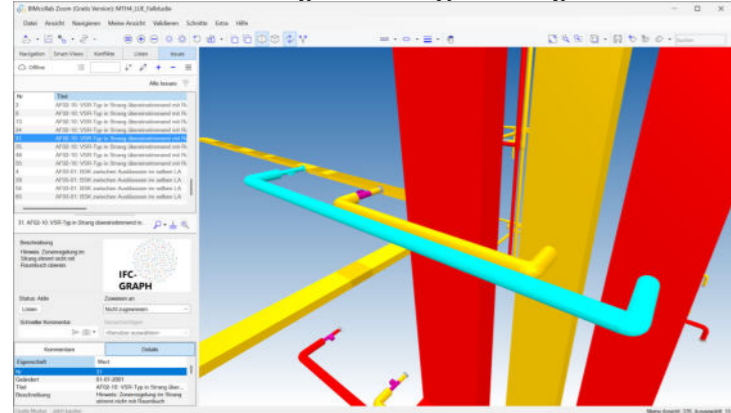
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



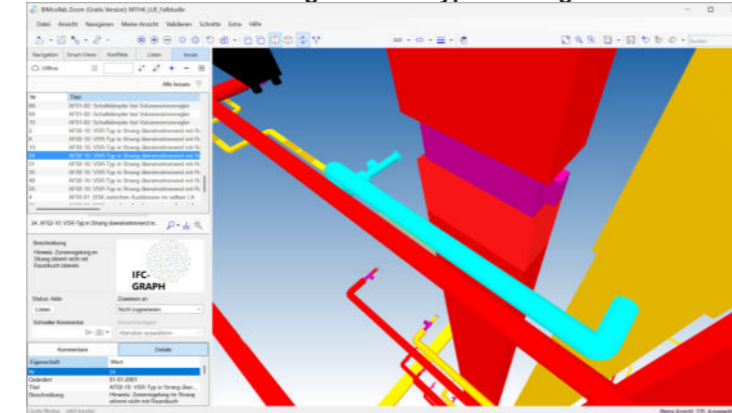
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



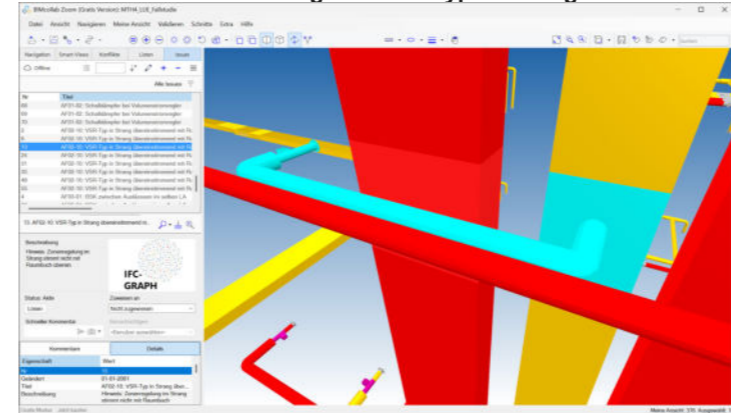
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



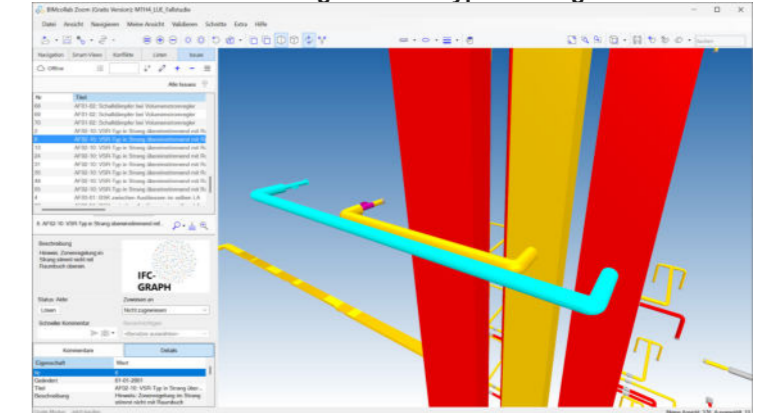
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



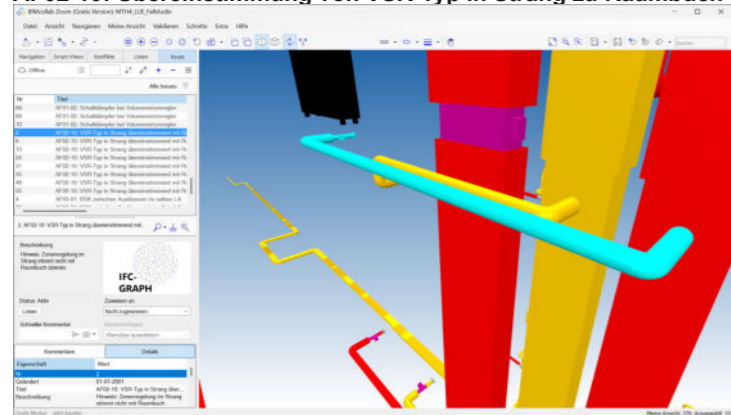
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



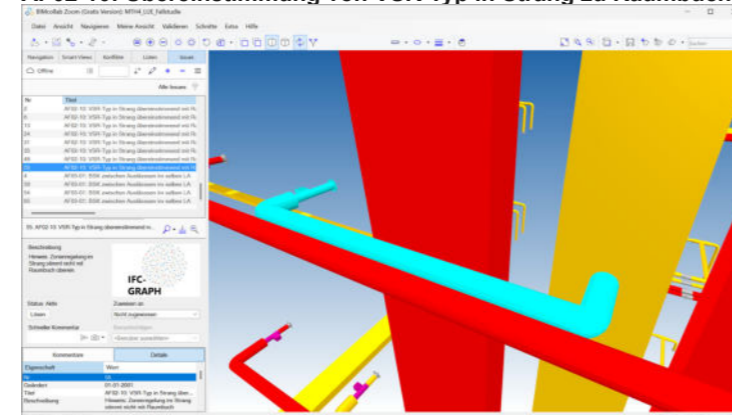
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



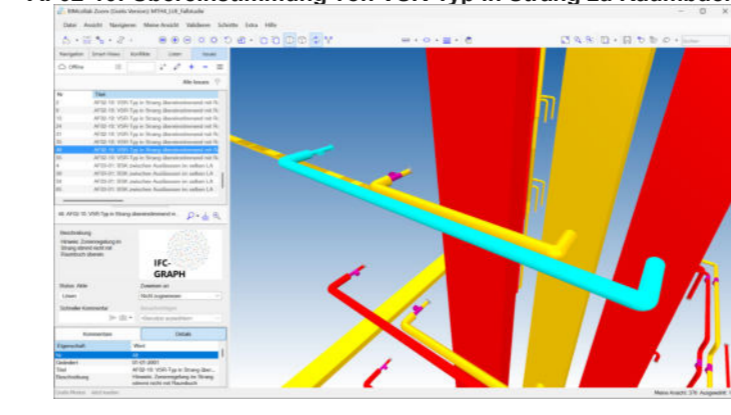
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



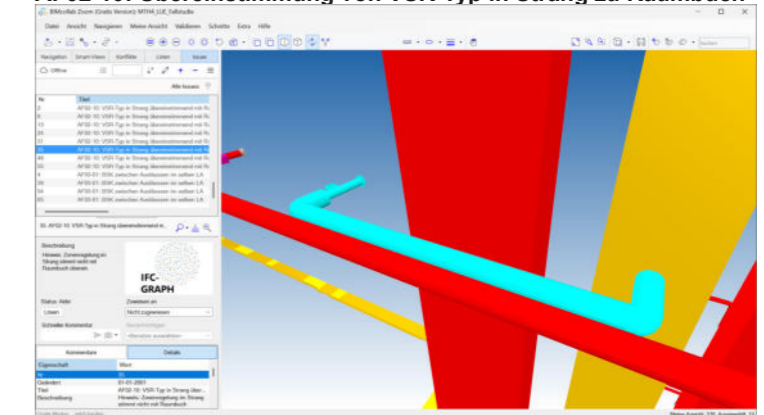
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



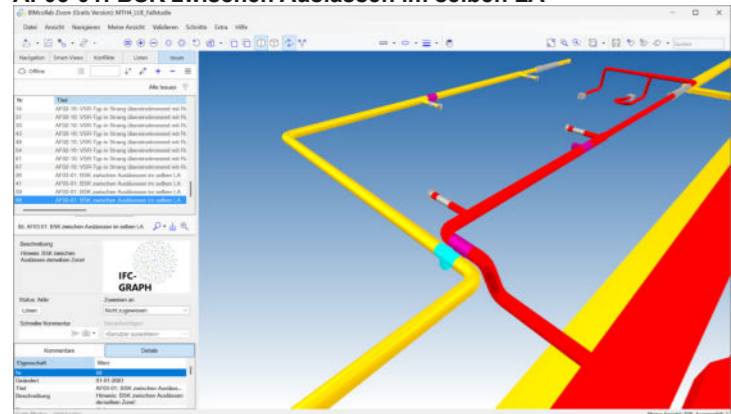
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



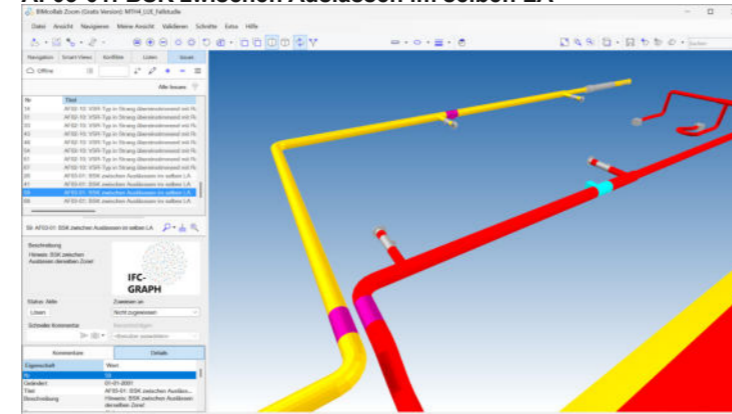
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA



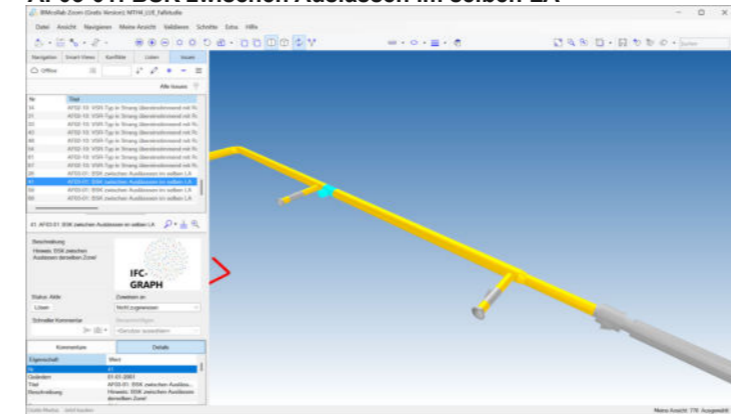
Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA



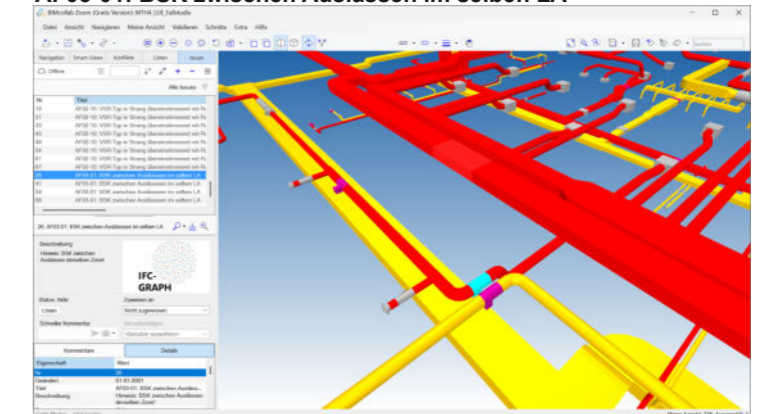
Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA



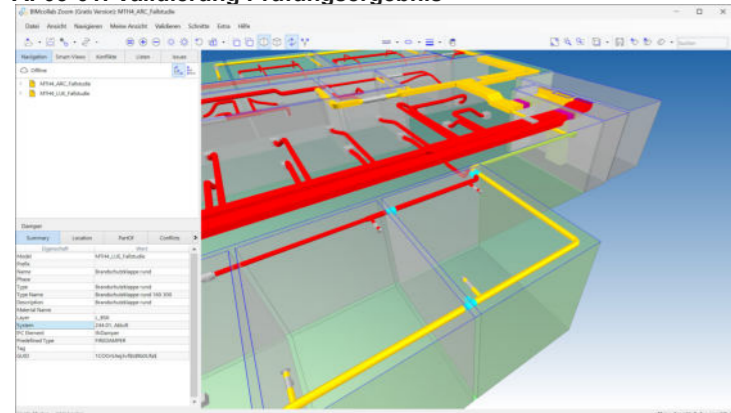
Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA



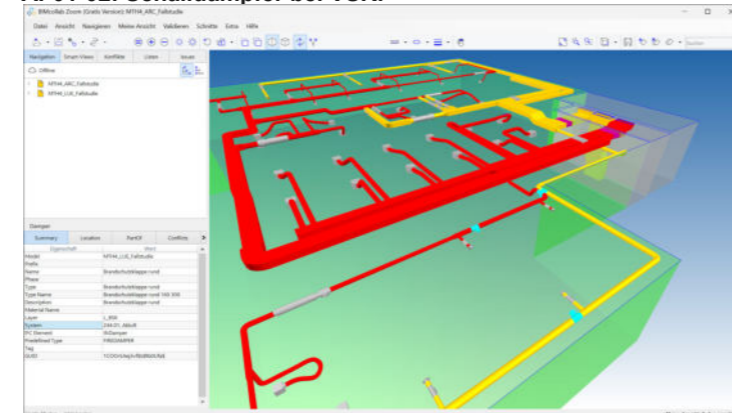
Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: Validierung Prüfungsergebnis



Die BSKs trennen einen einzigen Raum ab.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



Der Raum ist kein eigener Brandabschnitt.

## Fallstudie V1 | Herausforderung Grapherstellung

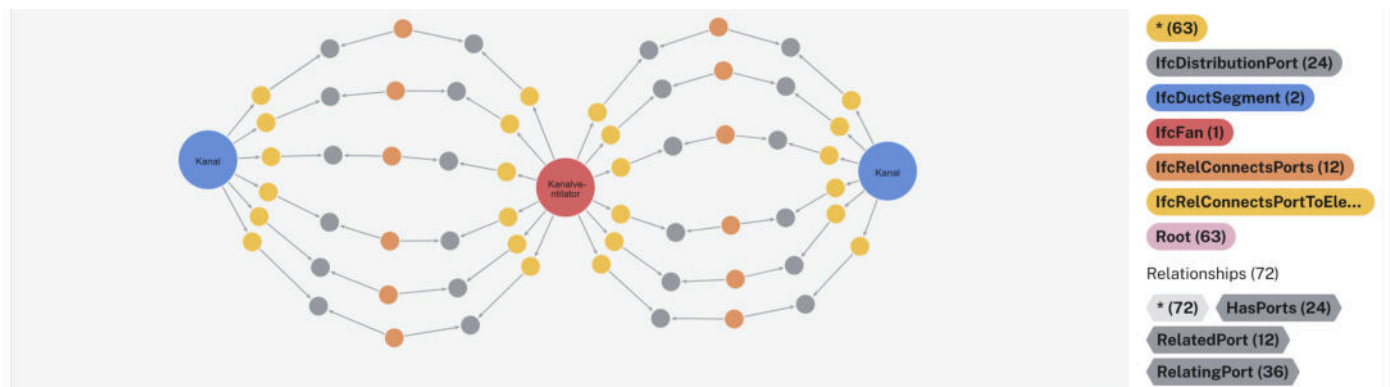
### Soll-Verbindung zwischen 2 Bauteilen:



### Bemerkung:

Die grauen Pfeile stellen die in den Abfragen genutzte Verbindung zwischen Nodes dar. Es darf immer nur ein genutzter Pfad vorliegen.

### Verbindungen nach 1. Export der Fallstudie



### Bemerkung:

Abfragen im erstellten Graph führten mehrfach zum Absturz von neo4j. Wie sich herausstellt und die Grafiken oben und unten zeigen, liegen zwischen Bauteilen anstelle einer grauen sechs graue Verbindungen vor (Die roten sind ausgeblendet). Dies führt zu einer exponentiellen Zunahme der Pfadmöglichkeiten wobei die Anzahl der Verbindungen die Basis bildet.

Im rot eingekreisten Bereich in der unteren Grafik sind damit bereits 1296 unterschiedliche Pfadkombinationen möglich!

```

1 MATCH p=(n:IfcFan)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*..24]-(m:IfcDuctSegment)
2 RETURN p

```

**Results overview**

- Nodes (1.836)
- \* (1836)
- IfcAirTerminal (1)
- IfcDistributionPort (708)
- IfcDuctFitting (3)
- IfcDuctSegment (53)
- IfcDuctSilencer (2)
- IfcFan (7)
- IfcRelConnectsPorts (354)
- IfcRelConnectsPortToEle...
- Root (1836)
- Relationships (2.124)
- \* (2124)
- HasPorts (708)

Started streaming 73548 records after 64 ms and completed after 4.343 ms.

### Massnahme:

Im PoC wurde eine eingehende minimale Qualitätsprüfung des Graphen mit der Funktion `check_graph` ergänzt. Liegt eine mehrfache Verbindungsanzahl vor wird die Graphabfrage abgebrochen.

