



30. Juni 2015

# Mit Monitoring die Gebäude-Nutzung nachhaltig optimieren

**Gespräch mit Dr. Jens M. Kuckelkorn, ZAE Bayern, zu den Erfahrungen nach drei Jahren Betriebs-Optimierung und Evaluierung des Passivhaus-Neubaus der Beruflichen Oberschule Erding - Staatliche Fachober- und Berufsoberschule (FOS / BOS Erding)**

Autorin: Melita Tuschinski, Dipl.-Ing./UT Austin, Herausgeberin des Experten-Portals EnEV-online.de

**1. Herr Kuckelkorn, die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) präsentierte kürzlich voller Stolz ein erfolgreiches, gefördertes Bauprojekt: den Neubau der Fach- und Berufsoberschule in Erding – als nachhaltiges Passivhaus mit extrem niedrigem Gesamt-Primärenergiebedarf. Für das Monitoring nach der Fertigstellung des Bauvorhabens zeichnet das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V. (ZAE Bayern) mit Sitz in Garching verantwortlich. Bitte stellen Sie sich zunächst für unsere Leser kurz vor und erläutern Sie Ihre Rolle in diesem Vorhaben.**

Dr. Kuckelkorn: Das ZAE Bayern, an dem ich seit 2003 als Wissenschaftler tätig bin, befasst sich intensiv mit den Themen Energieeffizienz, Energieumwandlung und -speicherung sowie regenerativer Energieerzeugung. Das Besondere dabei ist, dass wir sehr praxisnah arbeiten. Das bedeutet auch, Demonstrationsvorhaben erfolgreich zu realisieren und nach der Inbetriebnahme weiter zu begleiten. Als Gruppenleiter der Systementwicklung ist die Energieversorgung von Kommunen und Gebäuden ein zentraler Bestandteil meiner Arbeit geworden. Das Leuchtturmprojekt FOS / BOS Erding begleiten wir seit der Planung in 2008, unsere Aufgabe war die Betriebsoptimierung und Evaluierung, insbesondere ab der Inbetriebnahme in 2011. Die ganze Arbeit wurde von etwa 15 Mitarbeitern in enger Zusammenarbeit mit dem Projektteam, externen Projektpartnern und den ausführenden Firmen bewerkstelligt.

**2. Dem neuen Schulkomplex in Erding liegt ein nachhaltiges Gesamtkonzept zugrunde. Was ist das Besondere an diesem Gebäude und welche Rolle spielte Ihr Monitoring nach der Fertigstellung?**

Dr. Kuckelkorn: Der kompakte Schulbau ist nach Süden ausgerichtet und besitzt eine hochwertige, wärmebrückenfreie Gebäudehülle mit Passivhausbauteilen. Das Gebäude zeichnet sich auch durch eine hervorragende Dichtheit der Hülle und eine besonders hohe nutzbare Wärmekapazität durch die massive Konstruktion aus. Dieses waren ausgezeichnete Voraussetzungen, um einerseits die Gewinne und Verluste der Infiltration und Transmissionswärme zu minimieren und andererseits die hohe thermische Trägheit zur Speicherung von Wärme und Kälte zu nutzen. Im Rahmen des Monitorings konnten wir in der über drei Jahre dauernden Optimierungs- und Evaluierungsphase vor allem die technischen Systeme optimieren und dadurch gleichzeitig eine hohe Funktionalität, einen hohen Komfort für die Nutzer sowie eine hohe Energieeffizienz erreichen. Im ersten Betriebsjahr war dies definitiv noch nicht der Fall.



Bild 1: Ansicht der Südfassade mit aktivierter Verschattungsanlage im Sommer. Vor den Fensterbändern sind vorgelagerte Fluchtbalkone angeordnet, die Lamellenbehänge der außenliegenden Verschattung werden im Cut-Off-Winkel betrieben und können manuell übersteuert werden.

© Foto: ZAE Bayern

**3. Wie wir wissen, spielt in Schulen die Beleuchtung eine ganz besonders wichtige Rolle. Doch können große Fenster auch dazu führen, dass eine Blendwirkung entsteht oder dass mit dem Tageslicht auch zu viel Sonnenwärme in die Räume dringt. Wie haben Sie in der Erdinger Schule dieses Dilemma gelöst?**

Dr. Kuckelkorn: Die optimierte Anordnung der Fensterflächen führt in Kombination mit der tageslichtoptimierten Regelung der außenliegenden Verschattungsanlagen zu einem wirksamen Strahlungsschutz im Sommer und ganzjährig zu einer hohen Tageslichtautonomie.

