Fachbeitrag aus GEB 09/2026
> www.geb-info.de <







Bild: Alles Wird Gut Architektur ZT

Das architektonische Konzept für den Bildungscampus Eselsberg in Ulm sieht offene Lernlandschaften, großzügige Verglasungen und eine Holz-Hybrid-Bauweise vor. Szenarioanalysen halfen, die Planung gezielt zu optimieren, um Komfortansprüche und Energieeffizienzkriterien zu erfüllen.

Simulation statt Spekulation

SZENARIOANALYSEN ALS INTEGRALES PLANUNGSTOOL Eine dynamische Gebäudesimulation bildet das Verhalten eines Bauwerks über den Jahresverlauf ab. Für die Planung entscheidend ist jedoch etwas anderes: Simulationen ermöglichen es, Fragen zu klären, die klassische Nachweise nicht beantworten können. Wie funktioniert das Gebäude als Gesamtsystem? Welche Auswirkungen hat eine Entscheidung bei der Fassadengestaltung, der Nutzung oder der Technik auf Energiebedarf, Komfort und Kosten? Damit kann eine Simulation zu einem integralen Planungstool werden, das grundlegende Entscheidungen ermöglicht. Veronika Koschany, Pascal Ottis

Übliche Nachweise im Zuge eines Planungsprozesses, wie zum Beispiel die Berechnung zum sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 oder die Heizlastberechnung nach DIN/TS 12831-1, bieten grundlegende Antworten auf die jeweiligen Fragen einer Norm. Sie können aber nicht beantworten, zu welchen Konsequenzen es führt, wenn der Nachweis nur stichpunktartig durchgeführt ist oder die Ergebnisse der Berechnung nicht vollständig in der Planung umgesetzt werden können.

Beim Bildungscampus Eselsberg standen genau solche Fragestellungen im Mittelpunkt. Es handelt sich um das größte städtische Schulbauprojekt in Ulm seit den 1970er Jahren. Auf 1,4 Hektar sollen in den kommenden vier Jahren eine Grundschule, eine Gemeinschaftsschule und eine Kindertagesstätte mit einer Bruttogrundfläche von insgesamt 11.500 Quadratmetern entstehen.

Der Entwurf von Alles Wird Gut Architektur ZT basiert auf einem Konzept des gemeinschaftlichen Lernens, das sich in einem flexiblen und vielfältig nutzbaren Raumangebot widerspiegelt. Inspiriert durch das nigerianische Sprichwort „Um ein Kind aufzuziehen, braucht es ein ganzes Dorf“ ist die Fläche wie ein Dorf mit klaren Bezügen nach innen und außen organisiert. Die zahlreichen Innenhöfe und Lernhäuser sowie das Lehrkonzept mit unterschiedlichen Nutzungen und wechselnden Belegungsdichten machen das gesamte Gebäudesystem komplex.

Diese Offenheit des Entwurfs stellt zusammen mit hohen Fensteranteilen, variierenden Raumhöhen und der Bauweise besondere Anforderungen an die Bauphysik, das Energiekonzept und den thermischen Komfort. Was architektonisch attraktiv und für das pädagogische Konzept schlüssig ist, führte in der Planung zu der entscheidenden Frage: Funktioniert das Konzept im Betrieb?

Die besondere Herausforderung des Projekts lag in der Architektur selbst. Die offenen Lernlandschaften, großzügigen Verglasungen und die Holz-Hybrid-Bauweise sollen eine moderne Lernumgebung schaffen. Gleichzeitig war früh erkennbar, dass sie Zielkonflikte erzeugen würden. Große Fenster verbessern die Tageslichtversorgung, erhöhen jedoch auch die

solaren Wärmeeinträge. Die geringe Speichermasse der Konstruktion erhöht zusätzlich die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz. Entscheidungen zur Fassade beeinflussen den Energiebedarf, die Anlagentechnik verändert den Komfort.

Ganzheitliche Aussagen auf Grundlage normativer Einzelbetrachtungen in der Vorplanung waren schwer zu treffen, und somit fehlte dem Bauherrn eine fundierte Entscheidungsgrundlage. Deshalb ist der Bildungscampus ein gutes Beispiel dafür, dass eine frühzeitig in der Planung durchgeführte Simulation solche umfassenden Betrachtungen ermöglicht.