Ursache liegt in der Autorensoftware. Einen sauberen Export hat, durch mehrfaches Try-and-Error ermittelt, ermöglicht sämtliche Zeichnungen neu anzulegen.

## Fallstudie V1 | Verbesserung AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:

### Cypher-Query alt:

```
MATCH p = (vsr:IfcAirTerminalBox)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminal)
WHERE NONE (n IN nodes(p)[1..] WHERE (n:IfcAirTerminalBox|IfcFan|IfcUnitaryEquipment)) AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer)

WITH vsr,
COLLECT([n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n.GlobalId][0..6]) AS
path_nodes

RETURN vsr.GlobalId AS VSR_GlobalID, path_nodes AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Kein Schalldämpfer innert 6 Bauteilen nach Volumenstromregler im
Leitungsnetz vorhanden." AS Bemerkung
```

### Cypher-Query neu:

```
MATCH (:IfcFan|IfcUnitaryEquipment)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminalBox)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:IfcAirTerminal)
MATCH p = (vsr)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]-(:ter)
WHERE NONE(n IN nodes(p)[1..] WHERE (n:IfcAirTerminalBox|IfcFan|IfcUnitaryEquipment)) AND NONE(n IN nodes(p)[1..31] WHERE n:IfcDuctSilencer)

WITH vsr,
COLLECT([n IN nodes(p) WHERE NOT n:IfcDistributionPort AND NOT n:IfcRelConnectsPortToElement AND NOT n:IfcRelConnectsPorts | n.GlobalId][0..6]) AS
path_nodes

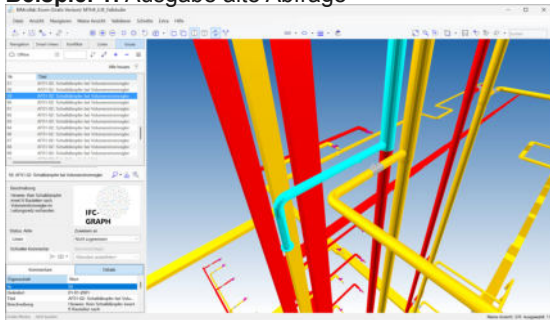
RETURN vsr.GlobalId AS VSR_GlobalID, path_nodes AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Kein Schalldämpfer innert 6 Bauteilen nach Volumenstromregler im
Leitungsnetz vorhanden." AS Bemerkung
```

### Bemerkung:

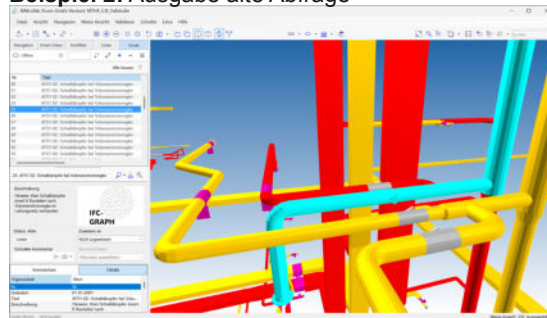
Durch zusätzliches MATCH-Statement vom Ventilator zum Volumenstromregler ist dem 2. Match Statement die Flussrichtung bekannt.

Folglich werden die falschen Ausgaben aus der Fallstudie nicht mehr angezeigt zusätzlich. Zusätzlich werden auch keine Bauteile vor dem Volumenstromregler mehr markiert, wenn nicht in allen Strängen ein Volumenstromregler enthalten ist. Obschon dies fachlich notwendig ist.

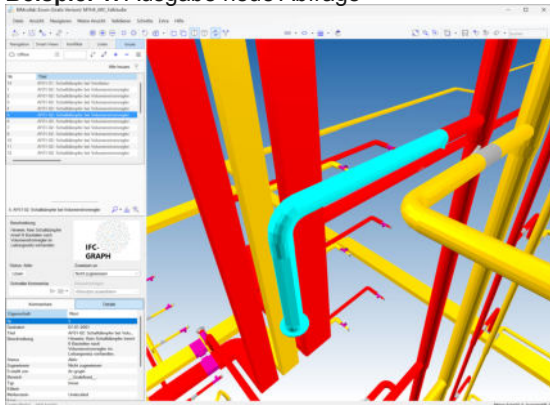
### Beispiel 1: Ausgabe alte Abfrage



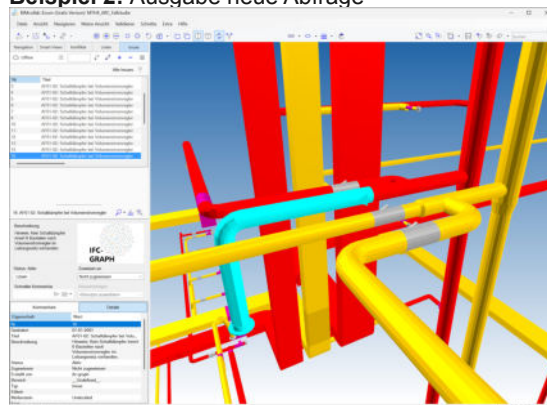
### Beispiel 2: Ausgabe alte Abfrage



### Beispiel 1: Ausgabe neue Abfrage



### Beispiel 2: Ausgabe neue Abfrage



### Prüfergebnisse neu:

erwartet: 52

erhalten: 26

Ursache: unvollständige Bauteilverbindungen  
--> Verbesserung Kontrolle Verbindungen

## Fallstudie V1 | Verbesserung Kontrolle der Bauteilverbindungen:

### Cypher-Query:

```
MATCH (segment1:IfcDuctSegment|IfcAirTerminalBox|IfcDuctFitting|IfcDamper|IfcDuctSilencer|IfcFlowSegment), p = (segment1)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*4]-(port:IfcDistributionPort)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*2]-(segment2:IfcDuctSegment|IfcAirTerminalBox|IfcDuctFitting|IfcDamper|IfcDuctSilencer|IfcFan|IfcAirTerminal|IfcUnitaryEquipment|IfcFlowSegment)
WHERE NOT (port.Name = "CP1" AND segment2.ObjectType IN ["Stützen rund", "Sattelstützen", "Kanalstützen", "Lüftungsgitter (Kanaleinbau)"]) // Liste womöglich unvollständig

WITH segment1, COLLECT(DISTINCT segment2) AS nodes2

WITH segment1, nodes2,
CASE
WHEN segment1.ObjectType = "Kreuzstück" AND NOT SIZE(nodes2) = 4 THEN segment1.GlobalId
WHEN segment1.ObjectType IN ["T-Stück", "Abzweigstück", "Hosenstück"] AND NOT SIZE(nodes2) = 3 THEN segment1.GlobalId
WHEN segment1.ObjectType IN ["Boden", "Enddeckel"] AND NOT SIZE(nodes2) = 1 THEN segment1.GlobalId
WHEN NOT segment1.ObjectType IN ["T-Stück", "Abzweigstück", "Hosenstück", "Boden", "Enddeckel", "Kreuzstück"] AND NOT SIZE(nodes2) = 2 THEN segment1.GlobalId
ELSE FALSE
END AS Issues

WHERE NOT Issues = FALSE

RETURN COLLECT(Issues) AS GlobalIDs_Issue, "Hinweis: Für diese Bauteile liegen fehlende Bauteilverbindungen vor." AS Bemerkung
```

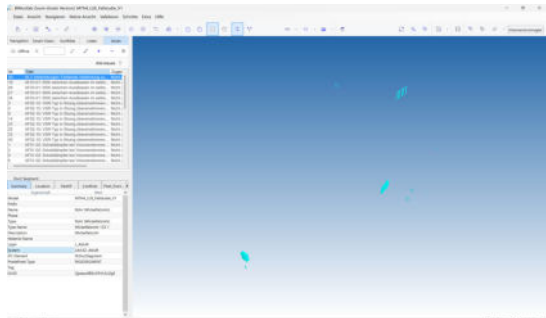
### Bemerkung:

Es wird stets geprüft ob die RLT-Bauteile die korrekte Anzahl an Verbindungen aufweisen.

Die Bauteile mit fehlenden Verbindungen werden gesammelt als 1 Issue ausgegeben.

Diese Prüfung ist relevant, da von ihr die Qualität von anderen Prüfungen abhängt.

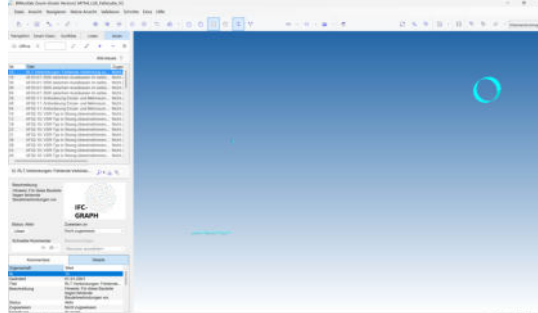
### Prüfung vor Modellüberarbeitung: Fallbeispiel V1



### Prüfergebnisse Fallbeispiel V1:

27 Bauteile mit Verbindungsfehler:  
 3x Anschluss AUL-Kiste  
 1x Anschluss FOL-Kiste  
 23x Leitungsnetz Zu- und Abluft

### Prüfung vor Modellüberarbeitung: Fallbeispiel V2



### Prüfergebnisse Fallbeispiel V2:

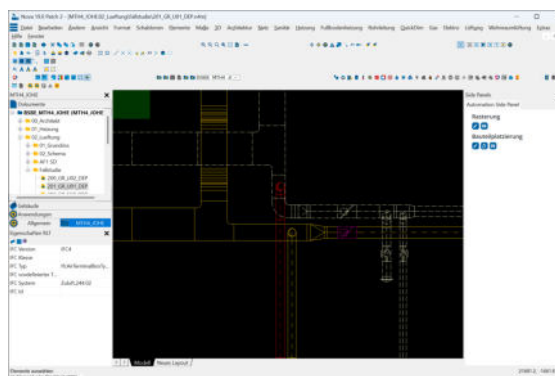
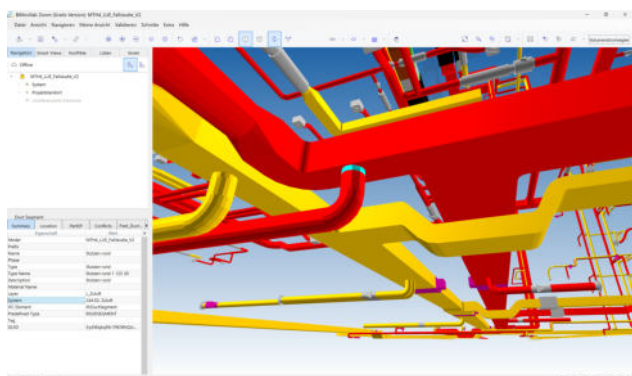
5 Bauteile mit Verbindungsfehler,  
 3x Anschluss AUL-Kiste  
 1x Anschluss FOL-Kiste  
 1x Leitungsnetz Zuluft

### Verbindungsfehler Zuluft:

Die Verbindungen zu den gemeinsamen AUL- und FOL-Kisten wurden bewusst nicht korrigiert.

Die Verbindung in der Zuluft ging bei der Überarbeitung vergessen.

Ursache für die fehlende Verbindung ist, dass in der Autorensoftware der Stützen nicht mit dem Kanal verbunden ist (siehe Bild unten rechts).



## Fallstudie V1 | Herausforderung Arbeitsspeicher bei Graphabfrage

### Cypher-Queries alt:

AF03-PR01:

```
MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]- (dam:IfcDamper)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]- (:IfcAirTerminal)-[:liegt_in]->(sz2:IfcSpatialZone),
(dam) -[:IsTypedBy | Types *2]-(:IfcDamperType {PredefinedType: "FIREDAMPER"})
```

AF03-PR02:

```
MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone|IfcSpace)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]- (:IfcAirTerminal)-[:liegt_in]-(sz2:IfcSpatialZone|IfcSpace)
```

### Cypher-Queries neu:

AF03-PR01:

```
MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*..100]- (dam:IfcDamper)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*]- (:IfcAirTerminal)-[:liegt_in]->(sz2:IfcSpatialZone),
(dam) -[:IsTypedBy | Types *2]-(:IfcDamperType {PredefinedType: "FIREDAMPER"})
```

AF03-PR02:

```
MATCH p = (sz1:IfcSpatialZone|IfcSpace)-[:liegt_in]-(ter1:IfcAirTerminal)-[:HasPorts|RelatingPort|RelatedPort*..100]- (:IfcAirTerminal)-[:liegt_in]-(sz2:IfcSpatialZone|IfcSpace)
```

### Bemerkung:

Durch die hohe Pfadanzahl führten die ersten beiden Abfragen zur Überlastung des Arbeitsspeichers.

Zur Entlastung ist neu eine Begrenzung auf 100 Verbindungen eingefügt. Dies entspricht 15 Bauteilen. Im Fallbeispiel reicht dies aus, um alle Fehler zu identifizieren. Allerdings besteht die Möglichkeit damit nicht alle Fehler zu erkennen.

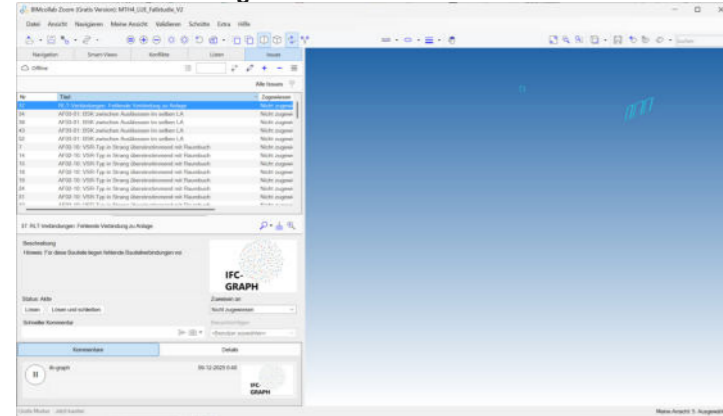
Diese Thematik bleibt als offene Herausforderung bestehen und nicht abschliessend bearbeitet. Ideen zur Lösung durch optimierte Abfragen sind vorhanden. Bei PR01 kann beispielsweise als 1. Schritt alle Auslässe im Lüftungsabschnitt ermittelt werden, dies reduziert die Anzahl möglicher Pfade. Bei PR02 sind direkt nach dem MATCH-Statement Bedingungen zu ergänzen, dass keine BSK enthalten sein darf.

Solche Optimierungsmöglichkeiten durch die Reduzierung von Pfaden ist in sämtlichen Prüfregelein zu wenig Beachtung und bietet Chancen zur Optimierung.

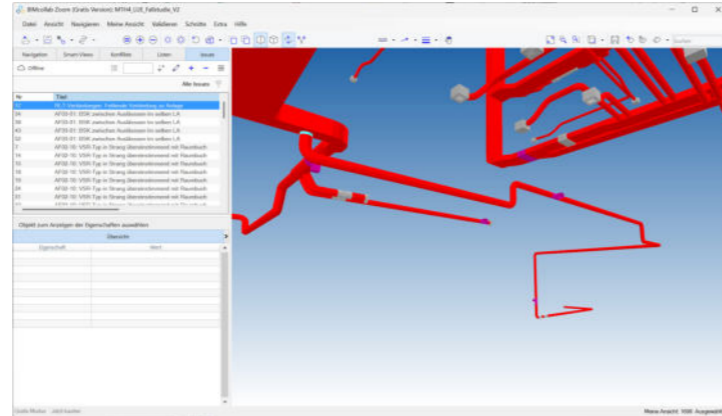
# Anhang A33: Evaluierung: Fallstudie Durchführung 02

## Auswertung Prüfergebnisse Fallstudie V2

### Fehlende Verbindungen RLT

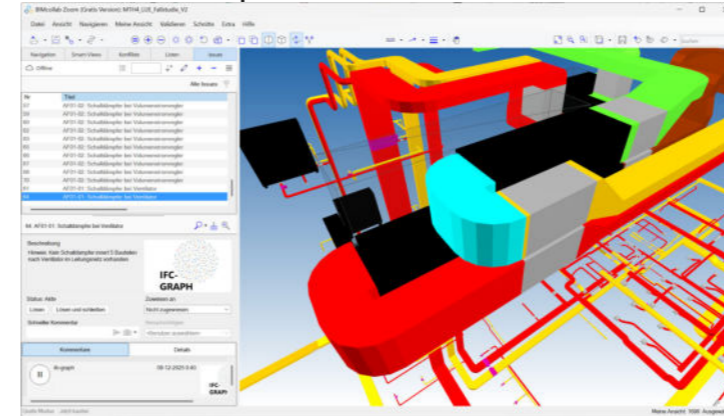


Hinweis korrekt: 5 Bauteile mit fehlenden Verbindungen



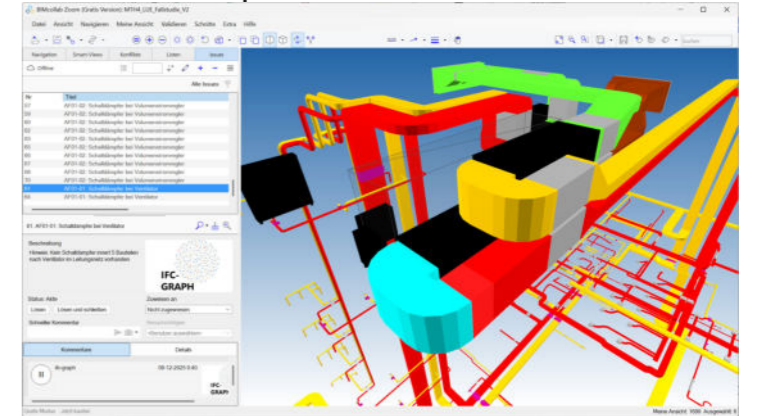
Bemerkung: Fehlende Verbindung in Zuluft zu VSR.