Ergänzt wird dies mit einem energieeffizienten Konzept für Kunstlicht, bei dem fassadenparallel helligkeitsgesteuerte und dimmbare Leuchtstoffröhren die Räume nach Bedarf ausleuchten. Mit den Optimierungen konnten wir den Strombedarfs weiter senken und auch die Bedienbarkeit verbessern. Was die Energieeffizienz und die Blendwirkung an sonnigen Wintertagen anbelangt, fehlt auf der Südseite leider noch ein Blendschutz. Bisher hat man sich ersatzweise mit der Verschattungsanlage beholfen. Gegen Ende des Projektes wurde in einem Klassenraum ein Blendschutz nachgerüstet, mit dem zunächst Erfahrungen gesammelt werden sollen. Wenn man auch die anderen Räume mit einem geeigneten Blendschutz ausstattet, würde sich die ohnehin schon sehr hohe Energieeffizienz noch weiter verbessern.

**4. Das innovative Quelllüftungskonzept der Schule umfasst Einzelraumregelungen, eine energiesparende Abluftführung über das Atrium sowie Rotationswärme-**

**übertrager zur Wärme- / Kälterückgewinnung. Wie hat sich dieses System in der Nutzung bewährt?**

Dr. Kuckelkorn: Nach der Optimierung zeigte sich das Lüftungssystem im Evaluierungsjahr als sehr energieeffizient. Lagen anfangs noch eine Vielzahl von sich gegenseitig überlagernden Problemen vor, so arbeiten die zentralen Anlagen und die Regelung nun im Bereich der Sollwerte. Dadurch konnten wir erst im Nachgang sukzessive kleinere Defekte und Probleme identifizieren. Im Jahr 2011 musste man in den Räumen noch weitgehend über die Fenster lüften. Die wichtigste Maßnahme war sicherlich der Einbau leistungsstärkerer Ventilatoren. Bemerkenswert ist auch, dass die Sanitärlüftungen, die, wie die Sanitärräume selbst, ohne aktive Heizung oder Kühlung auskommen, nach einer wenig aufwendigen regeltechnischen Anpassung keinerlei Probleme verursachten. Die hohe Energieeffizienz der Lüftungsanlagen ist der Wärme- / Kälterückgewinnung, der druckverlustarmen Luftführung und der regeltechnischen Optimierung zuzuschreiben.



Bild 3: Innenansicht des Atriums. Bei der kompakten Bauweise verbindet das Atrium in der Mitte den Nord- und den Südflügel. Zu erkennen ist ein reduzierter Fensteranteil und an der Decke die Abluftventilation zur Gebäudekühlung durch Nachtlüftung.  
© Foto: ZAE Bayern



Bild 2: Ansicht der Nordfassade. Der Nordriegel verfügt über vier Stockwerke, davon ein Untergeschoss. Auch hier sind vor den Fensterbändern die vorgelagerten Fluchtbalkone angeordnet. Am rechten Bildrand ist der leicht nach Westen versetzte Südriegel mit drei Stockwerken zu erkennen.

© Foto: ZAE Bayern



**5. Das Schulgebäude wird über Außenluft gekühlt. Wie funktioniert dieses System in der Nutzung und was konnten Sie daran durch ihr Monitoring verbessern?**

Dr. Kuckelkorn: Im Kühlbetrieb wird bei Bedarf nachts über die Einzelraumregelung raumweise ein Lüftungsfenster motorisch geöffnet. Im Atrium führen vier sehr energieeffiziente Ventilatoren im Teillastbetrieb die warme Abluft ins Freie. In Kombination mit der hohen verfügbaren Wärmekapazität des Gebäudes zeigte sich die Anlage ab dem ersten Betriebsjahr als sehr wirksam. Im Sommer wurden die meisten Räume dadurch, in Kombination mit den Verschattungsanlagen, unter 26 °C gehalten.