Was zunächst als Unterstützung bei bauphysikalischen Fragestellungen begann, entwickelte sich im Zuge der Leistungsphase 2 zu einem integralen Planungswerkzeug. Die Simulationen entwickelten sich zu einem gemeinsamen Bezugspunkt für Architektur, TGA-Planung und Bauherrschaft. Anstatt einzelne Themen getrennt voneinander zu bearbeiten, entschied sich das Projektteam für einen integrierten Ansatz über mehrere Simulationsschritte.

Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2

Frage 1 lautete: Wie kann das architektonische Konzept umgesetzt und der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2 ohne großen Aufwand eingehalten werden? Vor Beginn der Simulation wurde aufgrund der Ergebnisse des Norm-Standardverfahrens angenommen, dass der sommerliche Wärmeschutz wegen der großen Fensterflächen und der Bauweise nur mithilfe passiver Kühlung, beispielsweise über eine direkte Grundwassernutzung, nachgewiesen werden kann. Die Technik hätte jedoch einen erheblichen Investitionsmehraufwand bedeutet.

Bei der Simulation, durchgeführt mit der Software IDA ICE von Equa, wurde für den ersten Gebäudeentwurf eine Verglasung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) von 0,4 und einem außenliegenden, nach Sonnenstand gesteuerten Sonnenschutz mit einem Abminderungsfaktor (Fc-Wert) von 0,31 angenommen. Zudem wurden ein erhöhter Tagluftwechsel und eine Nachtlüftung über die geplante Lüftungsanlage herangezogen. Anders als oft üblich erfolgte die Analyse nicht nur für wenige Musterbereiche, sondern für alle Räume mit Aufenthaltscharakter.

Die Ergebnisse zeigten, in welchen Räumen der sommerliche Wärmeschutz kritisch zu beurteilen war und welche trotz großer Glasflächen unproblematisch blieben. Auf dieser Grundlage konnte das Architekturteam Optimierungen auf Raumebene vornehmen, insbesondere durch die Anpassung der Fensterflächen. Die verbesserte Variante wurde anschließend erneut simuliert. Das Ergebnis verdeutlicht, dass die Übertemperaturgradstunden in allen Bereichen unter den zulässigen 500 Kelvinstunden nach DIN 4108-2 blieben (**Abb. 1**) – und dies ganz ohne passive Kühlung.

Die Simulation aller Räume mit Aufenthaltscharakter beantwortete somit nicht nur die grundsätzliche Frage nach einem Optimierungsbedarf, sondern identifizierte raumgenau, wo dieser bestand. Anstelle pauschal einzuschränken ließen sich daher bestimmte Fassadenbereiche gezielt anpassen. Damit erfüllt die optimierte Variante den sommerlichen Wärmeschutz, ohne die architektonische Grundidee zu verändern.

Qualität der Tageslichtversorgung

Wie wirken sich die Anpassungen auf die Tageslichtversorgung aus? Diese Frage stand als nächstes an. Die Ergebnisse der ersten Simulation zeigten, dass die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz eingehalten werden können. Veränderungen an den Fensterflächen haben jedoch unmittelbare Auswirkungen auf die Tageslichtversorgung. Wie steht es also um die Tageslichtversorgung im Gebäude? Um diese Frage zu beantworten, wurde im nächsten Schritt eine Tageslichtsimulation der optimierten Fassadenvariante durchgeführt.

Zur Bewertung der Tageslichtversorgung wird der Tageslichtfaktor (DF) herangezogen. Er beschreibt, wie viel natürliches Licht im Raum im Vergleich zum Tageslicht im Freien ankommt. Je höher der Wert, desto heller wirkt ein Raum. Die Bewertung erfolgt in Anlehnung an die DIN EN 17037 „Tageslicht in Gebäuden“, wobei ein Tageslichtfaktor ab etwa zwei Prozent für regelmäßig genutzte Bereiche als guter Orientierungswert angesehen wird. Werte darunter können zu einem dunklen Raumeindruck und einem häufigen Einschalten von Kunstlicht führen. Die Bewertung über den gesamten Raum