### AF01-01: Schalldämpfer bei Ventilator:



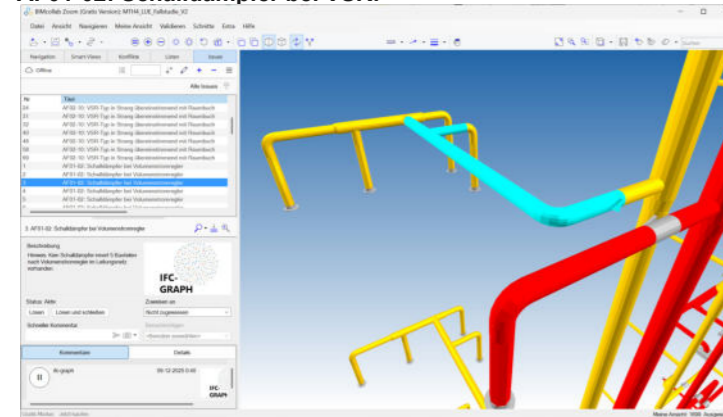
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile

### AF01-01: Schalldämpfer bei Ventilator:



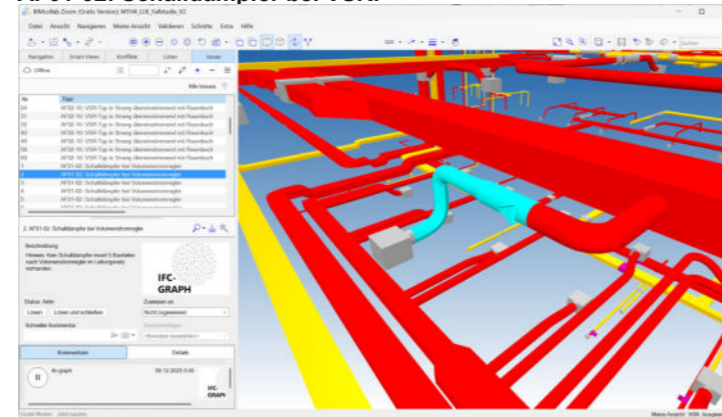
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



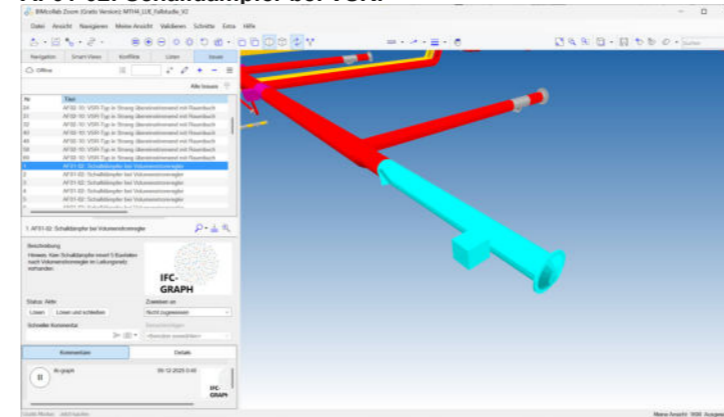
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



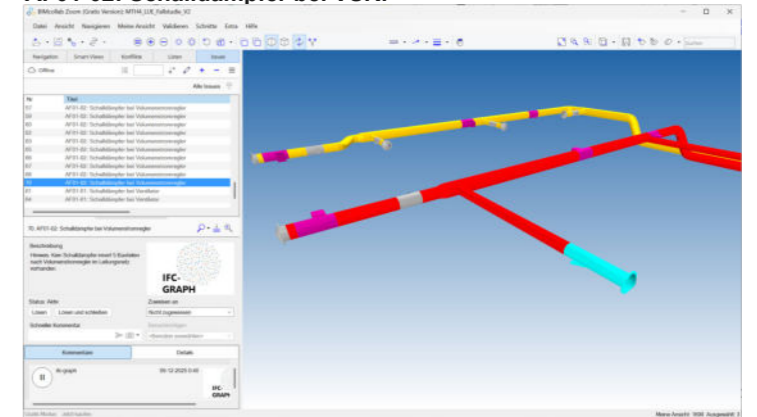
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



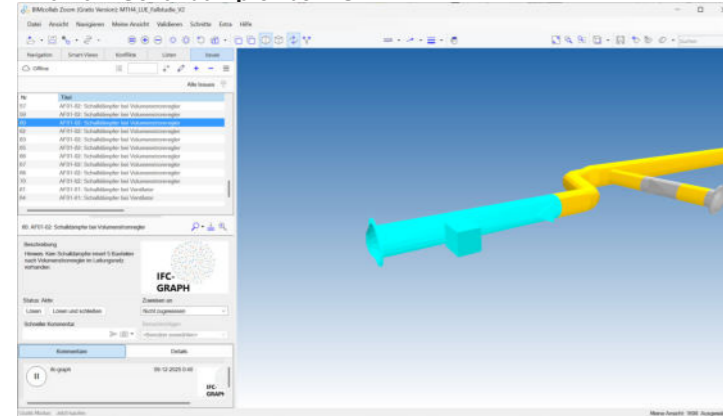
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



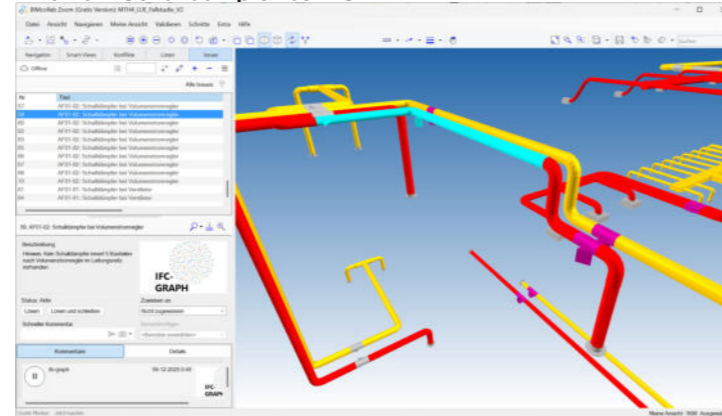
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



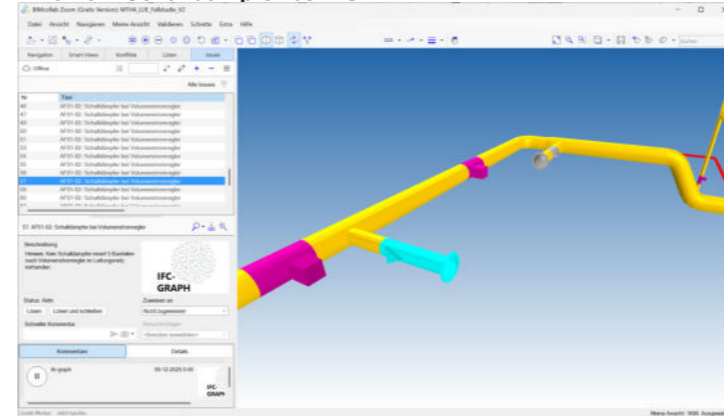
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



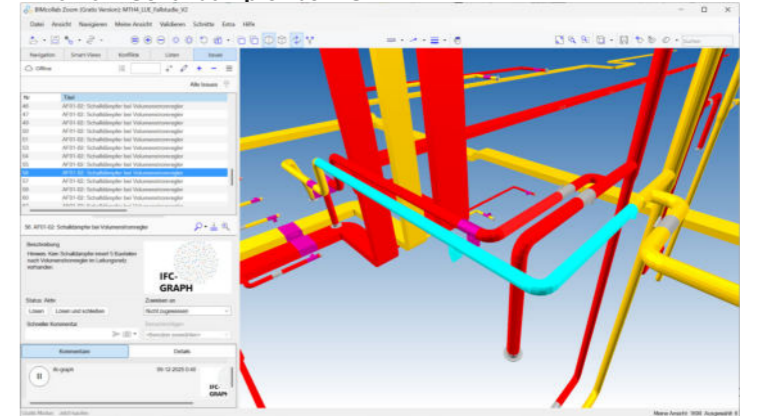
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



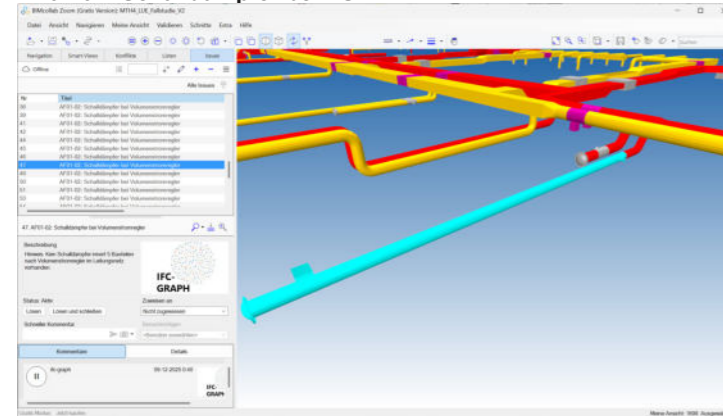
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



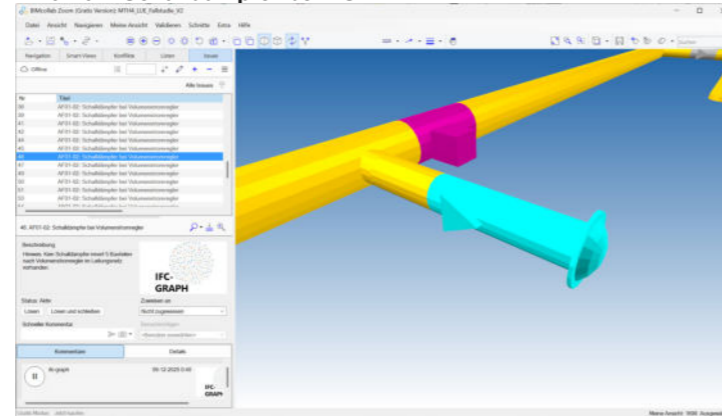
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



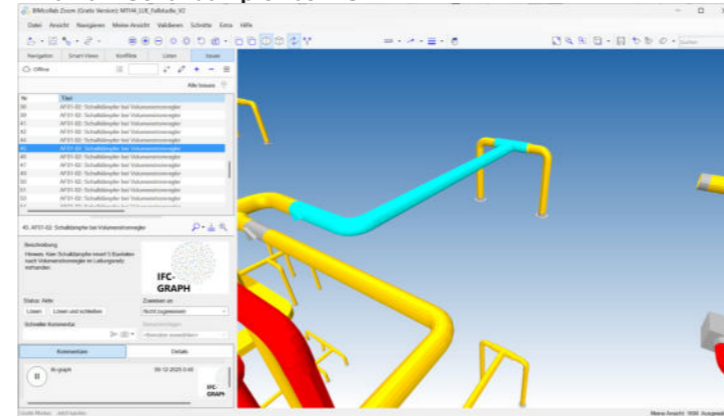
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



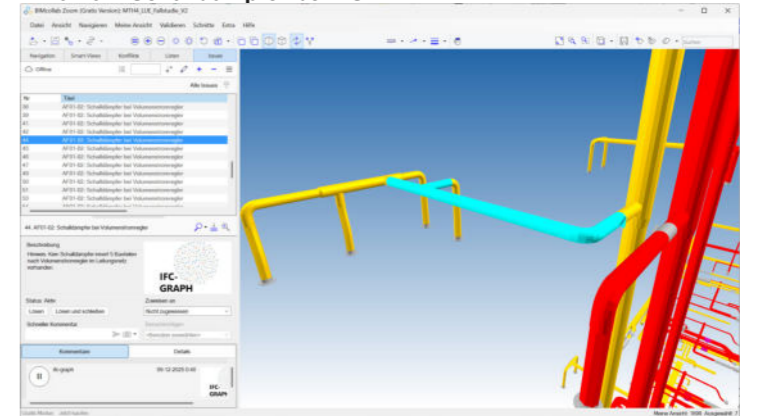
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



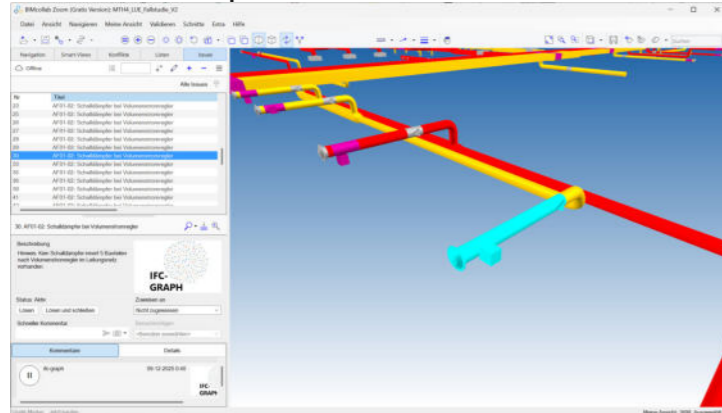
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

### AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



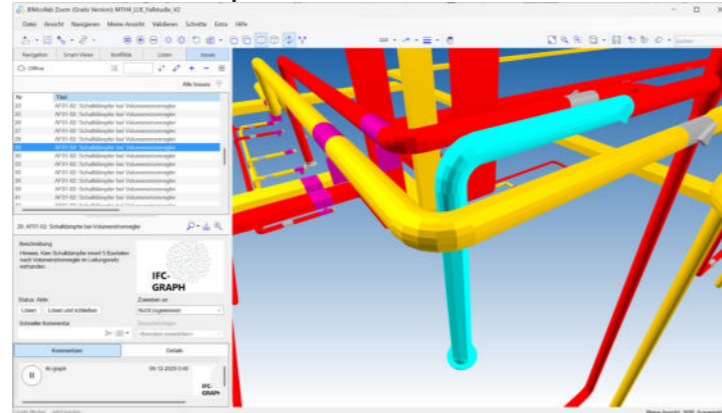
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



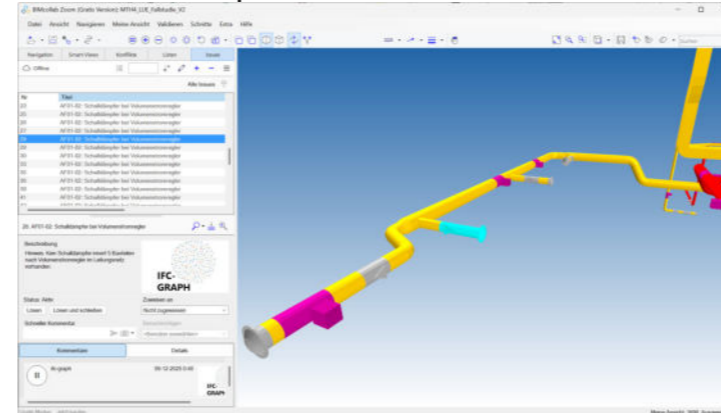
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



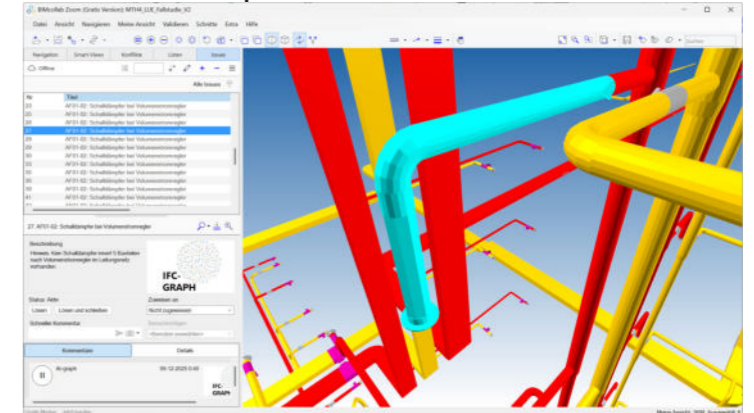
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



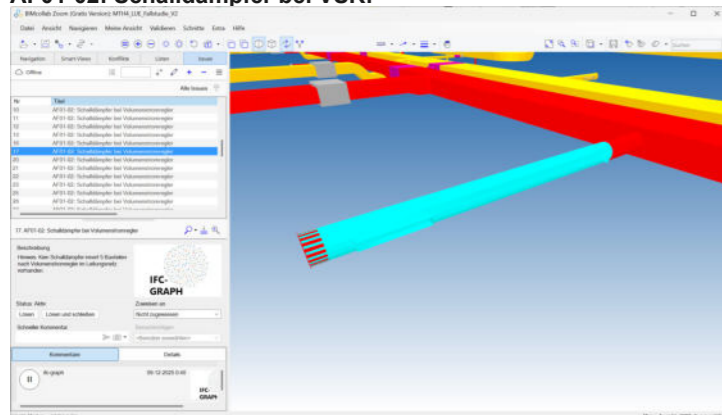
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



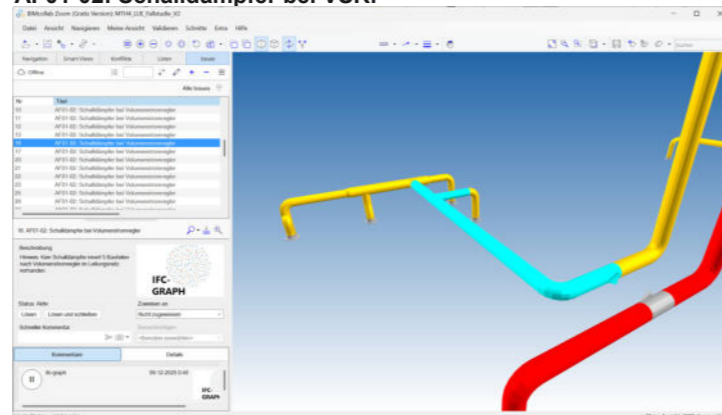
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