Nach der Installation einer Differenzdruckregelung konnten wir verschiedene Fahrweisen entwickeln, die eine höhere Energieeffizienz oder eine höhere Kühlleistung erreichen. Bisher reichte es aus, mit hoher Energieeffizienz zu fahren. Dabei liegt im Betrieb der Motorstrombedarf durchschnittlich bei nur etwa einem Prozent der Kühlleistung. Die hohe Effizienz hat in der ganzjährigen Betrachtung zur Folge, dass die Anlage mehr Strom für Steuerung und Stand-By-Betrieb verbraucht als für den Motorbetrieb.

Als Niedertemperaturquelle für die aktive Kühlung der Zuluftvorkonditionierung, der EDV-Schulungsräume und des Serverraums dient eine thermische Grundwassernutzung aus einem oberflächennahen Aquifer. Durch die Optimierungen konnten wir zunächst den Kühlbedarf senken und anschließend der Grundwasserbedarf auf unter 10 Prozent reduzieren. Dabei konnten wir den Wärmeübertrager des Primärkreises als Kältespeicher zweckentfremden, so dass man auf einen Umbau der Anlage verzichten konnte. Für die Raumlufttechnik der Schule und die EDV-Schulungsräume wurden im Jahr 2014 nur 0,27 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/(m<sup>2</sup>a)) Kälte aus der Grundwassernutzung verbraucht.

**6. Die Flächenheizsysteme - Wandheizungen, Fußbodenheizung im Atrium - und die Zuluft im Schulgebäude werden indirekt mit Geothermie-Fernwärme versorgt. Was hat Ihr Monitoring bei diesem System verbessert?**

Dr. Kuckelkorn: Seit der Optimierung wird der sekundärseitige Rücklauf des Nachbargebäudes von etwa 50 Grad Celsius (°C) auf knapp über 30 °C ausgekühlt. Vorher wurde das Gebäude mit 80 °C aus dem Vorlauf des Nachbargebäudes versorgt. Die einzelnen Heizkreise besitzen sehr niedrige Rücklauftemperaturen, insbesondere die Heizregister der Lüftungsanlagen mit deutlich unter 20 °C. Da der größte Abnehmer – die Wandheizung Nord – mit etwas über 30 °C Rücklauf auch die höchsten Systemtemperaturen aufweist, besitzt der Gesamtvolumenstrom eher dessen Rücklauftemperatur. Die Wandheizungen wurden relativ knapp ausgelegt, gegen Ende des Projektes mussten wir daher noch Feinabstimmungen bei exponierten Räumen vornehmen. Der auf Basis der Messwerte normierte Heizenergiebedarf liegt mit rund 8 kWh/(m<sup>2</sup>a) unter den Planwerten, der Grenzwert für Passivhäuser von 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) wird mit rund 9 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Passivhaus-Projektierungspaket – PHPP) deutlich unterschritten.

**7. Wie gestaltet sich der Stromverbrauch im Gebäudebetrieb der Schule im Vergleich zu anderen Gebäuden und konnten Sie auch diesen optimieren?**

Dr. Kuckelkorn: Die FOS/BOS Erding zeigte ein sehr bedarfsgerechtes Lastprofil. Der Gesamtstromverbrauch der Schule (mit allen Sondernutzungen, ohne Küche) lag 2014 unter 18,25 kWh/(m<sup>2</sup>a), was sogar unter dem allein für die Haustechnik geplanten Stromverbrauch liegt.

Die ganzjährige Stromgrundlast konnte während der Optimierung auf unter 10 kW abgesenkt werden, jedoch macht dies noch immer fast die Hälfte des Gesamtstromverbrauchs aus. Die Grundlast ist teilweise als Stand-by-Verbrauch zu bewerten, daher sollte man für zukünftige energieeffiziente Gebäude Wege finden, um diese Verbräuche noch weiter zu senken.