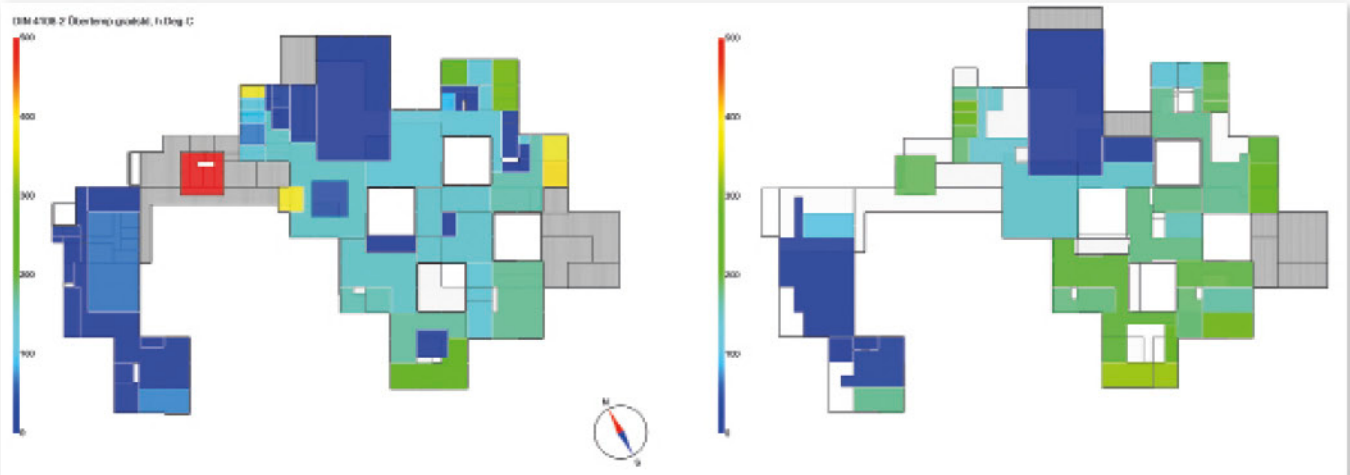


Bild: Alpha IC

1 Übertemperaturgradstunden nach DIN 4108-2 in den Aufenthaltsräumen des Erdgeschosses (links, Planstand 12/2024) und nach der Optimierung (rechts, Planstand 05/2025)

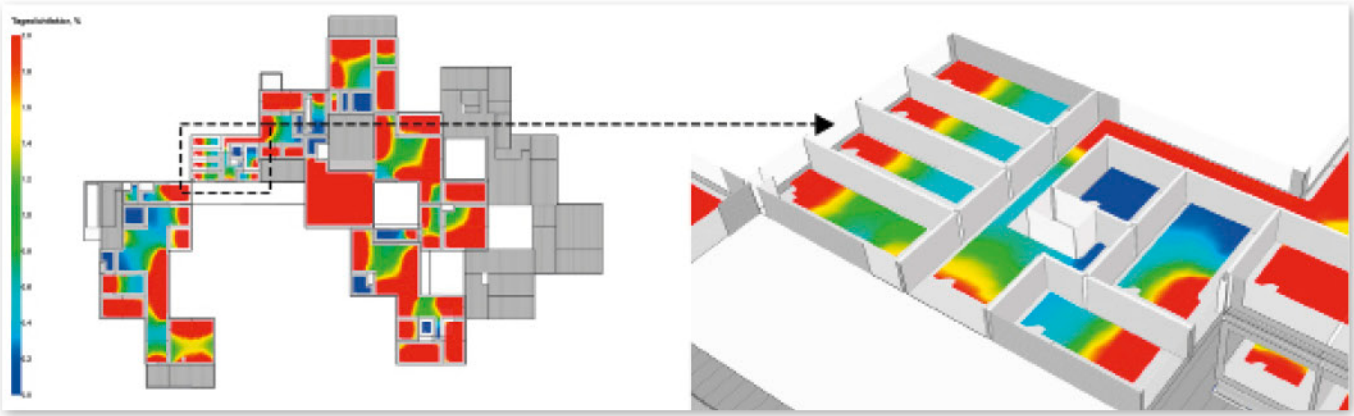


Bild: Alpha IC

2 Tageslichtversorgung im 1. Obergeschoss mit einem vergrößerten Ausschnitt des Verwaltungsbereichs vor der Optimierung

beschreibt, ob der angestrebte Tageslichtfaktor auf einem wesentlichen Teil der Nutzfläche erreicht wird.