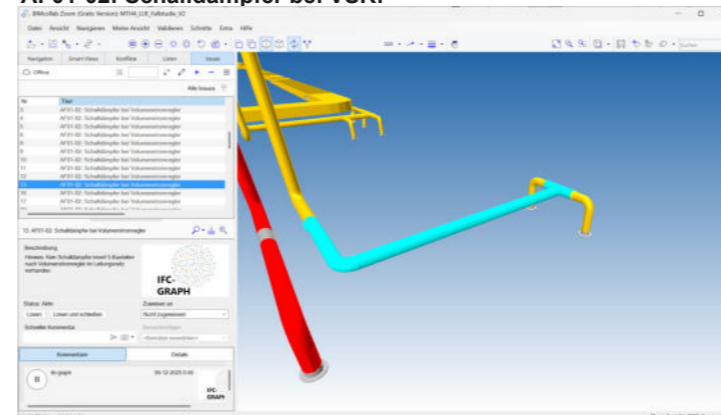
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



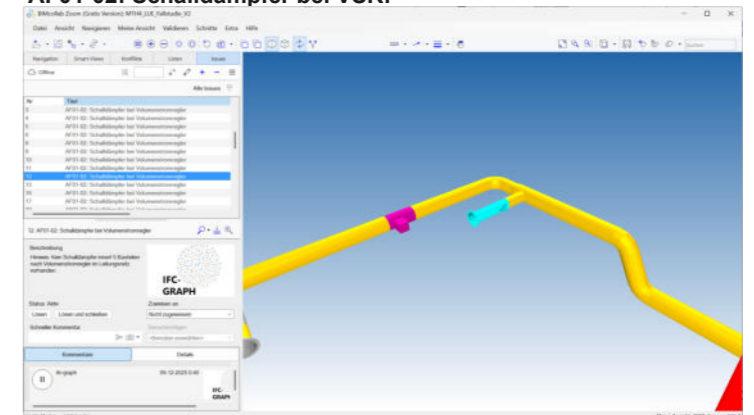
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



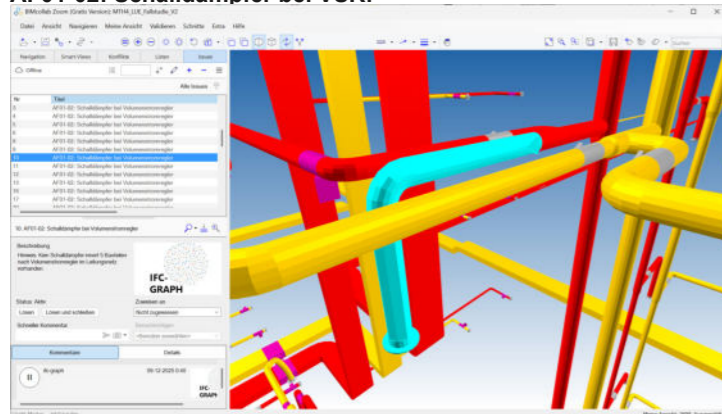
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



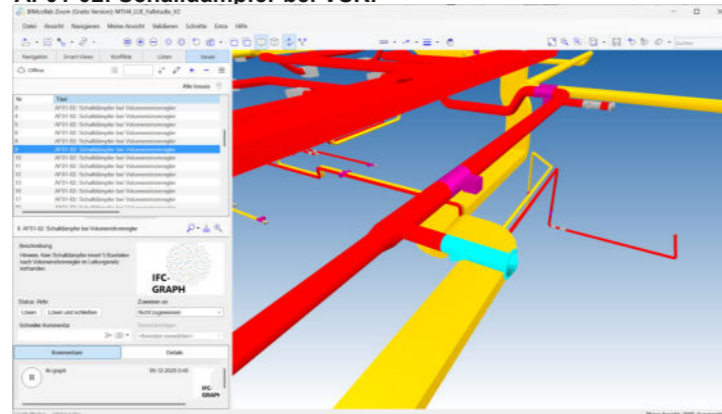
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



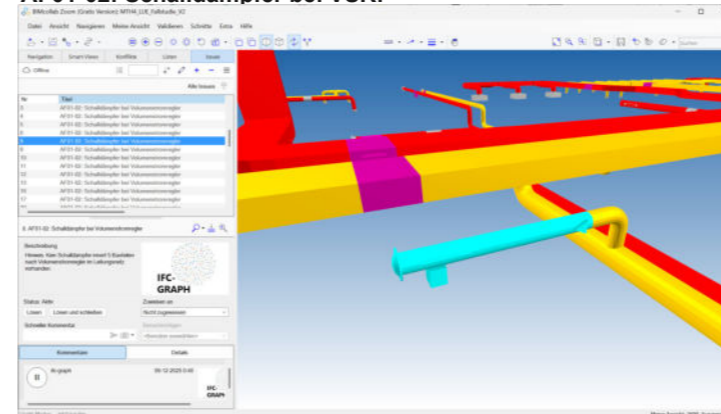
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



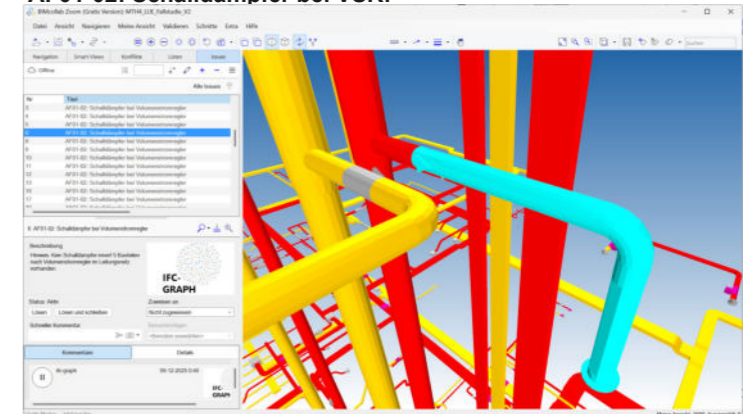
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



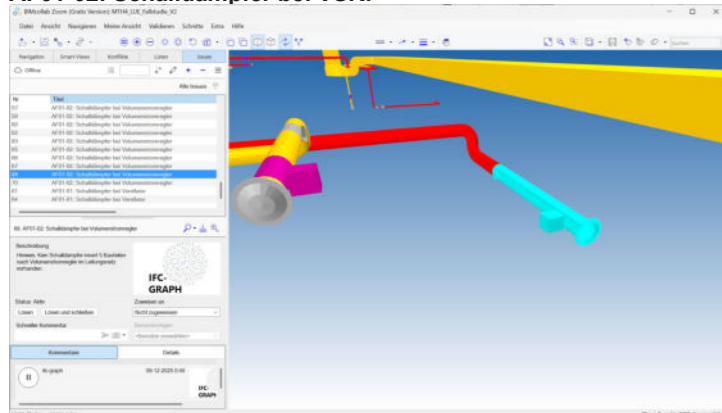
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



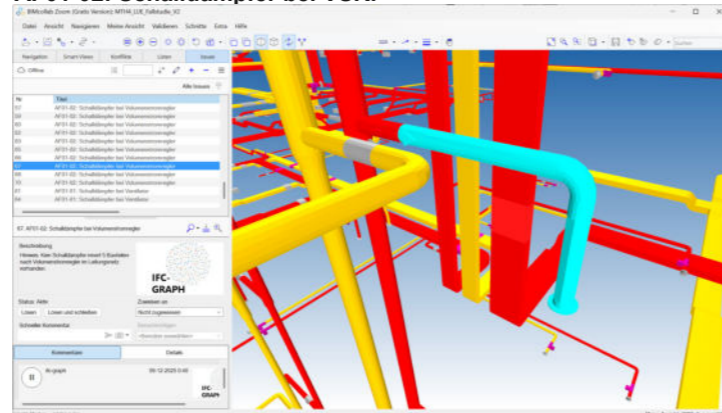
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



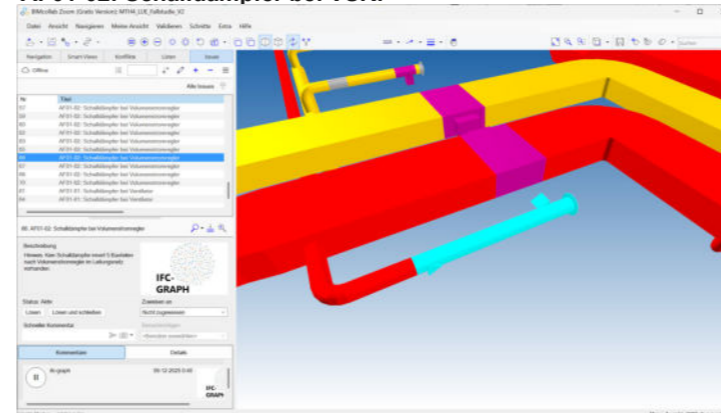
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



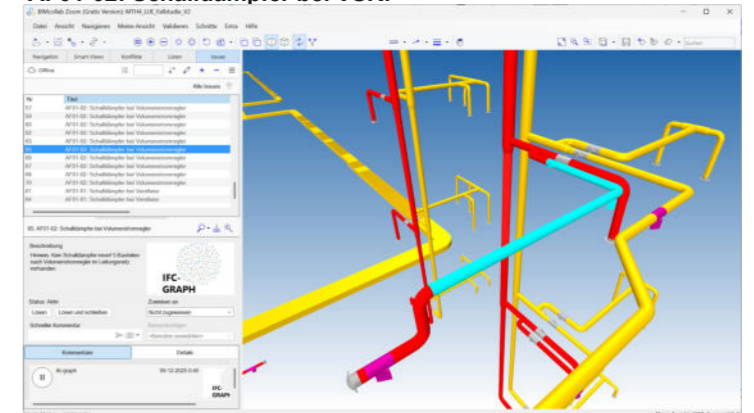
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



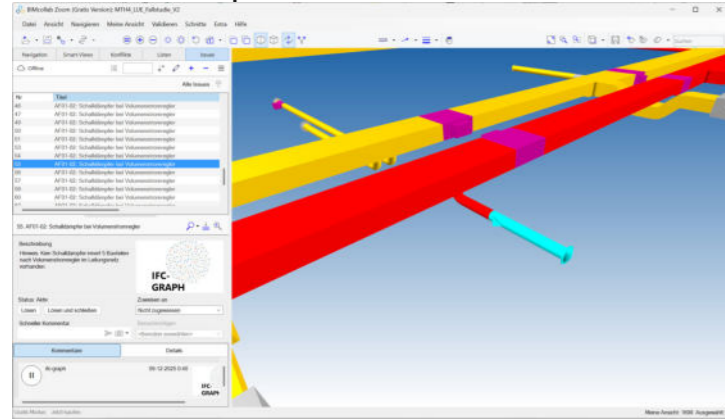
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



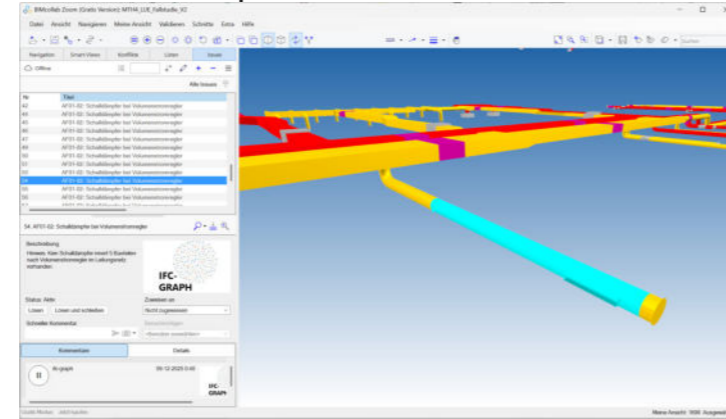
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



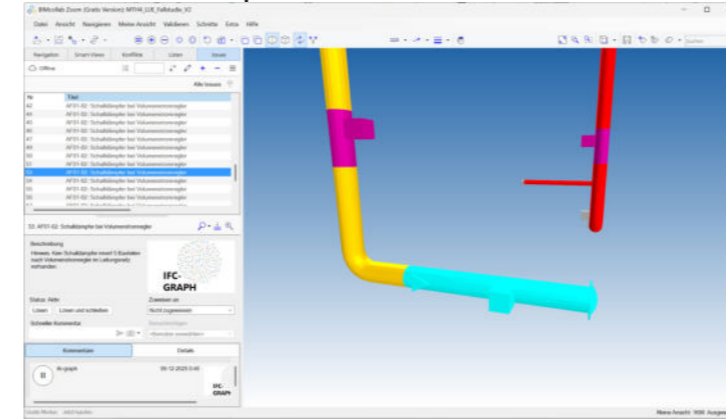
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



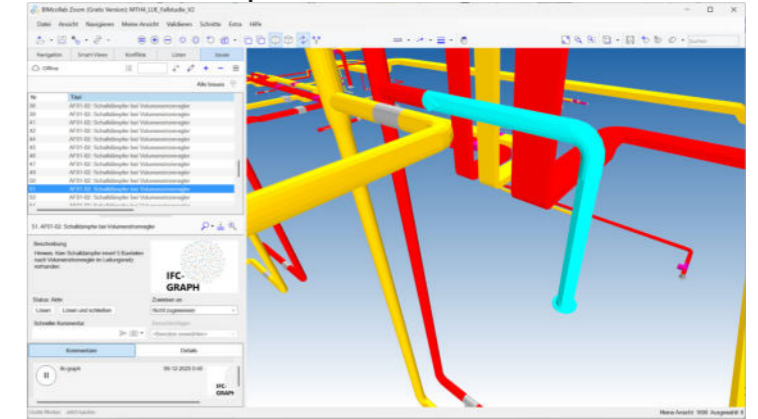
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



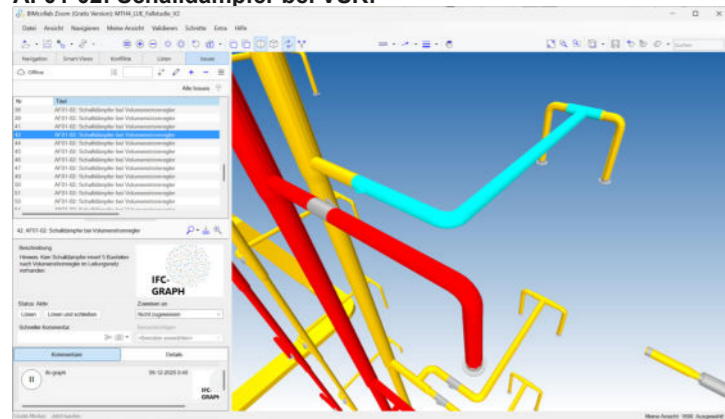
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



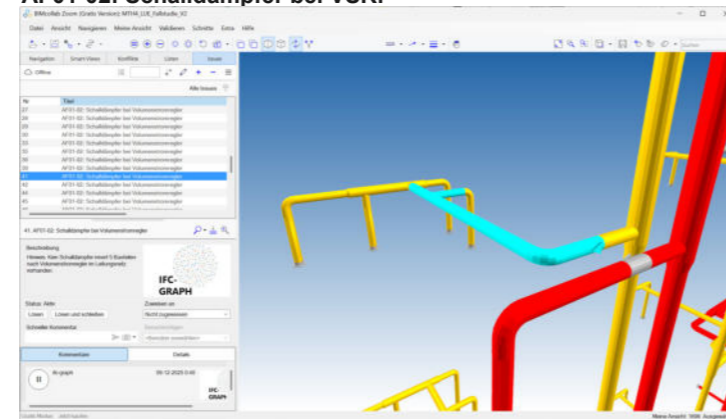
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



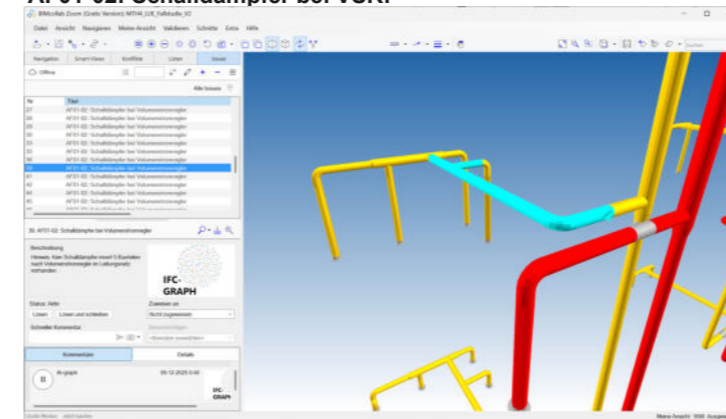
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



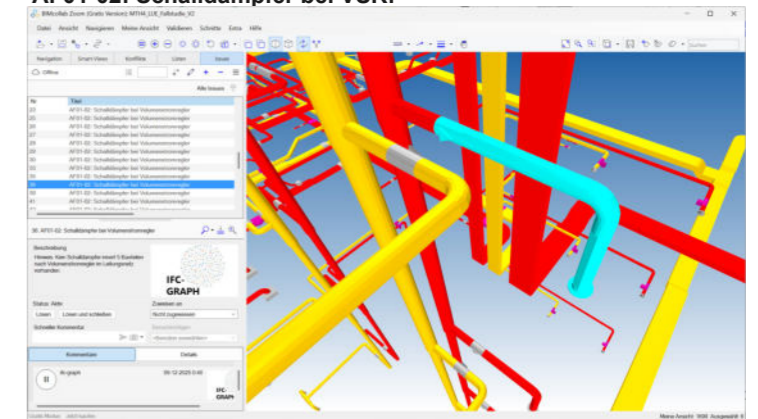
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