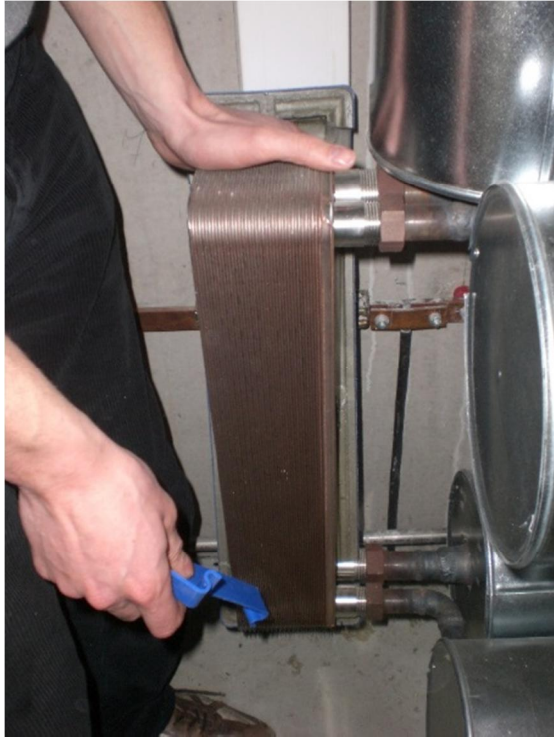


Bild 4 + 5: Plattenwärmeübertrager als Systemtrennung der Geothermiewärmeversorgung zwischen dem Nachbargebäude und der FOS/BOS Erding vor (oben) und nach (unten) der Optimierung. Dabei wurden die Systemtemperaturen erheblich abgesenkt.

© Foto: ZAE Bayern

### 8. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) bewertet die Energieeffizienz von Gebäuden auch anhand des jährlichen Primärenergiebedarfs. Wie sieht diese im Fall des Erdinger Schulneubaus aus?

Dr. Kuckelkorn: Zu Beginn des Projektes wurde als wichtiges Projektziel angedacht, ein Schulgebäude zu bauen, dessen Gebäudetechnik einen fossilen Primärenergiebedarf von nur 60 kWh/(m<sup>2</sup>a) besitzt. Für uns ist die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern auch eine wichtige ökonomische Kennzahl für den Lebenszyklus des Gebäudes. Der Gesamt-Primärenergiebedarf inklusive aller Energieumsätze über die Haustechnik hinaus (ohne Sondernutzung Küche) liegt derzeit bei rund 48 kWh/m<sup>2</sup>a und läge bei Fernwärmeverlaufbetrieb bei rund 54 kWh/m<sup>2</sup>a. Dies stellt ohne Zweifel einen besonderen Erfolg des Projektes dar.

### 9. Stand die Anzahl der künftigen Nutzer bereits in der Planungsphase fest?

Dr. Kuckelkorn: Bei allen erreichten Zielen sollte man berücksichtigen, dass das Gebäude und seine Technik für 750 Personen geplant wurden. Bei der Inbetriebnahme am 14. März 2011 waren nominell schon rund 750 Schüler gemeldet und im Frühjahr 2014 rund 950 Schüler und Lehrer im Gebäude untergebracht. Das bedeutet einen entsprechenden Mehraufwand an Strom - beispielsweise für Frischluft, Kühlung und vermehrte Raumbelagungen. Diesen konnten wir funktional abfangen und energetisch kompensieren.

### 10. Ein zentrales Ziel Ihres Monitorings war, den hohen Raumkomfort parallel zu einer hohen Energieeffizienz zu erreichen. Ist Ihnen dies gelungen?

Dr. Kuckelkorn: Dieses Ziel haben wir über unseren Erwartungen erreicht. Eine hohe Energieeffizienz bei suboptimalem Komfort zu erreichen, wäre wesentlich einfacher gewesen. Zum Beispiel bei den Aspekten wie Luftfeuchte, Akustik, Kunst- und Tageslichtversorgung konnten wir einen sehr hohen Komfort feststellen. Bei den Raumtemperaturen haben wir ebenfalls einen hohen Komfort festgestellt, der jedoch aus Sicht der Nutzer in wenigen exponierten Räumen weiter verbessert werden sollte, was wir gegen Ende des Projektes weiter vorangetrieben haben. Bei der Frischluftversorgung erreicht die Schule auch die angestrebten Sollwerte. Die kontinuierli-

che Versorgung mit mindestens 20 Kubikmeter pro Stunde ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) und Person ist wesentlich besser als in Schulgebäuden mit Fensterlüftung. Aus Sicht der Nutzer und des ZAE Bayern sollte dieser Komfort weiter verbessert werden. Einerseits konnten wir im Jahr 2014 noch immer einzelne Räume identifizieren, die Defekte oder Unregelmäßigkeiten aufwiesen, andererseits wäre es wünschenswert, zukünftig partiell die Luftwechselraten weiter zu erhöhen. Insgesamt sind wir mit dem Raumkomfort sehr zufrieden, insbesondere im Vergleich zu vielen anderen Gebäuden.