Die Auswertungen zeigten insgesamt eine gute Tageslichtversorgung des Gebäudes (**Abb. 2**). Gleichzeitig wurden einzelne Bereiche identifiziert, in denen architektonische Anpassungen sinnvoll erschienen. Dazu gehörte unter anderem der Verwaltungsbereich im 1. Obergeschoss. Hier wies insbesondere das Büro der Schulleitung einen zu geringen Tageslichtfaktor auf. Gründe dafür sind die räumliche Kubatur, die geringe Fensterfläche sowie die Eigenverschattung des Fensters durch die Lage am überdachten Innenhof. Auch weitere Büroräume in diesem Verwaltungsbereich waren mit zu wenig Tageslicht versorgt. Bei ihnen spielten die Raumtiefe und der Fensterflächenanteil zum Innenhof eine Rolle.

Das Architekturbüro hat unter anderem aufgrund dieser Ergebnisse den gesamten Bereich nochmals umgestaltet und die Räume mit einer geringeren Tiefe und mehr Fensterfläche zum Innenhof sowie unterhalb des Stadtbalkons angeordnet (**Abb. 3**). Der innenliegende Besprechungsraum erhält eine Glaswand, sodass Tageslicht dorthin gelangen kann. Der gewählte Simulationsansatz lieferte somit nicht nur eine grundlegende Bewertung des geplanten Entwurfs, sondern das Modell ermöglichte eine gezielte Analyse der Ursachen und eine Überprüfung der Anpassungen.

Anforderungen an die technische Ausstattung

Nachdem Gebäudehülle und Tageslichtversorgung optimiert waren, richtete sich der Blick auf die technische Gebäudeausrüstung. Welche Heiz- und Kühllasten ergeben sich? Und müssen die Räume wirklich mit der theoretisch maximalen Heiz- und Kühlleistung ausgestattet werden? Die Besonderheit des Bildungscampus liegt dabei in den verschiedenen Nutzungen. Aufenthaltszonen, Kita-Flächen, Lernwerkstätten und Verwaltungsbereiche weisen völlig unterschiedliche Belegungen und Lastprofile auf.

Im ersten Schritt sollten die Heiz- und Kühllasten der Räume über die Simulation ermittelt werden. Sie berücksichtigte Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (Testreferenzjahre), reale Nutzungsannahmen zu den Personenbelegungen und weitere interne Lasten. Zudem wurden die mechanische Belüf-