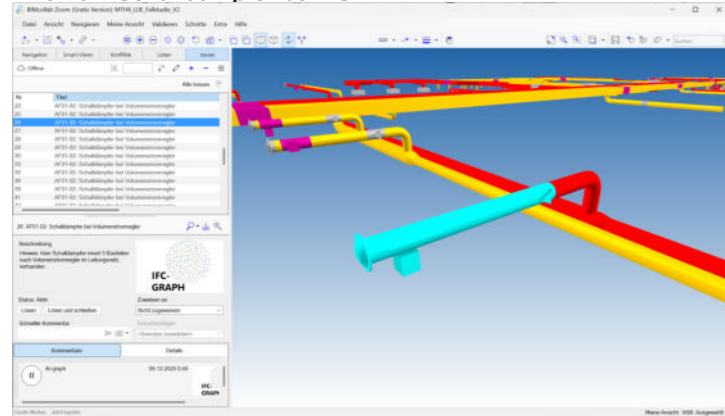
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



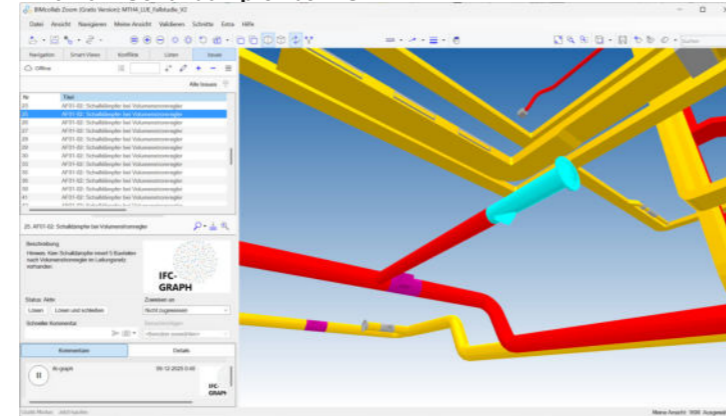
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



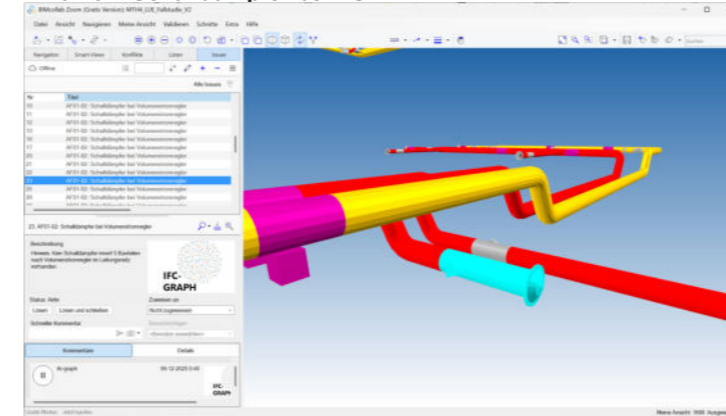
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



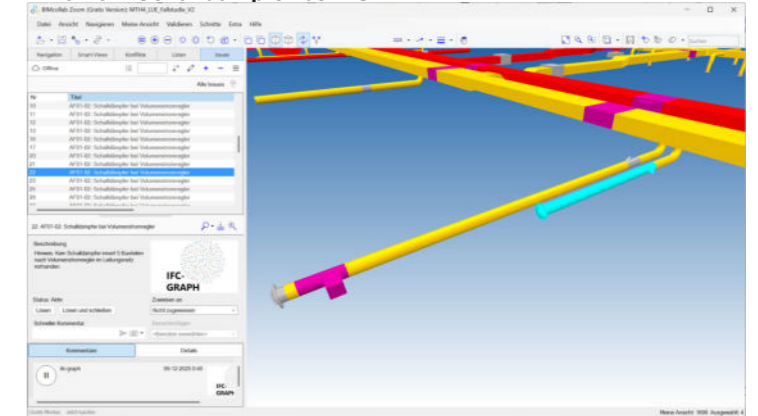
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



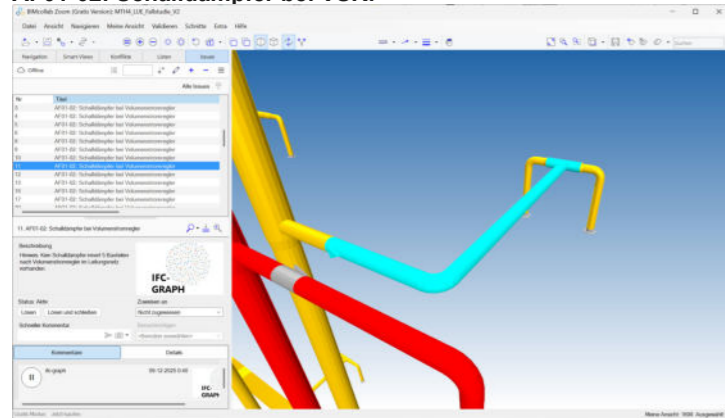
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



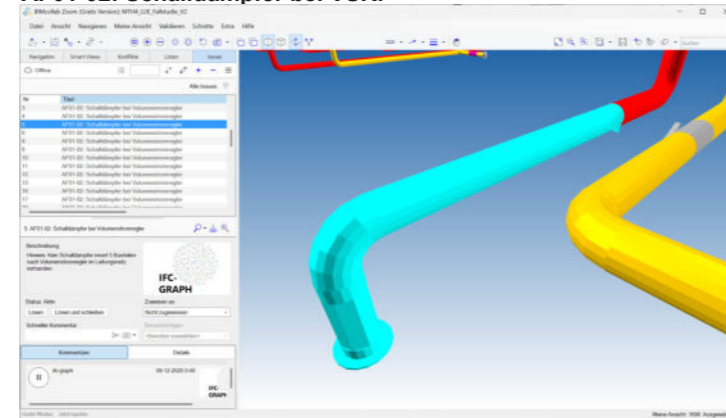
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



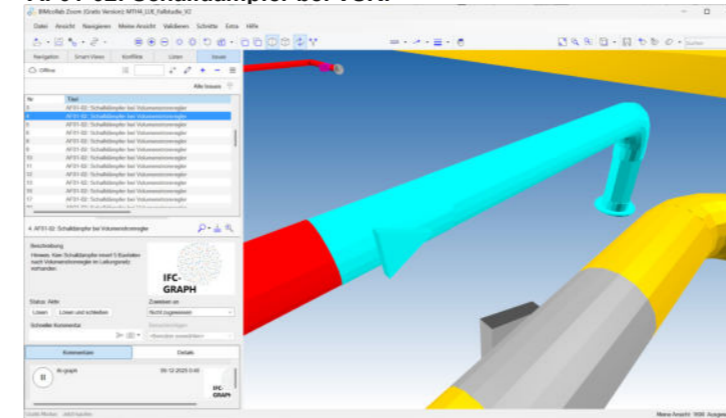
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



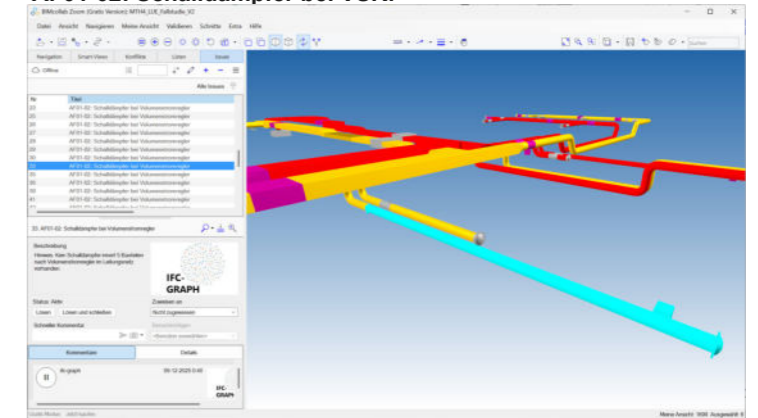
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



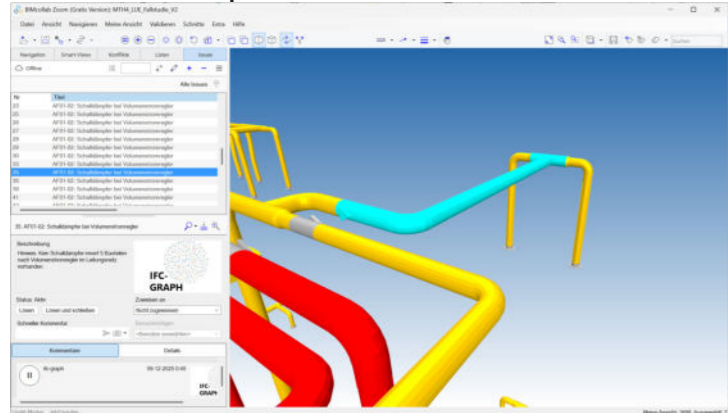
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



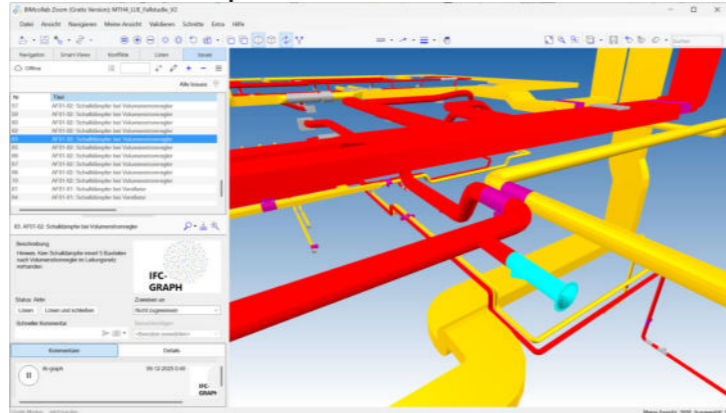
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



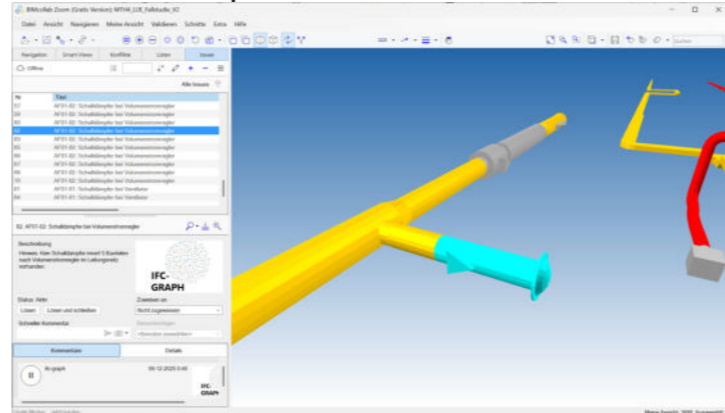
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



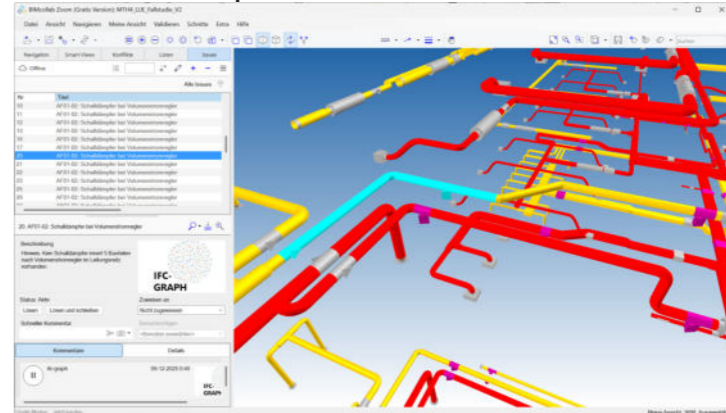
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



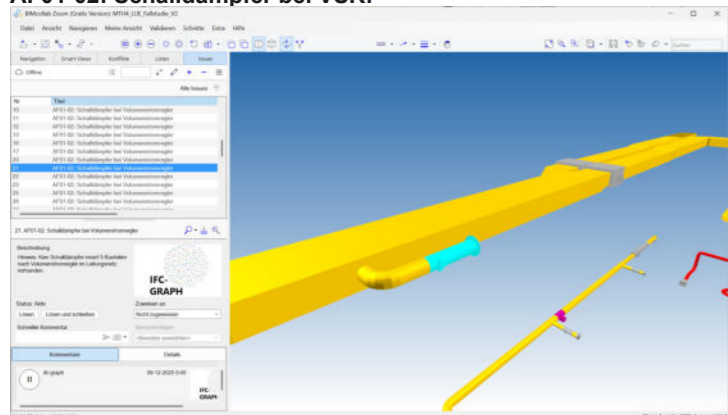
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



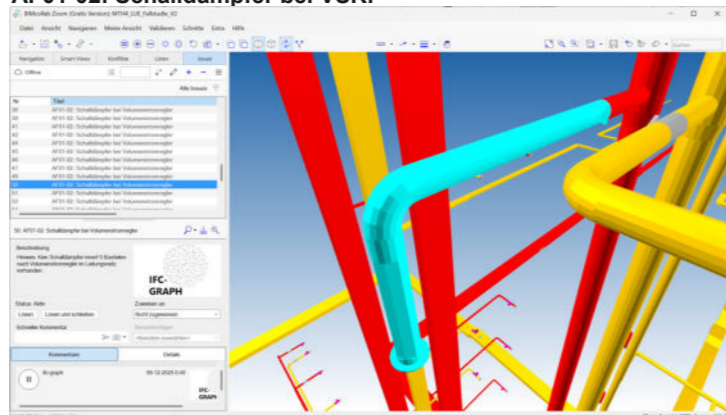
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



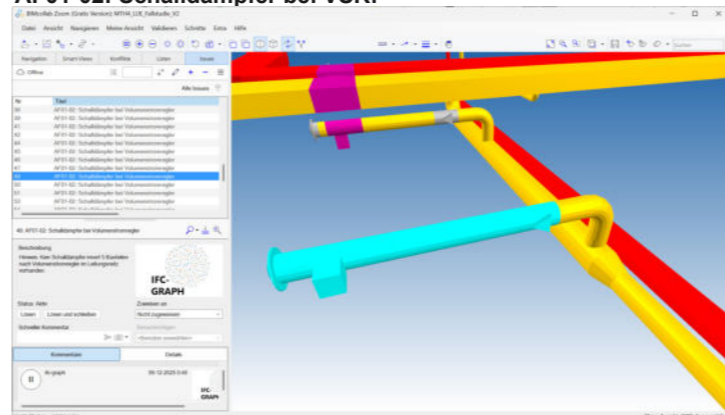
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



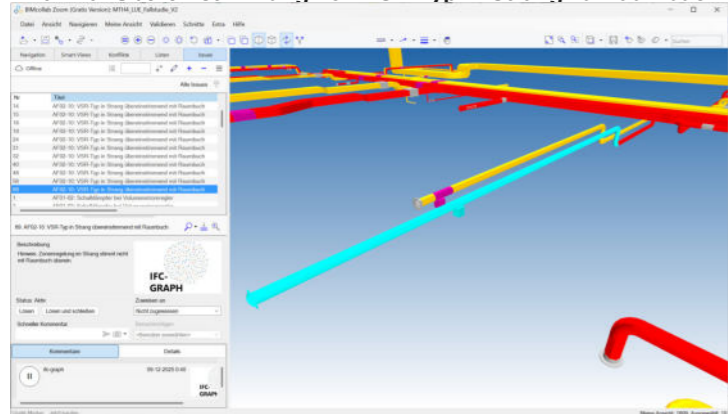
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF01-02: Schalldämpfer bei VSR:



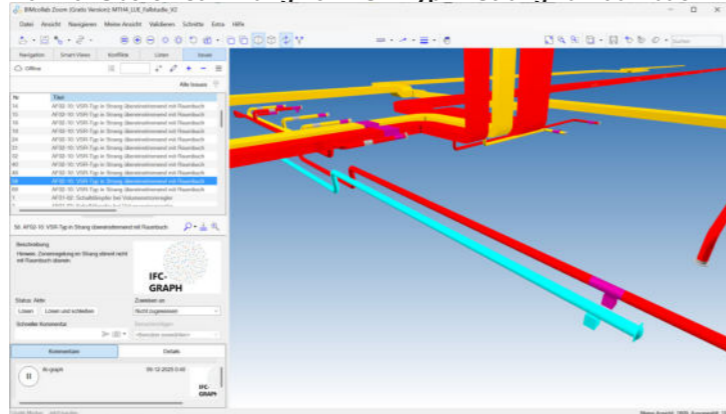
Hinweis korrekt: Mehr als 5 Bauteile ohne oder kein SD.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



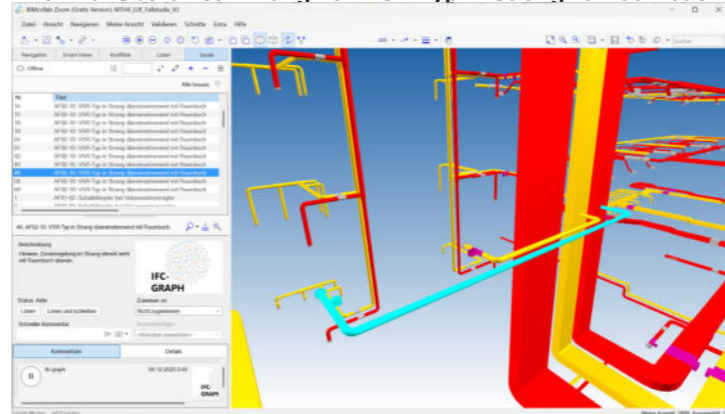
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



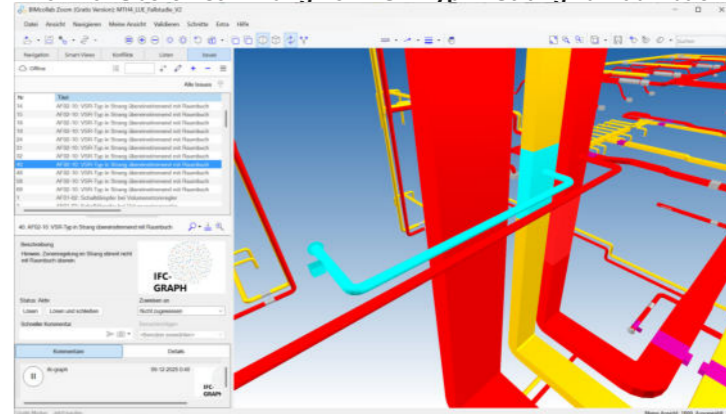
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



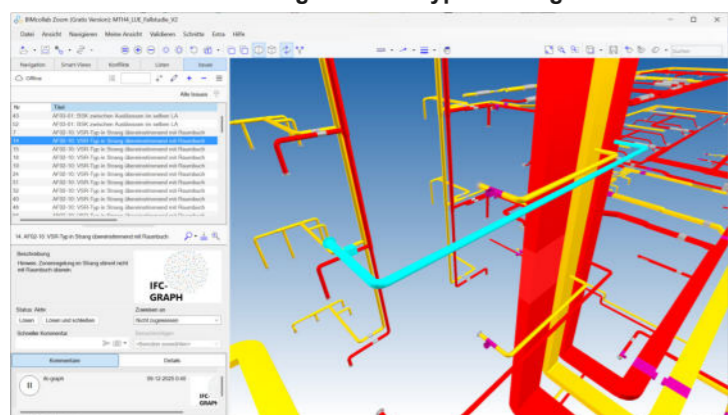
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



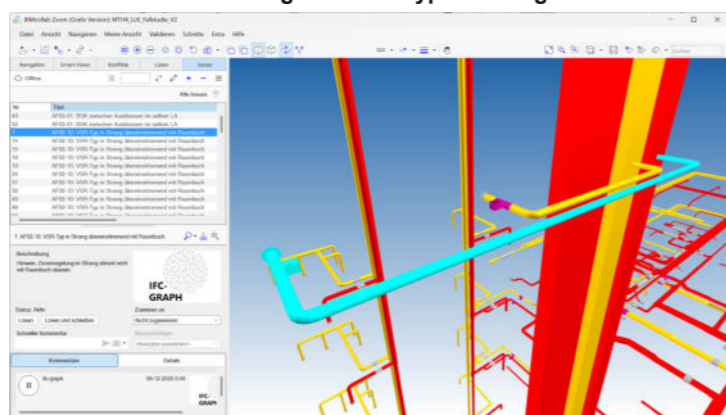
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



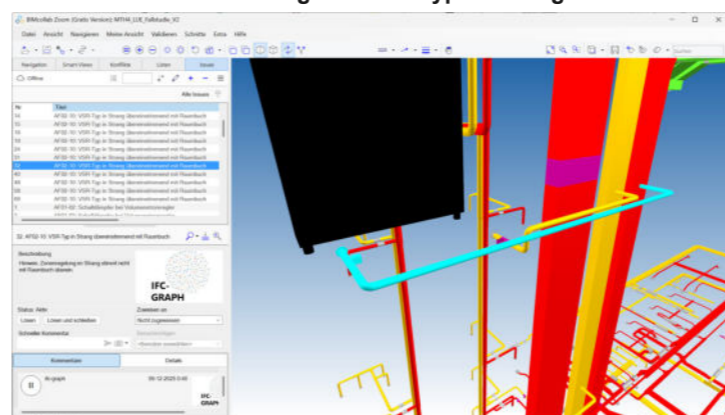
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



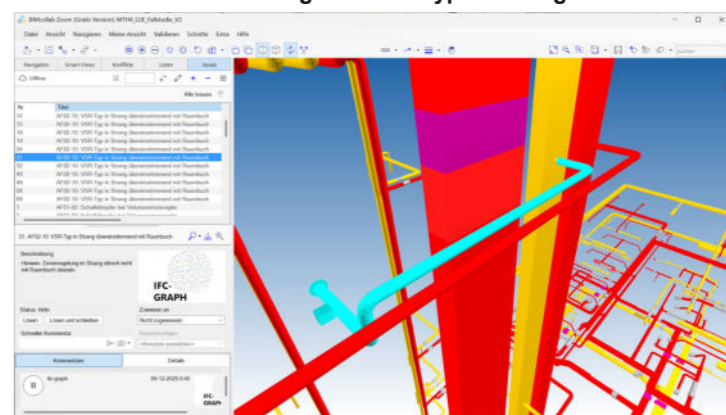
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



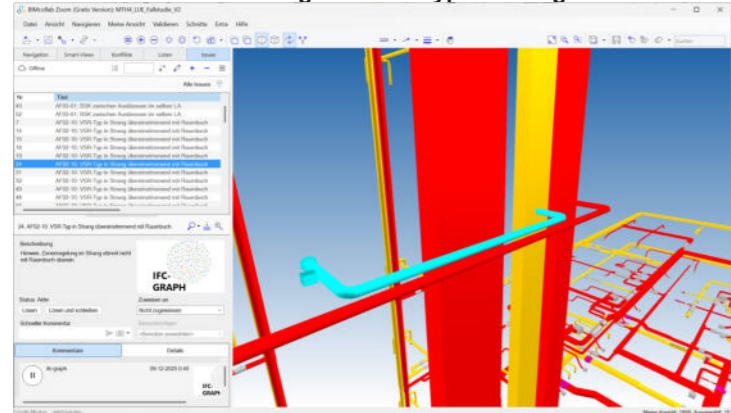
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



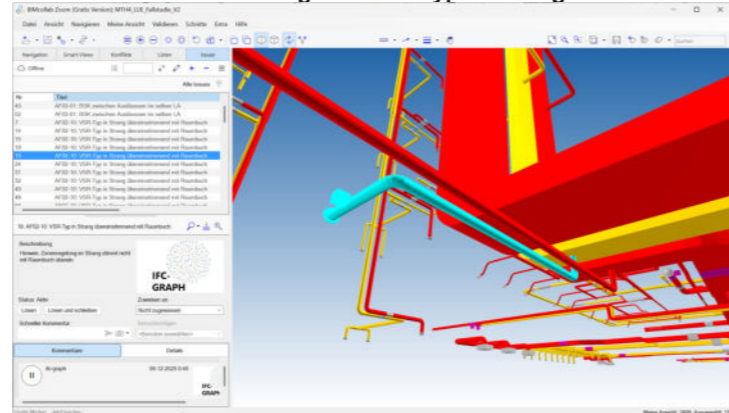
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



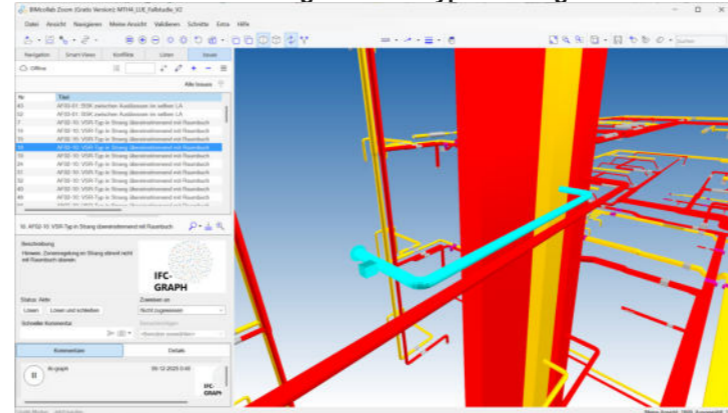
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



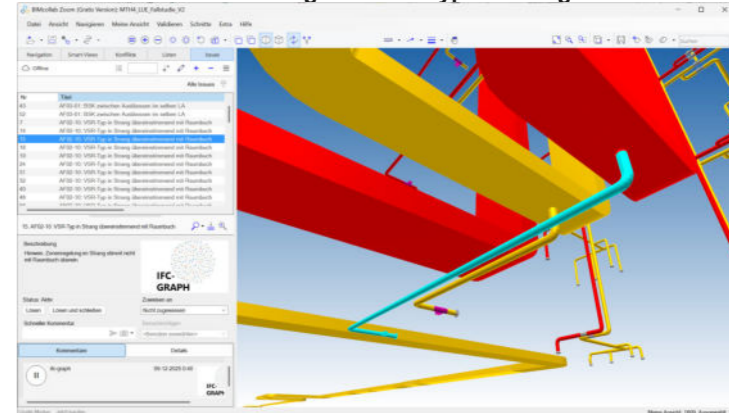
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



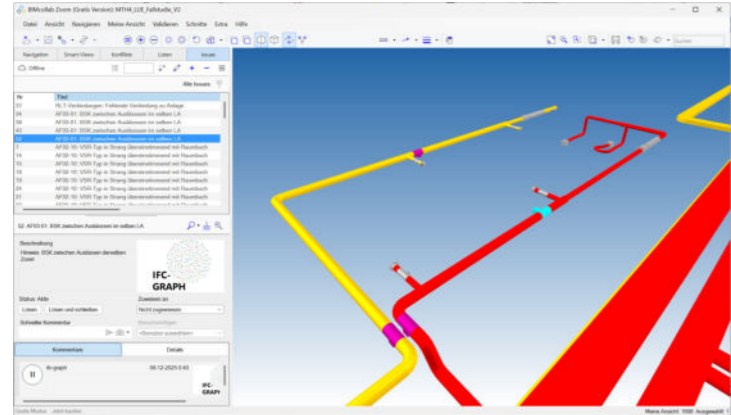
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF02-10: Übereinstimmung von VSR-Typ in Strang zu Raumbuch



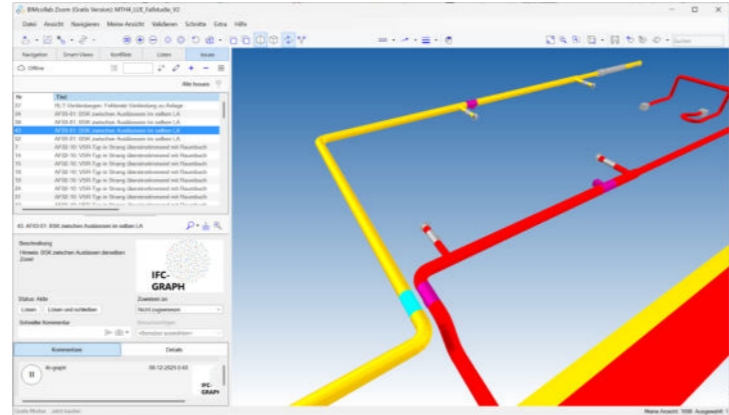
Hinweis korrekt: Im Strang fehlt ein konstanter VSR.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA



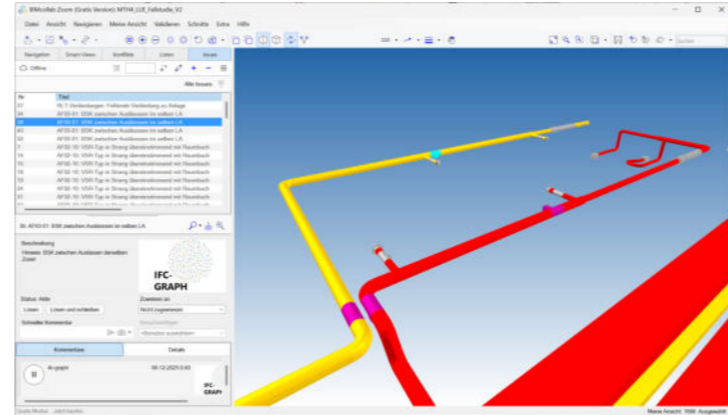
Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA



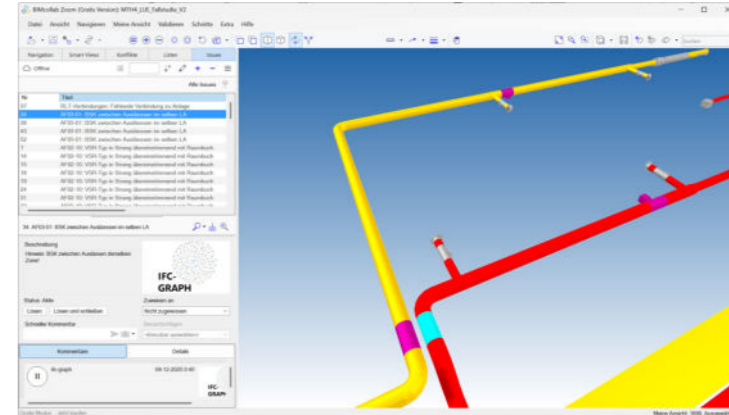
Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA



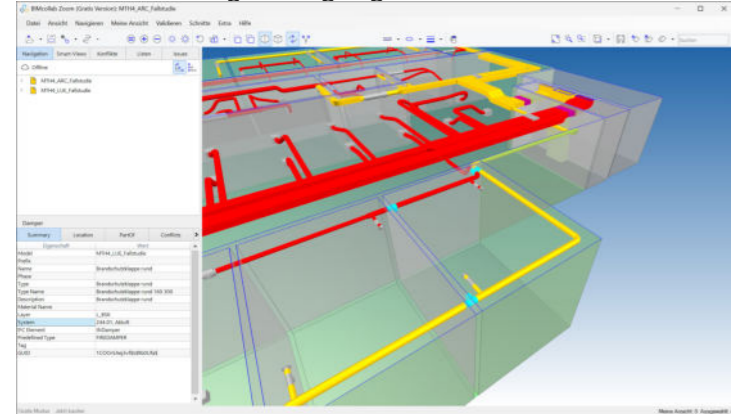
Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: BSK zwischen Auslässen im selben LA

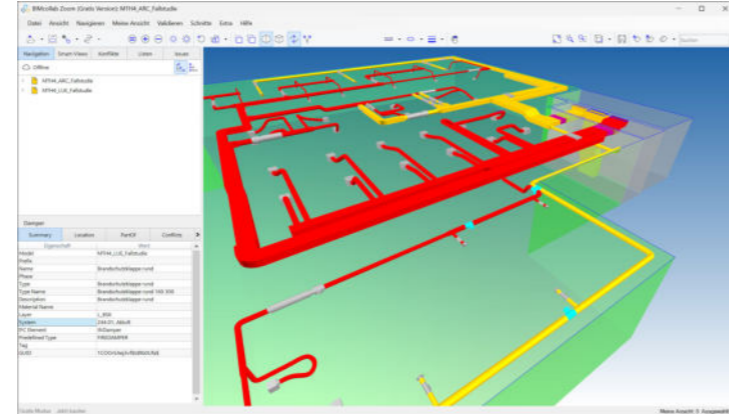


Hinweis korrekt: Validierung Prüfungsergebnis siehe unten.

AF03-01: Validierung Prüfungsergebnis



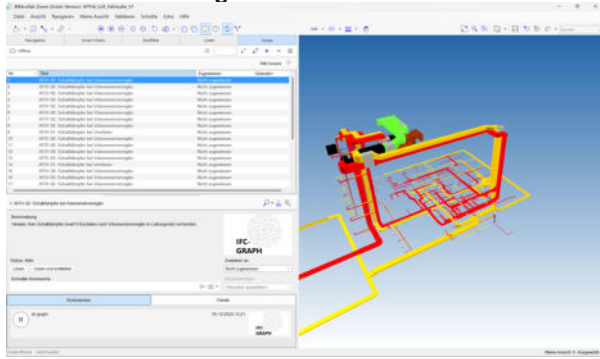
Die BSKs trennen einen einzigen Raum ab.



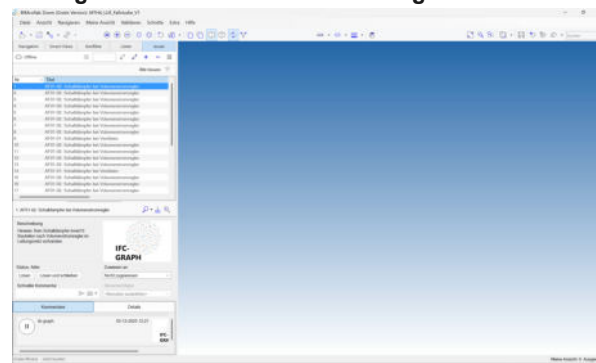
Der Raum ist kein eigener Brandabschnitt.

# Anhang A34: Evaluierung: Interoperabilität der Ausgabe BIMcollab Zoom - Version 9.6

## Öffnen BCF / Anzeigen Issues:



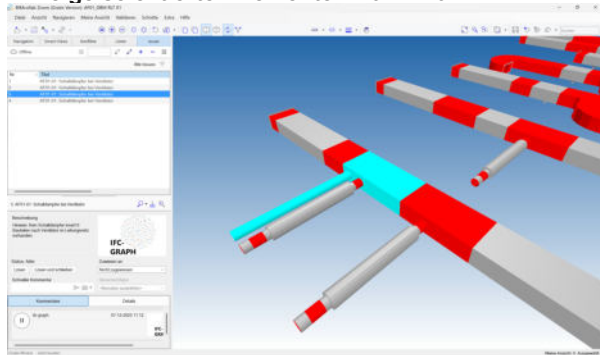
## Anzeige ohne manuelle Fokussierung:



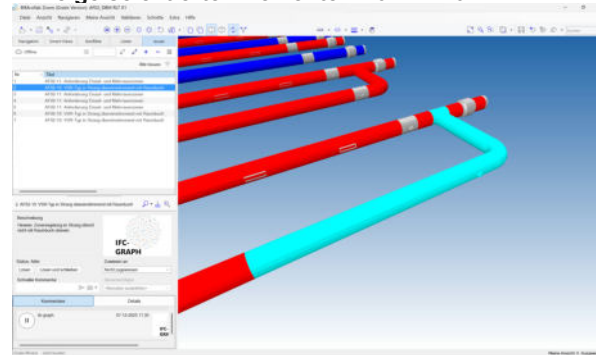
## Auswertung:

- Öffnen BCF: funktioniert
- Anzeige selektierter Elemente
  - AF01-PR01: funktioniert
  - AF01-PR02: funktioniert
  - AF02-PR10: funktioniert
  - AF02-PR11: funktioniert
  - AF03-PR01: funktioniert
  - AF03-PR02: funktioniert
- Bemerkung: Fokussierung der Kamera auf ausgewählte Elemente muss im Viewer erfolgen.

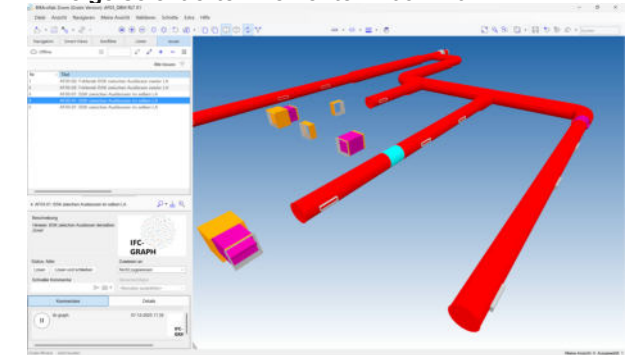
## Anzeige selektierter Elemente AF01-PR01:



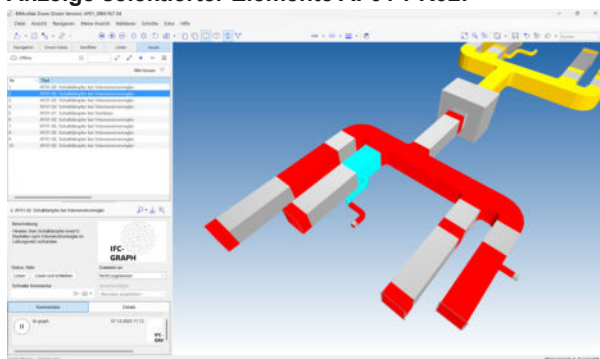
## Anzeige selektierter Elemente AF02-PR10:



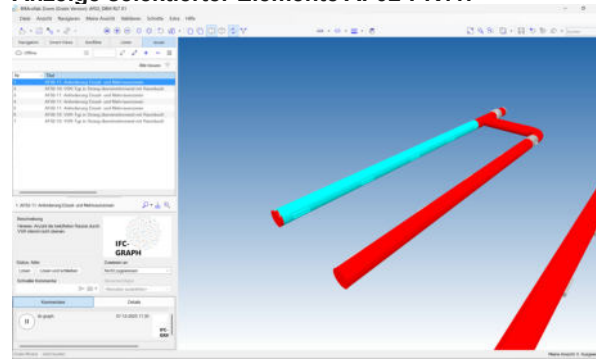
## Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:



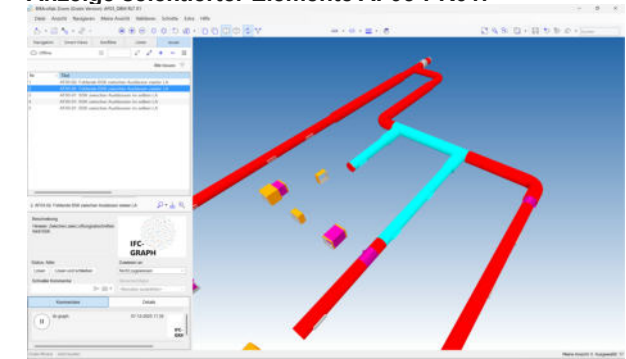
## Anzeige selektierter Elemente AF01-PR02:



## Anzeige selektierter Elemente AF02-PR11:

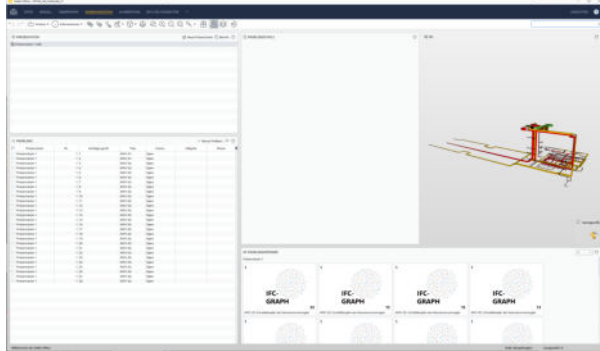


## Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:

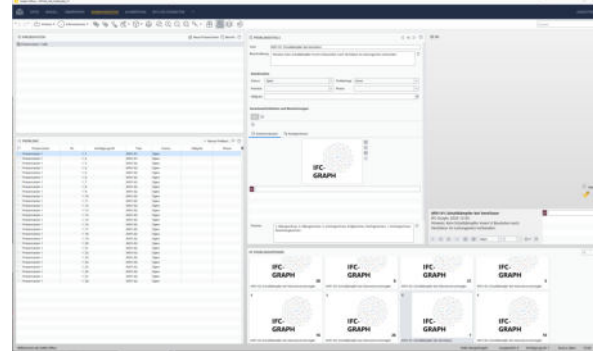


## Solibri - Version 25.6

### Öffnen BCF / Anzeigen Issues:



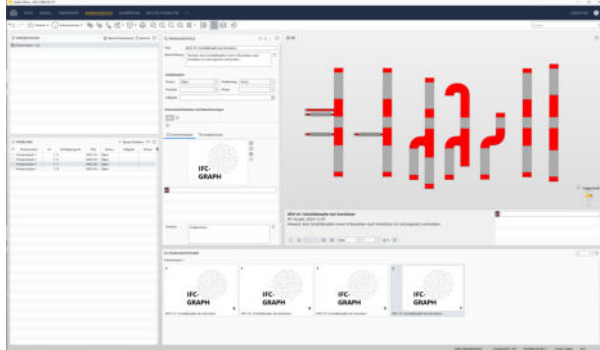
### Anzeige ohne manuelle Fokussierung:



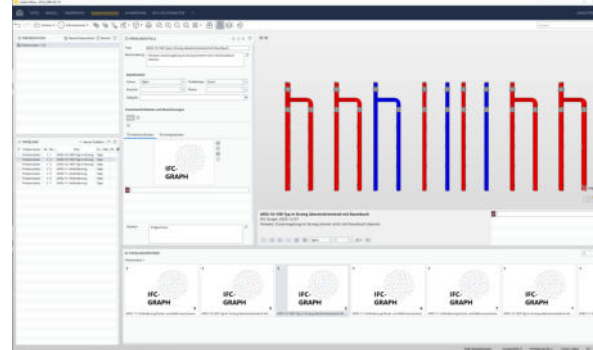
### Auswertung:

- Öffnen BCF: funktioniert
  - Anzeige selektierter Elemente
    - AF01-PR01: keine Ausgabe
    - AF01-PR02: keine Ausgabe
    - AF02-PR10: keine Ausgabe
    - AF02-PR11: keine Ausgabe
    - AF03-PR01: keine Ausgabe
    - AF03-PR02: keine Ausgabe
- Bemerkung: Fokussierung der Kamera auf ausgewählte Elemente muss im Viewer erfolgen.

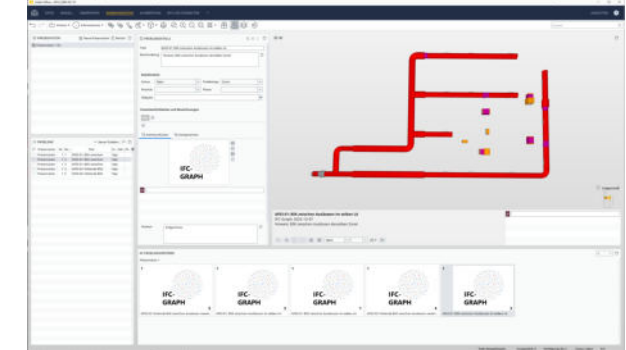
### Anzeige selektierter Elemente AF01-PR01:



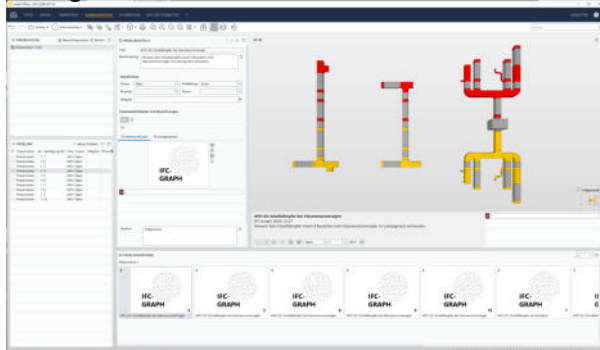
### Anzeige selektierter Elemente AF02-PR10:



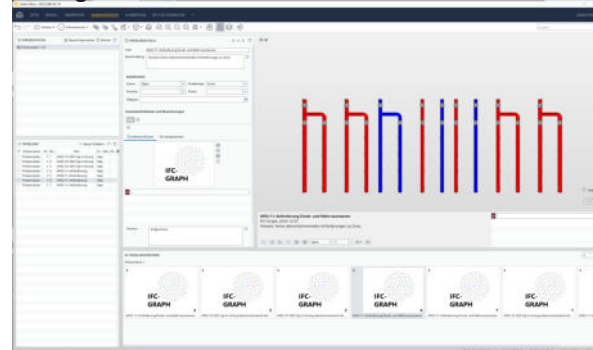
### Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:



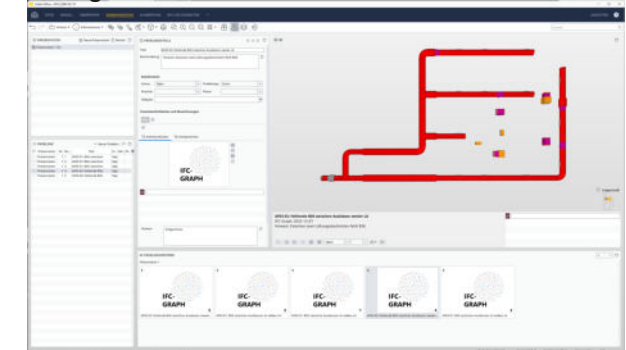
### Anzeige selektierter Elemente AF01-PR02:



### Anzeige selektierter Elemente AF02-PR11:



### Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:



## Open IFC Viewer - Version 26.10.0

### Öffnen BCF / Anzeigen Issues:



### Anzeige ohne manuelle Fokussierung:



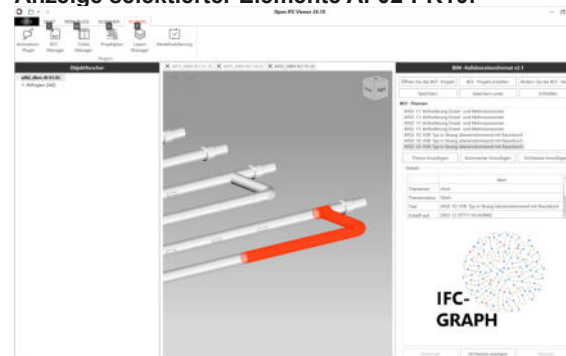
### Auswertung:

- Öffnen BCF: funktioniert
  - Anzeige selektierter Elemente
    - AF01-PR01: funktioniert
    - AF01-PR02: funktioniert
    - AF02-PR10: funktioniert
    - AF02-PR11: funktioniert
    - AF03-PR01: funktioniert
    - AF03-PR02: funktioniert
- Bemerkung: Fokussierung der Kamera auf ausgewählte Elemente muss im Viewer erfolgen.

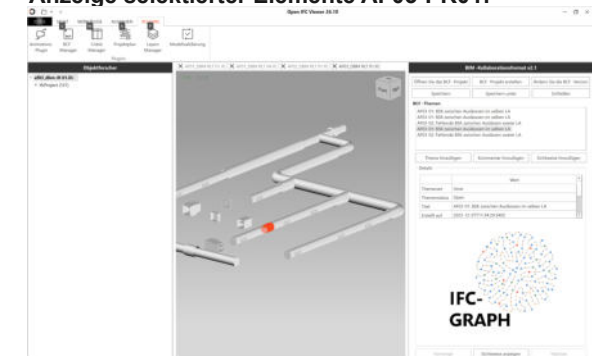
### Anzeige selektierter Elemente AF01-PR01:



### Anzeige selektierter Elemente AF02-PR10:



### Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:



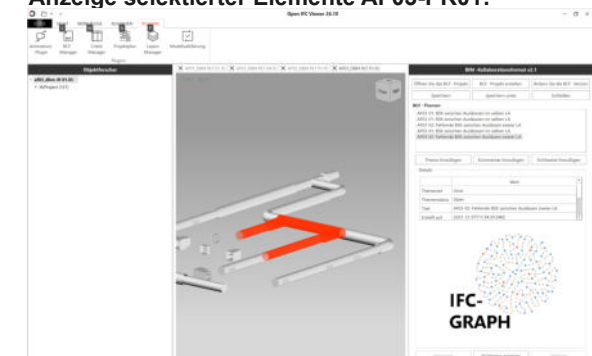
### Anzeige selektierter Elemente AF01-PR02:



### Anzeige selektierter Elemente AF02-PR11:

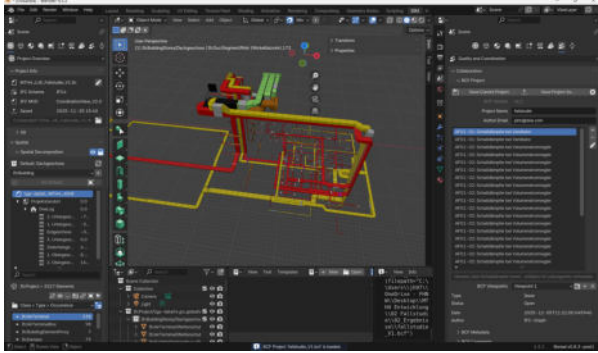


### Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:

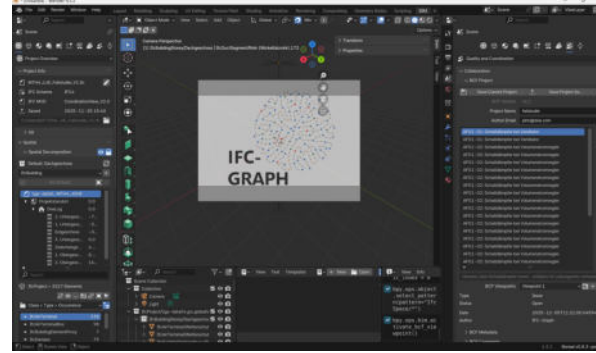


## Blender 4.3.2 mit Extension Bonsai - Version 0.8.3

### Öffnen BCF / Anzeigen Issues:



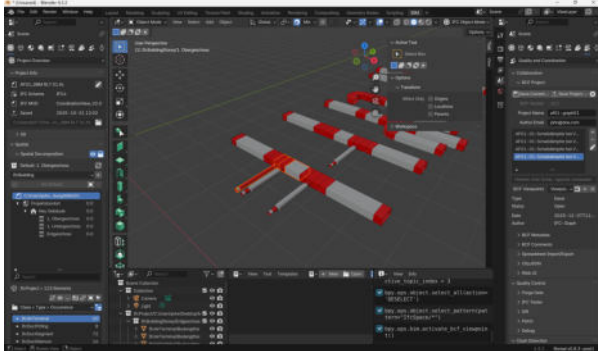
### Anzeige ohne manuelle Fokussierung:



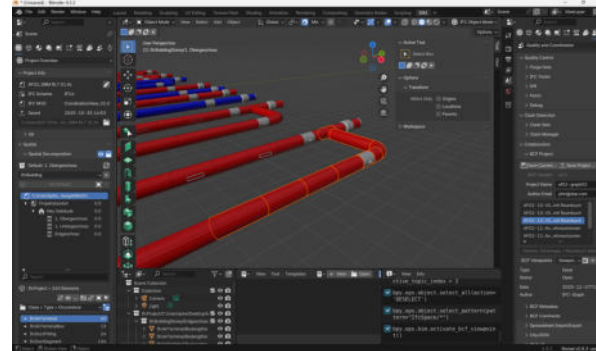
### Auswertung:

- Öffnen BCF: funktioniert
  - Anzeige selektierter Elemente
    - AF01-PR01: funktioniert
    - AF01-PR02: funktioniert
    - AF02-PR10: funktioniert
    - AF02-PR11: funktioniert
    - AF03-PR01: funktioniert
    - AF03-PR02: funktioniert
- Bemerkung: Fokussierung der Kamera auf ausgewählte Elemente muss im Viewer erfolgen.

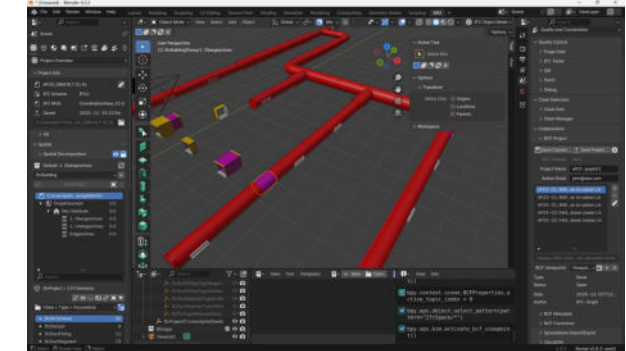
### Anzeige selektierter Elemente AF01-PR01:



### Anzeige selektierter Elemente AF02-PR10:



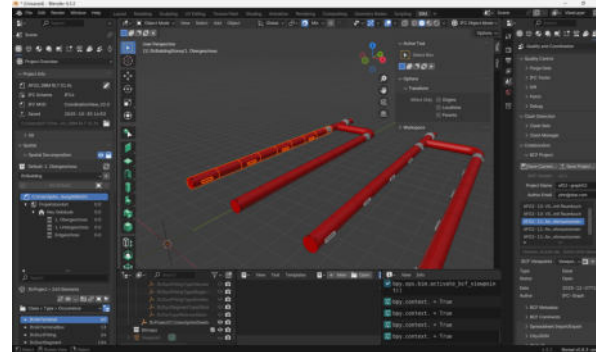
### Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:



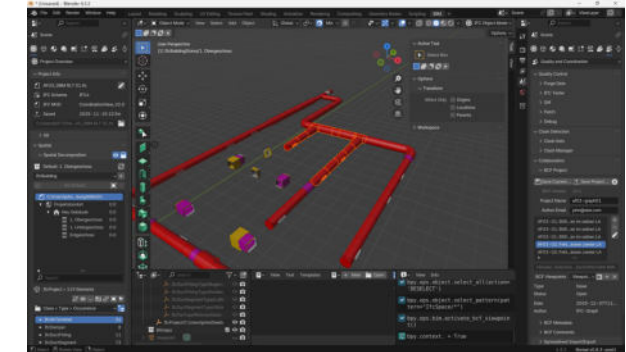
### Anzeige selektierter Elemente AF01-PR02:



### Anzeige selektierter Elemente AF02-PR11:



### Anzeige selektierter Elemente AF03-PR01:



## Erkenntnisse

### Zusammenstellung der Ergebnisse:

Getesteter Graph	Getestete Prüfregele	Öffnen der BCF-Datei				Anzeige der Issues				Anzeige selektierter Bauteile			
		BIMcollab Zoom	Solibri Office	Blender Bonsai	Open IFC Viewer	BIMcollab Zoom	Solibri Office	Blender Bonsai	Open IFC Viewer	BIMcollab Zoom	Solibri Office	Blender Bonsai	Open IFC Viewer
AF01-01	AF01-PR01	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑
AF01-04	AF01-PR02	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑
AF02-01	AF02-PR10	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑
AF02-01	AF02-PR11	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑
AF03-01	AF03-PR01	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑
AF03-01	AF03-PR02	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑
Fallstudie	alle	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☐	☑	☑

### Zusammenstellung der Ergebnisse:

- Öffnen der BCF-Datei funktioniert in allen Tests.
- Anzeige der Issues funktioniert in allen Testes.
- Anzeige der selektierten Elemente funktioniert mehrheitlich (in 3 von 4 Viewern)

## Fazit

- BCF lässt sich für Fallstudie und alle Prüfregele in vier unterschiedlichen IFC-Viewern öffnen und anzeigen
- Anzeige der selektierten Bauteile funktioniert mehrheitlich
- Interoperabilität der Ergebnisse ist grundsätzlich sichergestellt
- Schnellere Ansicht bei Implementierung der Kameraposition Anstelle statischer Position

# Anhang A35: Evaluierung: Anwendungsinteresse

## Einverständniserklärung Expertengespräche

### Einverständniserklärung zur Teilnahme am Expertengespräch zum Thema Planerische Qualitätssicherung in der RLT im Rahmen einer Masterthesis

#### Kontaktinformation Studienverantwortung:

Jonas Heutschi  
Weiermattenweg 5  
CH-4623 Neuendorf  
jonas.heutschi@students.fhnw.ch

#### Bemerkung:

Zur Einhaltung des vereinbarten Datenschutzes liegen die eingeholten Einverständniserklärungen im intern klassifizierten Anhang B bei.

#### Teilnahme am Expertengespräch

Die Teilnahme am Interview umfasst ein maximal einstündiges Gespräch, das zur späteren wissenschaftlichen Auswertung aufgezeichnet wird. Die Gesprächsthemen handeln um das entwickelte PoC, welches anhand von drei Anwendungsfällen einen graphbasierten Ansatz untersucht, um die planerische / fachliche Qualitätssicherung von digitalen Bauwerksmodellen des Gewerkes Lüftung zu prüfen. Ziel des Gesprächs ist aus der Praxis Feedback und Anwendungsinteresse zum PoC einzuholen.

#### Rückruf von der Teilnahme oder Widerruf der Einwilligung

Die Teilnahme am Interview ist freiwillig. Sie haben jederzeit das Recht, ohne Angabe von Gründen von der Teilnahme am Interview zurückzutreten. Sie haben ebenfalls das Recht, Ihre Einwilligung zu widerrufen und Ihre personenbezogenen Daten löschen zu lassen.

#### Datenschutz

Die Nutzung der im Rahmen des Interviews erhobenen Daten erfolgt ausschliesslich für diese Masterthesis. Ihr Name oder andere Angaben zu Ihrer Identität werden vertraulich behandelt, nicht publiziert und nicht an Dritte weitergegeben. Ihr Beitrag wird in anonymisierter oder pseudonymisierter Form gespeichert und nach Abschluss der Arbeit gelöscht.

#### Einverständniserklärung

Ich habe die Informationen in dieser Erklärung gelesen und verstanden. Mir wurde die Möglichkeit eingeräumt, Fragen zur Studie zu stellen und diese wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich gebe mein Einverständnis, an dieser Studie teilzunehmen und gebe meine Erlaubnis für die Aufbewahrung und Verwendung meiner im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten.

Experte / Expertin: .....

Gesprächsleitung: .....

Ort, Datum: .....

Ort, Datum: .....

Unterschrift: .....

Unterschrift: .....

## Leitfaden Expertengespräche

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<b>Einleitung und Gesprächsrahmen</b> [5 min]	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Begrüssung</li> <li>o Zweck und Vorgehen des Gesprächs</li> <li>o Einverständniserklärung</li> <li><b>o Zustimmung einholen</b></li> <li>o Aufnahme starten!</li> </ul>			
<b>Kurzpräsentation PoC</b> [10 min]	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Konzept PoC</li> <li>o Anwendungsfälle</li> <li>o Ergebnis Anwendungsfälle / Fallstudie</li> <li>o Herausforderungen / Limitation</li> </ul>			<i>Vorstellen PoC</i>
<b>Anwendungsinteresse</b> [10 min]	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Was sind Ihre ersten Gedanken zum PoC?</li> <li>o Wie ordnen Sie den Bedarf von fachlicher QS in der Branche ein?</li> <li>o Welche Einsatzmöglichkeiten sehen Sie, um ein solches Tool im Planungsprozess zu integrieren?</li> <li>o Sehen Sie einen Mehrwert / Mehraufwand, welcher durch die Implementierung eines solchen Tools im Planungsprozess resultiert?</li> <li>o Unter welchen Bedingungen sehen die Möglichkeit einer Integration in bestehende Planungsprozesse als praktikabel ein?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o freie Meinung</li> <li>o Bedarf an QS</li> <li>o Interesse an PoC</li> <li>o Mehrwert</li> <li>o Mehraufwand</li> <li>o Hürden für die Implementierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Ist Ihnen etwas ähnliches bereits bekannt?</li> <li>o Sehen Sie Bereiche wo Sie dies in ihrem Alltag nutzen können?</li> <li>o Wo sehen Sie die Stärken / Schwächen des PoC?</li> <li>o Welches überwiegt?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Freie Meinung einholen</li> <li>o Ermitteln vom Anwendungsinteresse</li> <li>o Ermittlung Potenzial</li> <li>o Hürden für die Implementierung</li> </ul>

Thema	Erzählgenerierende Frage	Check	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Ziel der Frage
<b>Anwendungsfälle</b> [10 min]	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Wie relevant sind die drei Anwendungsfälle für die fachliche QS in der Praxis aus Ihrer Sicht?</li> <li>o Sind die im PoC definierten Prüfreden fachlich sinnvoll und vollständig?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Relevanz AF</li> <li>o Fachliche Richtigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Sind Ihnen derartige Regel-/Bestellabweichungen bekannt?</li> <li>o Welche Lücken enthält die Prüfredel?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Validieren praxisrelevanz der Anwendungsfälle</li> <li>o Validieren der fachlichen Richtigkeit</li> </ul>
<b>Gesamtbewertung</b> [10 min]	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Welchen Eindruck haben Sie nun vom PoC?</li> <li>o Welche Stärken und Schwächen sehen beim PoC jetzt nach dem Gespräch?</li> <li>o Welche Verbesserungen wären damit Sie ihn im Berufsalltag einsetzen wollen?</li> <li>o Wie schätzen Sie allgemein den Innovationsgrad einer Modellprüfungen mit Netzauswertungen / Graphanalysen ein?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Stärken</li> <li>o Schwächen</li> <li>o Innovationsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Wie zentral erachten Sie Netzanalysen / -verständnis in der fachlichen Prüfung in der Gebäudetechnik?</li> <li>o Was würde Sie derzeit von einer Nutzung abhalten?</li> <li>o Erschliesst womöglich die Verbindung von Raumbuch-Raum-RLT (ausserhalb von Revit) ein grösseres Potenzial?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Gesamtfazit / -eindruck</li> <li>o Innovationsgrad</li> </ul>
<b>Abschluss</b> [5 min]	<ul style="list-style-type: none"> <li>o bedanken</li> </ul>			

## Expertengespräch 01

Datum: 09.09.2025  
Dauer: 11:00 - 12:00 Uhr  
Ort: vor Ort  
Rolle Experte: Fachplaner Lüftung

### Thema 1: Anwendungsinteresse

- Freie Meinung:
  - sicher interessant als einfache Prüfmöglichkeit von grundlegenden Anforderungen
  - erleichtert / unterstützt den Prüfprozess im QS
  - kennt kein anderes Tool, um dies sonst zu prüfen
- Bedarf an QS:
  - QS sollte man immer machen
  - Eigenkontrolle
  - grosse Anlagen so etwas unterstützt / man kann nicht alles manuell kontrollieren
  - QS derzeit nur zum Phasenabschluss gemacht
- Interesse an PoC:
  - Eigenkontrolle
  - Kontrolle von anderen Arbeiten
  - schneller Übersicht über Planungsstand in fremden Projekten oder bei Übernahme
- Mehrwert:
  - minimieren von Fehlern
  - kontinuierliches QS mit geringem Zeitaufwand
  - konstante Qualität von Abgaben
  - grössere Abdeckung in gleicher Zeit bei QS
- Mehraufwand:
  - Modellierungsanforderung implementieren
  - Mehraufwand ist neben der Implementierung gering
  - Schnittstelle externe Anforderungen
- Hürden Implementierung:
  - Implementierungsaufwand
  - Softwareabhängigkeit: „Man braucht wieder einen Viewer, der das anzeigen kann.“
  - Akzeptanz: „Ich gehe davon, wenn das so einfach in der Anwendung bleibt, dann möchte das jeder nutzen.“

## Thema 2: Anwendungsfälle

- Relevanz der Anwendungsfälle:
  - AF01: definitiv relevant  
„Dieser AF fällt auf dem Plan von allen 3 AF visuell noch am ehesten auf.“  
2 Regeln für VAV und CAV zum Auseinanderhalten.
  - AF02: macht sicher Sinn, ein solcher Fehler kann einem schnell unterlaufen  
Mehrraumzonen sind mir nur wenige bekannt
  - AF03: „Brandschutz ist sehr relevant, jedoch immer ein wenig schwierig, da die Interpretation der Richtlinie nicht immer von allen Fachpersonen identisch.“  
„Workflow von modellierten Brand- und Lüftungsabschnitten habe ich noch nie erlebt.“  
„Zu viele Brandschutzklappen kennen alle Fachplaner. Sei dies durch Änderungen vom Brandschutzkonzept oder die Modellierung einer mehr in einer frühen Projektphase für die Kostensicherheit gerade aufgrund der unterschiedlichen Interpretationen der Richtlinie.“
- Fachliche Richtigkeit / Lücken:
  - AF01 neben den genannten Bauteilanzahl/-länge, Einbau in Gerät  
keine Berücksichtigung von Raumanforderung und Netzdämpfung
  - AF02 fachlich richtig, hier wären sicher diverse weitere Prüfungen ergänzbar
  - AF03 Die Prüfregel machen fachlich Sinn. Hier wären sicher genannte, aufbauende Prüfregeln notwendig in Kombination mit Dämmung, Einbau in Wand etc.

## Thema 3: Gesamteindruck

- Stärken:
  - „Die Stärke liegt für mich in der Nutzung der Bauteilverbindungen.“
  - „Man könnte das Tool noch für viele weitere Sachen nutzen.“
- Schwächen:
  - Ich würde es gerne einmal in einem eigenen Projekt einsetzen, um den Aufwand besser einschätzen zu können.
  - Es kann nur einen Teil der Anforderungen prüfen. Beispiel: Einbau BSK
- Innovationsgrad:
  - „Dieser Ansatz mit den Verbindungen ist etwas Neues für mich und mir ist nicht derartige bekannt. Ich glaube, dass diese Netzwerkgraphen noch viele weitere Prüfungen erlauben.“

## Expertengespräch 02

Datum: 10.12.2025  
 Dauer: 11:00 - 12:00 Uhr  
 Ort: Teams  
 Rolle Experte: Projektleiterin HLK / Bauherrenunterstützung QS HLK

### Thema 1: Anwendungsinteresse

- Freie Meinung:
  - «Idee finde ich sehr gut auch die einfache Ebene mit sehr klar abgegrenzten Regeln, diese haben fast keine oder keine Ausnahmefälle, wo man davon abweichen sollte.»
  - «Problematik sehe ich beim Definieren der Anforderung. Zum Beispiel wer definiert die Lüftungsabschnitte? Das ist immer eine Zusammenarbeit und diese Schnittstelle und Modellierung müsste klar festgehalten werden, weil wenn die Informationen immer wieder fehlt, dann wird es frustrierend.»
  - «Meine Gedanken zum PoC sind im Grossen und Ganzen sehr positiv, denn es wird auf viele Themen gezwungenermassen hingewiesen, welche man abklären muss. Heute drückt man sich vor diesen immer ein wenig. [...] So ein Tool führt den Planer in eine Hohlschulde. Das pusht eine frühe gemeinsame Definition und es wird nicht stets aufgeschoben.»
  - «Es ist ein wenig wie eine Checkliste für benötigte Informationen und man ist gezwungen darüber zu sprechen. Das finde ich sehr positiv.»
- Bedarf an QS:
  - «Ich erachte die QS als sehr wichtig, um stets behagliche, energetische und wirtschaftliche ausgeglichene Lösungen zu sichern. Dazu müssen die Planungsunterlagen ein gewisses Niveau erfüllen. Mit so einem Tool lässt sich schnell prüfen ob Standards eingehalten sind. Dies lässt dann QS in der übergeordneten Ebene zu.»
  - Unterstützung für Planer für ihre QS, Regeln liegen in ihrer Planungsverantwortung
  - «Prüfstellen befinden sich jedoch oft in dieser Ebene, da es dort hapert, dann sind wir wieder beim Ressourcenproblem.»
- Interesse an PoC:
  - «Finde, dass aktuell sehr starke Überlastung der Planer/Ingenieure vorliegt und solche Themen untergehen, ein solches Tool erlaubt gewerksfremden Personen zu unterstützen und die richtigen Fragen zu stellen.»
  - Eigenkontrolle
  - Kontrolle Qualität / Planungsverantwortung
- Mehrwert:
  - es gibt dem Planer eine Sicherheit, da Raumbuch und Modell aktuell gehalten werden.
  - erzwingt das stetige aktuell halten von Raumbuch und Modell
  - reduziert versteckten Aufwand, da früh Themen angesprochen/definiert werden, welche dann nicht mehrfach diskutiert werden, da es nicht definiert ist
  - daraus resultiert Planungs- und Kostensicherheit
- Mehraufwand:
  - Schnittstellen / Absprachen
- Hürden Implementierung:
  - Integrität von den Ergebnissen wie bei jedem Programm, deshalb gut sehr einfach und klare Regeln
  -

## Thema 2: Anwendungsfälle

- Relevanz der Anwendungsfälle:
  - Es sind alle Anwendungsfälle sehr relevant.
  - Sie sind Basis und wenn diese nicht stimmt, wird sie über das gesamte Projekt mitgezogen und führt am Schluss zu grösseren Änderungen mit vielen Abhängigkeiten.
- Fachliche Richtigkeit / Lücken:
  - AF01: VSR sind 5 Bauteile viel  
Anströmstrecke sicherstellen  
2. Schritt prüfen, ob Platz für SD und Zugänglichkeit ausreicht
  - AF02: fachlich plausibel
  - AF03: Grösse der Lüftungsabschnitte prüfen  
Verschachtelte Regel wäre spannend.  
„Meiner Meinung nach werden viele BSK's geplant wo Dämmung möglich wäre.“  
Zuerst prüfen ob Dämmung möglich und nur wenn nicht ob BSK vorhanden.

## Thema 3: Gesamteindruck

- Stärken:
  - «Sehe immer noch sehr viel Potenzial.»
  - siehe Anwendungsinteresse
  - *Planungssicherheit*
- Schwächen:
  - «Mir wäre sehr wichtig, dass die Grenzen klar festgehalten sind, so dass kein Planer meint, dass dieses Tool seine Planung und sein Mitdenken ersetzt.»  
«Das ist heute oft bei Kollisionsprüfungen ein wenig ein Problem.»  
(Bei jeder Kollision ausweichen, statt einem klaren Konzept.)
  - «Auch der Managementebene muss klar sein, dass es dennoch Planer braucht, da auch das Tool seine Grenzen hat.»
- Innovationsgrad:
  - weitere Gewerke
  - schon nur in der Lüftung:  
VSR, BSK, Auslässe, Leitungsdimensionierung, Dämmung, Auslegung, Auslasswahl, Konditionierung mit Raumbuch  
→ es kann sehr viel erschliessen
  - prüfen von Gewerkschnittstellen