Bild 6: Technikzentrale der FOS/BOS Erding. Abgebildet ist im Vordergrund der Heizkreisverteiler und im Hintergrund der Kaltwasserverteiler. Nachdem die Schule mit dem Fernwärmerücklauf geheizt und mit Außenluft bzw. teilweise mit Grundwasser gekühlt wird, sind keine Kesselanlagen oder Kältemaschinen erforderlich. Alle Kreise wurden mit Wärme-/Kältemengenzählern ausgestattet und über ein Bussystem ausgelesen.

© Foto: ZAE Bayern

## 11. Sie haben sicherlich auch Nutzerbefragungen durchgeführt.

Dr. Kuckelkorn: Ja, anhand von vier professionellen Nutzerbefragungen aller Schüler und Lehrer konnte ermittelt werden, dass für das Behaglichkeitsempfinden die Aspekte Geruch und Frischluft im Klassenraum einen vergleichsweise hohen Stellenwert besitzen, vor allem weil fast alle anderen Aspekte aufgrund des hohen Komforts in den Hintergrund treten. Die absolute Bewertung zu Geruch und Frischluft fiel im Vergleich zu allen anderen Bewertungen deutlich schlechter aus, obwohl die Messdaten dies in den meisten Räumen nicht bestätigen konnten. Immerhin haben wir jahrelang über 850 Datenpunkte im Minutentakt aufgezeichnet und ausgewertet. Einerseits erkennt die Gebäudeleittechnik keine Geruchsbelästigungen, andererseits sind diese ein Indiz für mehr Lüftungsbedarf. Genannte Geruchsquellen waren beispielsweise die Personen und der Fußboden. Letzterer nimmt in seiner Geruchsbildung jedoch sukzessive ab. In fast

allen anderen Bewertungen zum Schulgebäude und zur Behaglichkeit konnten wir anhand der Nutzerbefragungen gute Bewertungen feststellen. Besonders gut fielen hierbei die Bewertungen der Lehrer aus, die den Vergleich zu etlichen anderen Gebäuden haben dürften. Die Analysen der Nutzerbefragungen waren auch eine wertvolle Rückmeldung während des Optimierungsprozesses.

Dazu muss ich auch erwähnen, dass die Nutzer das Kunstlicht und die Verschattungsanlage auch

manuell übersteuern oder die Fenster öffnen können, um zu lüften. Bei der Optimierung haben wir die Strategie verfolgt, den Gebäudebetrieb an die Nutzer anzupassen und nicht umgekehrt. Ein gutes Komfortangebot soll dabei sicherstellen, manuelle Eingriffe zu minimieren, signifikante Übersteuerungen haben wir stets als Indiz für Optimierungspotenziale gewertet. Die energetischen Messergebnisse und die Nutzerbefragungen zeigten uns, dass diese Strategie sehr gut funktioniert hat.





Bild 7: Dr. Kuckelkorn und einer seiner Mitarbeiter bei Überprüfung des Betriebs der Lüftungsanlagen. Abgebildet ist hier die RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung für den Küchenbereich.

© Foto: ZAE Bayern

## 12. Wie haben Sie die Nutzer eingebunden und informiert? Welche Rolle spielten Aspekte wie Gesundheit und Ökologie?

Dr. Kuckelkorn: Die Einbindung und Information der Nutzer war ebenfalls ein wichtiges Projektziel. Während des Projektes konnten wir dieses zum Beispiel in Form von Veranstaltungen und einem „Kummerkasten“ umsetzen, allerdings sollten nach Projektende den zukünftigen Nutzern wichtige Informationen zur Verfügung gestellt werden. Den Gebäudebetrieb haben wir unter der Maßgabe optimiert, dass sich die Nutzer ohne spezielle Schulungen zurechtfinden.

Gesundheit und ökologische Aspekte waren ebenfalls wichtige Projektziele. In der Planungs- und Bauphase haben die entsprechenden Projektpartner bereits den Lebenszyklus des Gebäudes inklusive der grauen Energie betrachtet und optimiert. Zur Bauausführung wurde die Zertifizierung der eingebauten Materialien überwacht.

Bei Inbetriebnahme sollte damit sichergestellt werden, dass das Gebäude schadstoffarm ist. Im zukünftigen Betrieb ist allerdings darauf zu achten, dass beispielsweise durch Putzmittel oder Möbel keine Belastungen entstehen.