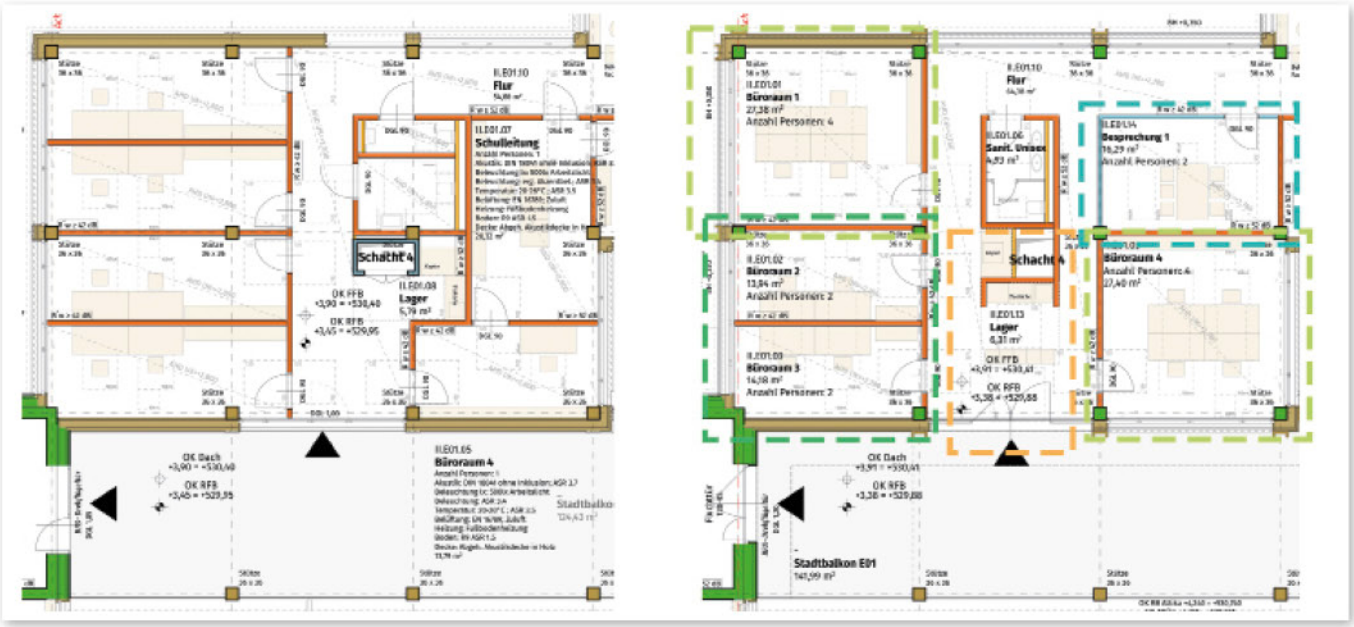


Bild: Alles Wird Gut Architektur ZT

3 Ausgestaltung des Grundrisses des Verwaltungsbereichs im 1. Obergeschoss vor (links) und nach (rechts) der Optimierung

: Hier bietet das **GEB** E-Paper zusätzliche Informationen und Funktionen an. Infos zum **GEB** E-Paper: **www.geb-info.de/epaper**

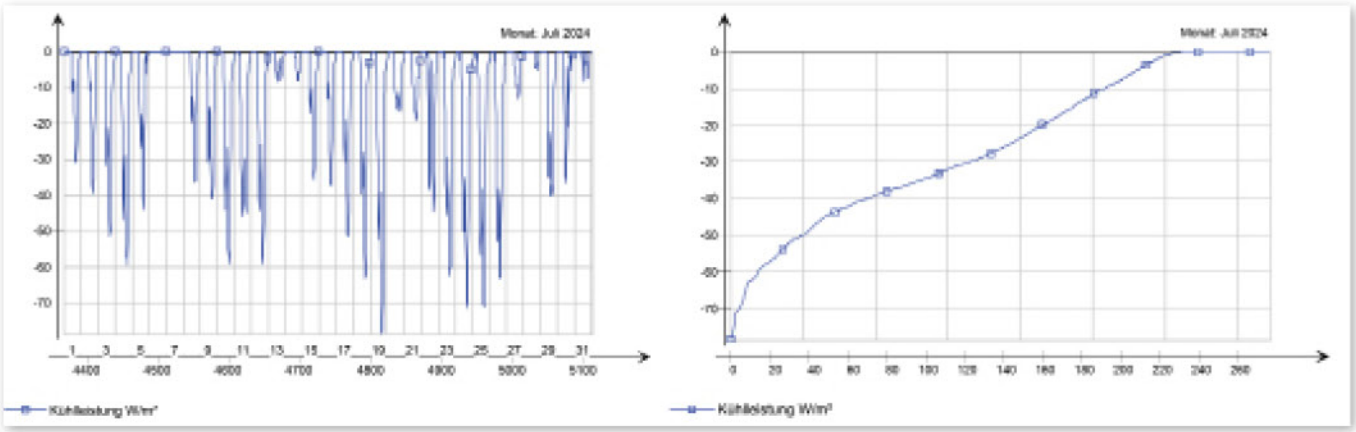


Bild: Alpha IC

4 Simulativ ermittelte Kühllast im Tagesverlauf und als Häufigkeitsdiagramm in der Lernwerkstatt für den Zeitraum von 15. Juli bis 19. August

tung anhand der Luftmengen und Lüftungsstrategien wie Zulufttemperaturen sowie die Nutzung der Lüftungsanlage für die Nachtauskühlung im Sommerfall einbezogen. Ziel war es, eine Raumsolltemperatur von 21 Grad Celsius im Winter und 25,5 Grad Celsius im Sommer zu erreichen.

Zur Ermittlung wurde der Extremfall betrachtet. Das heißt, es wurde jeweils ein Zeitraum mit extremen Winter- beziehungsweise Sommertemperaturen zugrunde gelegt. Im Heizfall wurde eine Ferienzeit ohne Belegung angesetzt, während im Kühlfall eine Vollbelegung betrachtet wurde. Die Ergebnisse hatten direkten Einfluss auf die TGA-Planung. Sie stellten die Grundlage für die Auslegung der haustechnischen Systeme.

Die meisten Räumlichkeiten weisen einen Heizlastbedarf von 25 Watt pro Quadratmeter auf. Einige wenige benötigen bis zu 32 Watt. Für den Kühllastbedarf ergeben sich für die meisten Räume Werte zwischen 20 und 50 Watt pro Quadratmeter. Einige wenige Räume kommen auf noch höhere Kühllasten von bis zu 67 Watt (**Abb. 4**). Dies trifft insbesondere auf Aufenthaltsbereiche zu, in denen große Verglasungen und hohe Belegungsdichten zusammentreffen. Die genauere Analyse der Ergebnisse ergab zudem, dass die Spitzenwerte nur mit einer geringen Häufigkeit auftreten.