Der Wasserbedarf des Gebäudes ist vergleichsweise niedrig, vor allem der Trinkwasserbedarf, da die Brauchwasser-Sanitäranlagen inklusive der Gartenbewässerung zu rund 44 Prozent mit Regenwasser versorgt wurden.

Aus dem Gesamtenergiebedarf ab Nachbargebäude (einschließlich aller Sondernutzungen und Außenanlagen, ohne Küche) ergibt sich eine CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emission von 88,1 Tonnen pro Jahr (t/a). Im Vergleich zu einem Standardschulneubau mit 281 t/a für die Gebäudetechnik liegt der Neubau der FOS/BOS Erding mit seinen Gesamtemissionen unterhalb von einem Drittel dieser Emissionen.



Bild 8: Wärmeübertrager der Grundwasserkühlung zur Zuluftvorkonditionierung und zur Kühlung von EDV-Räumen. Der Wärmeübertrager konnte durch regeltechnische Optimierung so umfunktioniert werden, dass dieser die Funktion eines erforderlichen Kältespeichers übernimmt. Eine Nachrüstung konnte dadurch vermieden werden.

© Foto: ZAE Bayern

### 13. Vergessen wir nicht die Kosten und die Wirtschaftlichkeit der mit dem Schulbau getätigten Investitionen. Wie sehen sie im Vergleich zu anderen Schulgebäuden aus?

Dr. Kuckelkorn: Im Sinne der Nachhaltigkeit war die Wirtschaftlichkeit ein zentrales Projektziel. Ein niedriger Primärenergiebedarf führt auch nicht zwangsläufig zu signifikant erhöhten Investitionen. Bemerkenswert ist, dass die für die Investitionsentscheidung ausschlaggebende Kostenberechnung mit 16,5 Millionen Euro (Mio. €) - ohne Grundstückskosten - bei der Abrechnung der Fertigstellung auf 16,1 Mio. € brutto zurückging, obwohl zusätzliche Leistungen im Bereich des anteilig von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Monitorings in Höhe von rd. 0,27 Mio. € anfielen. Die Investitionskosten lagen unter Berücksichtigung der DBU Förderung nur 1,9 Prozent über den Kostenrichtwerten nach dem Finanzausgleichsgesetz (FAG), obwohl in diesen

Investitionskosten bereits der Aufwand zur Erreichung niedriger Folgekosten enthalten ist. Das Gesamtvorhaben inklusive Baugrundstück und aller geförderten zusätzlichen Maßnahmen dürfte in der Schlussabrechnung bei 17,5 Mio. € brutto liegen, worin eine Fördersumme der DBU von 0,886 Mio. € enthalten ist. Das bedeutet, dass das Gebäude inklusive Optimierung nur unwesentlich mehr gekostet hat, als ein Standardgebäude, jedoch deutlich niedrigere Energiekosten verursacht.

Das Gebäude selbst und die Verteilsysteme, die den größten Anteil der Investition ausmachen, besaßen ein hohes Potenzial für einen energieeffizienten Betrieb, so dass die sehr guten Ergebnisse vor allem durch zahlreiche Optimierungen der Regeltechnik erreicht werden konnten. Darüber hinaus gehende Umbauten und Reparaturen betrafen hauptsächlich die zentrale Technik. Größere irreversible Probleme traten nicht auf. Dass Fluchtbalkone einen Teil des Oberlichtes abschatten, ist selbst auf der Nordseite noch vertretbar. Die an Fluchttüren angebrachten Verschattungsbehänge zeigten eine erhöhte Störanfälligkeit. Ein Windfang für die Haupteingangstüren wäre für den Lüftungsbetrieb und die Energieeffizienz wünschenswert.

### 14. Rückblickend auf Ihren Aufwand zum Monitoring und auf die zahlreichen Optimierungen – wo lagen die Schwerpunkte und die größten Probleme?