5 Empfehlungen für Energieberatende

- **Früh beginnen und iterativ arbeiten:** Je früher die Simulation eingesetzt wird, desto größer ist der Nutzen für das Projekt im Hinblick auf Investitions- und Betriebskosten, Nutzerkomfort und Sicherheit.
- **Simulation als gemeinsames Arbeitsmittel nutzen:** Die Ergebnisse werden besonders wirksam, wenn Architektur, Bauphysik, TGA-Planung und Bauherrschaft sie gemeinsam in einem integralen Planungsprozess bewerten und daraus konkrete Entscheidungen ableiten.
- **Mit plausiblen Annahmen arbeiten:** Auch in frühen Planungsphasen, in denen oft belastbare Angaben zu Nutzung, Personenbelegung und Zeitprofilen noch nicht vollständig vorliegen, kann unter Zuhilfenahme von plausiblen Annahmen eine gute Grundlage für die Betrachtung unterschiedlicher Szenarien geschaffen werden. Anstelle von Erfahrungswerten oder pauschalen Sicherheitszuschlägen ermöglichen Simulationen einen belastbaren, nachvollziehbaren Vergleich von Planungsvarianten.
- **Varianten statt Einzelwerte bewerten:** Der Mehrwert entsteht durch den Vergleich konkreter Lösungsoptionen und ihrer Auswirkungen auf Energiebedarf, Komfort, Kosten und Technik.
- **Weniger ist mehr:** Das Grundprinzip einer Simulation ist einfach – Gebäude modellieren, Bauteile und Nutzungen definieren, Wetterdaten hinterlegen und Ergebnisse auswerten. Die eigentliche Kunst besteht darin, die Modelltiefe so zu wählen, dass belastbare Aussagen möglich werden, ohne unnötige Komplexität zu erzeugen. Nicht jede Teilberechnung muss für die Klärung einer Fragestellung präsentiert werden.

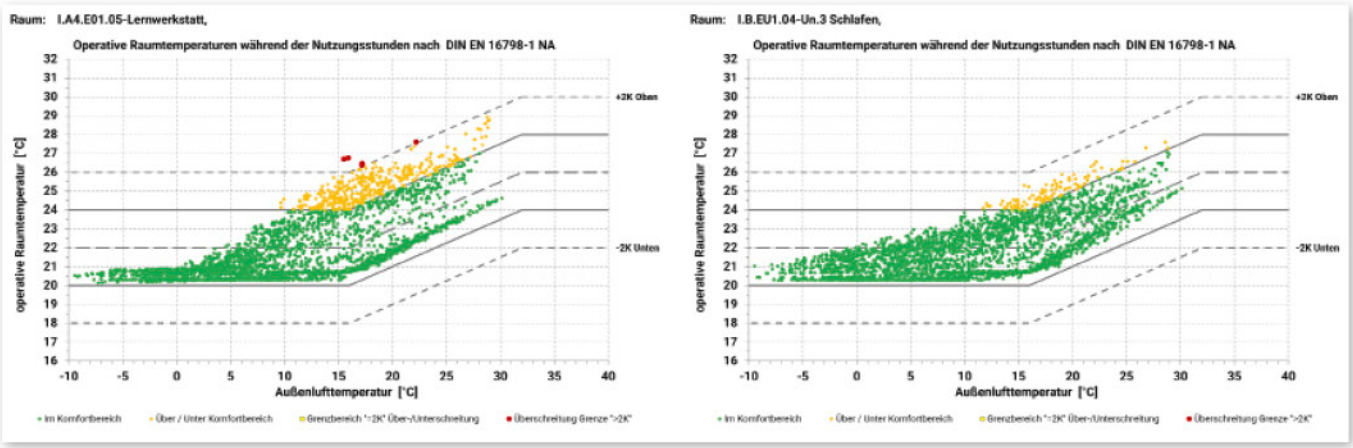


Bild: Alpha IC

5 Auswertung des thermischen Komforts nach DIN EN 16798-1 NA Kategorie II für die Lernwerkstatt (links) und einen Schlafraum der Kita (rechts) über alle Stunden im Jahr. Die Simulation zeigt, dass in der Lernwerkstatt noch zu viele Stunden (> 1 %) im Toleranzbereich zwischen 24 und 26 °C liegen. Die Stundenzahl über 26 °C liegt dabei innerhalb der 1-%-Grenze. Im Schlafraum liegen alle Stunden des Jahres innerhalb der Anforderungen.

Als haustechnisches System für die Einbringung der Heiz- und Kühlleistungen ist eine Fußbodenflächenheizung geplant. Sie bietet nur eine begrenzte Leistungsfähigkeit, da die Oberflächentemperaturen des Bodens nicht zu warm und nicht zu kalt werden dürfen. Im Durchschnitt sind 25 Watt pro Quadratmeter Heiz- und 20 Watt Kühlleistung möglich. Besonders im Sommerfall ergibt sich eine deutliche Diskrepanz zu den ermittelten Kühllasten.

Auf dieser Grundlage wurde entschieden, eine Bewertung des thermischen Komforts anhand der Kriterien nach DIN EN 16798-1 NA für die Kategorie II durchzuführen. Die Kategorie steht für ein normales Maß an Erwartungen an das Raumklima und die Innenraumluftqualität. Dafür wurden die verfügbaren Heiz- und Kühlleistungen in den Räumen entsprechend der Leistungsfähigkeit des Bodens beschränkt und die sich einstellenden operativen Raumtemperaturen ausgewertet.

Die meisten Räume konnten die Anforderungen einhalten (**Abb. 5**). Im Winterfall wurde die Kategorie II immer eingehalten. Für die Übergangs- und Sommerzeit wurden bei einzelnen Räumen zu viele Stunden im oberen Toleranzbereich ermittelt. Für diese Räume wurden mit dem TGA-Planer konkrete Ideen erarbeitet, wie diese Stundenzahl verringert werden kann. Dies ist durch eine optimierte Regelstrategie der Belüftung möglich.

Obwohl sich die berechneten Heiz- und Kühllasten sowie die geplanten Heiz- und Kühlleistungen unterscheiden, wurde mit der Bewertung der sich einstellenden Raumbedingungen nach DIN EN 16798-1 NA klar, dass sich die Fußbodenheizung grundsätzlich für das Gebäude eignet. Im Zusammenspiel mit den Lüftungsstrategien und mit Blick auf den thermischen Komfort anstatt auf die gewünschten Raumsolltemperaturen ließen sich die installierten Leistungen im Vergleich zur Lastermittlung reduzieren und dadurch unnötige Investitionen vermeiden. Dies wirkt sich im späteren Gebäudebetrieb mindernd auf den Energiebedarf und die Betriebskosten aus.

Fazit: Wenn ein Modell das Gespräch verändert

Die Simulationen bildeten den gemeinsamen Bezugspunkt für Architektur, TGA-Planung und Bauherrschaft, und die Ergebnisse die maßgebliche Entscheidungsgrundlage. Wo vorher maximal einzelne Bruchstücke vorhanden waren, entstand durch den integralen Simulationsansatz ein umfassendes Gesamtbild des Gebäudes. So konnte der Bauherr faktenbasierte Entscheidungen treffen, und der architektonische Entwurf wurde in seiner Grundidee bestätigt.

Die Simulationen für das Projekt Eselsberg wurden bereits in der Vorplanung durchgeführt. Sie werden vom gesamten Planungsteam als unterstützendes Werkzeug verstanden. Daher können das Gebäude und die Anlagentechnik über den integralen Prozess gezielt optimiert werden. Dies erhöht die Planungssicherheit in Bezug auf den späteren Betrieb und die Energieverbräuche, ohne den Nutzerkomfort aus den Augen zu verlieren. Ebenso lassen sich unnötige Investitionen in nicht erforderliche Technik vermeiden.

Der Bildungscampus befindet sich aktuell in der Entwurfsplanung. Auf Grundlage des Planungsfortschritts werden die Simulationsmodelle fortlaufend aktualisiert und die Ergebnisse der Simulationen mit der Planung rückgekoppelt. Sollte neuer Optimierungsbedarf aufkommen, können die Auswirkungen und mögliche Maßnahmen dazu gezielt diskutiert werden. ■

Veronika Koschany

M. Sc. Energieeffizientes & nachhaltiges Bauen und Senior Consultant der Alpha IC GmbH



Bild: Alpha-IC

Pascal Ottis

M. Sc. Bauingenieurwesen und Senior Consultant der Alpha IC GmbH



Bild: Alpha-IC