Dr. Kuckelkorn: Von Mitte 2008 bis Mai 2015 ist ein langer Zeitraum, in dem viele Beteiligte kommen und gehen. Der immense Aufwand der ab 2011 drei Jahre dauernden Optimierung lag schwerpunktmäßig in der iterativen Fehlersuche, Auswertung, Neukonzeptionierung, Programmierung, wiederholter Parametrierung der gesamten Gebäudeleittechnik inklusive der Mess- und Regeltechnik und Einzelraumregelungen. Größter Zeitfaktor waren häufig die seriell ablaufenden Schritte der Planung, Abstimmung, Beauftragung, Umsetzung und Überprüfung mit externen Firmen und deren Subunternehmern. Für die erfolgreiche Durchführung war zudem eine beidseitig gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit dem gesamten Projektteam inklusive der Schule, insbesondere mit den jeweilig zuständigen Fachplanern und den ausführenden Firmen wichtig, da immerhin massiv in deren Gewährleistung eingegriffen wurde.



## 15. Was haben Sie letztendlich mit dem Monitoring und der Optimierung erreicht? Bitte fassen Sie Ihre Erfolge für unsere Leser nochmals kurz zusammen!

Dr. Kuckelkorn: Alle Projektziele wurden erreicht, viele davon deutlich besser als erwartet. Ein großer Erfolg ist sicherlich die hohe Energieeffizienz. Hätten wir kompliziertere Regelungen umgesetzt, wäre da noch mehr möglich. Wir haben stattdessen einen gut nachvollziehbaren und funktionierenden Betrieb aller Anlagen erreicht. Die übergeordneten Gebäudebetriebsmodi der Schule werden nicht nach Außentemperaturen, sondern nach den räumlichen und zeitlichen Mittelwerten der Betonkerntemperaturen von Gebäudezonen gefahren. Autoparametrierungen haben wir durch manuell justierte Regelungen ersetzt. Dabei haben wir auch die Visualisierung der Leittechnik optimiert und durch geeignete Übersichten ergänzt. Bemerkenswert ist, dass ausschließlich der Hausmeister den gesamten Gebäudebetrieb überwacht und bedient.

Die Sicherstellung eines hohen Raumkomforts war eine der anspruchsvollsten und arbeitsintensivsten Aufgabenstellungen. Das gute Ergebnis nimmt einen ganz besonderen Platz ein, da viele andere Erfolge ansonsten massiv an Aussagekraft verlieren würden. Die Gewinner sind dabei vor allem die Schüler.

Der außerordentliche Erfolg des Monitorings ist auch zurückzuführen auf die stete Unterstützung, gute Zusammenarbeit und gemeinsame Vorgehensweise mit dem Bauherren LRA Erding, dem Fördergeber DBU, dem Generalplaner kplan AG und deren Fachplanern, den Ingenieurbüros ip5, Ascona, IB Hausladen sowie IB Baumann, unseren Projektpartnern Prof. Schrag, der FH Kufstein sowie Müller BBM, den ausführenden Firmen, insbesondere deren Programmierern und natürlich der FOS/BOS Erding.

### Herr Kuckelkorn, herzlichen Dank für das Gespräch!

#### Für weitere Informationen:

Dr. Jens M. Kuckelkorn

Gruppenleiter Systementwicklung/Head of Group Systems Engineering

ZAE Bayern - Energiespeicherung/Energy Storage  
Walther-Meißner-Str. 6, D-85748 Garching

Telefon: +49 (0) 89 / 32 94 42 – 17

Telefax: +49 (0) 89 / 32 94 42 – 12

E-Mail: jens.kuckelkorn@zae-bayern.de

Internet: www.zae-bayern.de



Bild 9: Ein Mitarbeiter des ZAE Bayern bei der Inspektion der Wetersensorik auf dem Dach des Gebäudes. Insgesamt wurden über 850 Datenpunkte verifiziert und im Minutentakt jahrelang aufgezeichnet.

© Foto: ZAE Bayern

#### Kontakt zur Autorin:

Institut für Energie-Effiziente Architektur mit Internet-Medien, Melita Tuschinski, Dipl.-Ing.UT Fr. Architektin  
Bebelstrasse 78, D-70193 Stuttgart

Telefon: + 49 (0) 711 / 6 15 49 26

E-Mail: info@tuschinski.de

Internet: www.tuschinski.de

Experten-Portal: www.EnEV-online.de

#### Rechtliche Hinweise:

Bitte beachten Sie, dass sämtliche Verwertungsrechte dieses Interviews, bzw. dieser Publikation, bei der Autorin Melita Tuschinski liegen. Bitte nehmen Sie bei Interesse Kontakt mit der Autorin auf. Für alle unsere Informationen im Experten-Fachportal [www.EnEV-online.de](http://www.EnEV-online.de) gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB).