



Goblet Lavandier & Associés
Ingénieurs-Conseils S.A.

NEUES BÜROGEBÄUDE ENERGIEKONZEPT UND NACHHALTIGKEIT_



Goblet Lavandier & Associés
CRÈTE INTERNATIONALE SPAKASSE
INTERPORTAL

OBJEKTBERICHT

DR.-ING. MARKUS LICHTMESS
GOBLET LAVANDIER & ASSOCIES | 53, RUE GABRIEL LIPPMANN | L-6947 NIEDERANVEN

Mit dem Bau unseres neuen Bürogebäudes geht ein langer Traum der Gesellschafter in Erfüllung. Nach knapp drei Jahren intensiver Planung und Bauarbeiten konnten die Büroräume in Niederanven Anfang Dezember 2017 bezogen werden. Dabei war der Anspruch an das Gebäude kein geringerer als die bestmöglichen Bedingungen für die Mitarbeiter zu schaffen. Wir sind davon überzeugt, dass ein gesundes und behagliches Arbeitsumfeld eine wichtige Voraussetzung für eine hohe Mitarbeiterzufriedenheit ist. In diesem Zusammenhang spielt auch die Integration von Kommunikationsbereichen eine wichtige Rolle für den menschlich-sozialen und fachlichen Austausch unserer Mitarbeiter. Die Innenarchitektur wurde insbesondere darauf abgestimmt.

OBJEKTBERICHT

ENERGIEKONZEPT & NACHHALTIGKEIT_

Neues Bürogebäude von Goblet Lavandier & Associés



Neuer Firmensitz – Schaffung bestmöglicher Arbeitsbedingungen

Der Bau energieeffizienter und nachhaltig geplanter Gebäude nimmt einen immer größer werdenden Stellenwert ein. Nicht zuletzt auch infolge europäischer Ziele hinsichtlich der Ressourcenschonung. Dahingehend verpflichten sich alle Mitgliedsstaaten mit der Gebäuderichtlinie 2010/31/EU ab 2021 nur noch Gebäude zu realisieren, die dem nearly zero-energy Standard (z. dt. Niedrigstenergiegebäude) entsprechen. Neben Energieeffizienz bedeutet das auch die umfangreiche Nutzung von erneuerbarer Energie. In Europa befindet sich die konkrete Ausgestaltung dieses Standards noch in der Diskussion.

Normative Planungsvorschriften hinken dieser Zielsetzung noch hinterher, was es erforderlich macht, auch außerhalb davon zu planen. Wir sehen unsere Verantwortung im zirkulären Wirtschaften und der Schaffung von bestmöglichen und gesunden Arbeitsbedingungen. Das architektonische und das technische Konzept wurden in enger Abstimmung mit diesen Zielen entwickelt. Das Architekturbüro Christian Bauer & Associés zeichnet für den Entwurf verantwortlich.

Gebäudesteckbrief – Wichtige Kenngrößen

Die Formsprache des Gebäudes und die Besinnung auf möglichst einfache konstruktive Details ermöglichen erst die Realisierung eines effizienten Wärmeschutzes. Dieser unterschreitet das höchste in Luxemburg erreichbare Label zum Wärmeschutz A¹ um rund 10%. Auch bezogen auf die Primärenergie wird das höchste Label – der AAA-Standard – um etwa 59% unterschritten. Die aktuellen gesetzlichen Anforderungen² werden um 73% übererfüllt. Das Erdgeschoss beherbergt den Empfangsbereich, mehrere Konferenzräume und eine Cafeteria als zentrale Begegnungsstätte für die Mitarbeiter. In den Etagen 1 bis 4 sind im wesentlichen Gruppenbüros mit durchschnittlich 2 bis 6 Arbeitsplätzen sowie kleinere Besprechungsräume untergebracht. Das Büroachisma beträgt 1,35m, wodurch eine hervorragende Flexibilität gewährleistet wird. Im Gebäudekern erstreckt sich ein Energieschacht über alle Etagen, um einerseits Tageslicht in den Gebäudekern zu lenken und zum anderen wird dieser Schacht auch aktiv zur passiven Nachtauskühlung in das Energiekonzept eingebunden. Folgende Tabelle zeigt wesentliche Eckdaten des Gebäudes.

¹ Das Wärmeschutzniveau A ist vergleichbar mit dem Passivhausstandard in Deutschland.

² Inklusiv der Anrechnung der direkten PV-Stromnutzung nach „Dr. Markus Lichtmeß, Christophe Armbrorst: Vorschlag zur Erweiterung der Bilanzmethode DIN V 18599 um die Anrechnung der Eigenstromnutzung, Bergische Universität Wuppertal (Hrsg.), 2018, 55 Seiten“

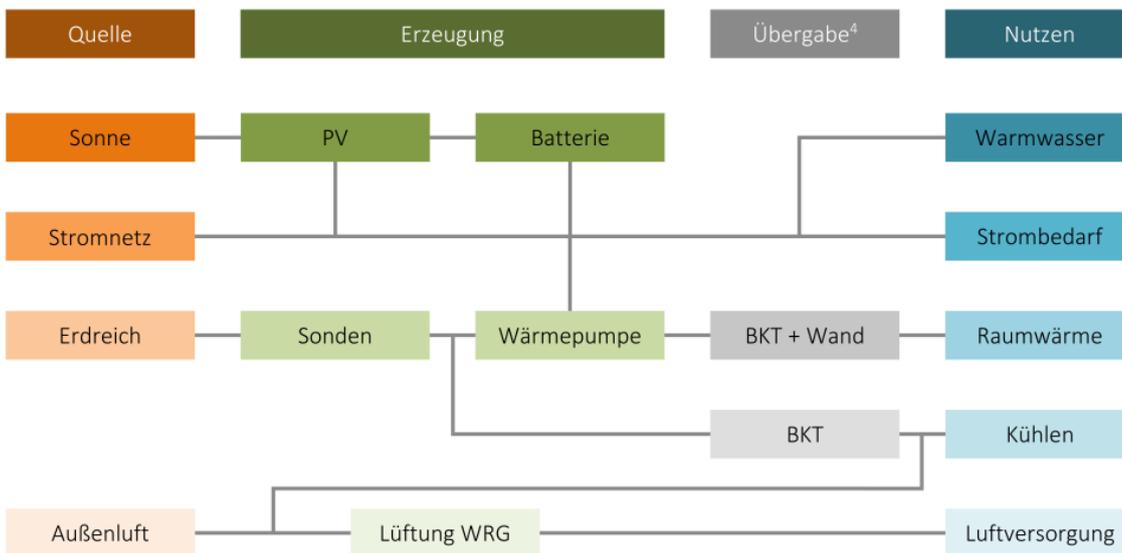
Bauteil	Kennzahl	Bemerkung
Energiebezugsfläche	2.594 m ² _{RGD-LU}	Anzahl der thermischen Zonen im Gebäude = 12
A/V-Verhältnis	0,31 m ⁻¹	Gebäudeabmessungen = 25 x 25 m bei 5 Etagen und 17,3 m Höhe (mit Solardach 20,3 m)
Fensterflächenanteil	43 %	Anordnung als Fensterbandelemente mit einer Brüstung von 0,8 m (innen). Optimierung der Fensteranordnung, sodass keine über Eck verglasten Räume vorkommen
Wand U _{wa}	∅ 0,13 W/(m ² K)	Hinterlüftete Blechfassade mit Mineralwolle 28 cm (λ = 0,032 W/(mK)) und thermisch optimierter Befestigung (X-Wert = 0,0005 W/K, Wagner System Phonix)
Dach U _{da}	∅ 0,11 W/(m ² K)	Flachdach mit Kies, Mineralwolle 34 cm (λ = 0,038 W/(mK))
Boden U _{fb}	∅ 0,17 W/(m ² K)	Mineralwolle 20 cm (λ = 0,038 W/(mK)) und 6 cm Heraklitplatten
Fenster U _w	∅ 0,75 W/(m ² K)	U _g = 0,5 U _f = 1,0 W/(m ² K) Ψ = 0,035 W/(mK) g _L = 0,49 Farbwiedergabe 96 %
Sonnenschutz	außenliegende Jalousie	Gesteuert in Abhängigkeit der Einstrahlungsintensität (außerhalb der Heizperiode > 120 W/m ² , innerhalb der Heizperiode > 400 W/m ²), g _{tot} = 0,07
Blendschutz	Innenliegend	Innenliegender Screen, Ts = 8 % Rs = 12 % As = 80 %, manuelle Bedienung, vorwiegend in der Heizperiode
Belichtung	LED-Technik	1,7 W je 100 Lux, tageslichtabgängige Steuerung mit Präsenzerfassung und Konstantlichtregelung
Luftdichtheit	q ₅₀ = 0,9 m/(h m ²)	Der Anforderungswert ist für Nichtwohngebäude in Luxemburg auf die Hüllfläche bezogen. Bezogen auf das Gebäudevolumen beträgt der Wert n ₅₀ =0,2 1/h
Wärmebrücken	0,013 W/(m ² K)	Alle Details wurden konstruktiv optimiert und rechnerisch nachgewiesen. Der angegebene Wert entspricht dem Einfluss bezogen auf die thermische Gebäudehülle
Wärmeerzeugung	56,6 kW installiert	Geothermie-Wärmepumpe mit einem linienförmig angeordnetem Sondenfeld. Maschinengröße determiniert sich aus möglicher Kühlanforderung.
Kälteerzeugung	44,6 kW installiert	Passive Kühlung: automatische Nachtauskühlung über einen zentralen Lichtschacht und über das Erdsondenfeld (21 Sonden je 100 m Tiefe; Kühlpotential = 73,5 kW). Im Fall eines extremen Heißsommers kann mit der Wärmepumpe aktiv (44,6 kW) gekühlt werden.
Lüftungsanlage	11.000 m ³ /h	Gesamt-Luftmengenregelung in Abhängigkeit der CO ₂ -Konzentration, individuelle Luftmengenregelung in Besprechungsräumen. Wärmebereitstellungsgrad 80,8 %.
Stromeffizienz SFP	0,51 W/(m ³ /h)	Minimierung der Lüftungskanäle und Nutzung der Gebäudestruktur als Luftverteilung. Druckverluste: Zuluftnetz = 290 Pa Abluftnetz 75 Pa Gerät = 454 Pa
Regenwasser	20 m ³	Zisterne zur Nutzung von Regenwasser zur Toilettenspülung und Gartenbewässerung
Raumakustik	Hohe Anforderungen	Mikroperforierte Wandelemente in den Büros und Besprechungsräumen; bei besonderem Bedarf: Integration von Akustikpaneelen
Primärenergiekennwerte	39,5 kWh/(m ² a)	Heizen = 16,8 kWh/(m ² a) Kühlen = 10,6 kWh/(m ² a) Trinkwarmwasser = 6,6 kWh/(m ² a) Belichten = 15,1 kWh/(m ² a) Lüften = 14,0 kWh/(m ² a) PV _{anrechenbar} = -23,6 kWh/(m ² a)

_Tabelle 1: Gebäudesteckbrief – bauliche und technische Kenndaten

Das Nur-Strom-Gebäude – Ein Energieträger für alles

Bei der Ausarbeitung des Energiekonzeptes stand – neben einer hohen Anforderung an die Effizienz – die überwiegende Nutzung von Umweltenergie bzw. erneuerbarer Energie im Vordergrund. Das hat einen konsequenten Verzicht auf die Nutzung fossiler Energie zur Folge. Zur Energieversorgung wird auf elektrischen Strom zurückgegriffen, der für alle Energiegewerke jedoch möglichst effizient eingesetzt werden muss. Die Ausrichtung auf diesen einzigen Energieträger ist zudem vorteilhaft, wenn am Gebäude selbst Strom erzeugt wird, da dieser für alle möglichen Energieanwendungen direkt genutzt und/oder über Batteriespeicher zwischengespeichert werden kann. Der Strombedarf des Gebäudes wird wesentlich durch eine PV-Anlage

gedeckt. Zur Erhöhung der Eigenstromnutzung sind Batteriesysteme vorgesehen, um über den Tag erzeugten Strom auch im Nachzeitraum nutzbar zu machen. Dadurch kann ein hoher Autarkiegrad³ erreicht werden. Der Reststrombedarf, der nicht selbst erzeugt wird, wird als ökologisch erzeugter Strom bezogen. Folgendes Schema visualisiert die Umsetzung als Nur-Strom-Gebäude. Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt über ein Geothermiesondenfeld mit Wärmepumpe. Zur Reduzierung des Energiebedarfs für Warmwasser wird dieses nur in der Kantine und im Sanitärbereich im Erdgeschoss bereitgestellt und vor Ort elektrisch erzeugt. In allen anderen Bereichen steht nur Kaltwasser zur Verfügung. Die Vorteile bei der Trinkwasserhygiene und der Verzicht auf eine umfangreiche technische Installation – die in Verbindung mit Wärmepumpen oft auch problembehaftet



³ Der Autarkiegrad ist ein relatives Maß der physischen Unabhängigkeit von der öffentlichen Stromversorgung.
⁴ BKT = Betonkerntemperatur bzw. TABS = thermoaktive Bauteilsysteme; Wand = Wandheizelemente als flinke Strahlungsergänzungsheizung

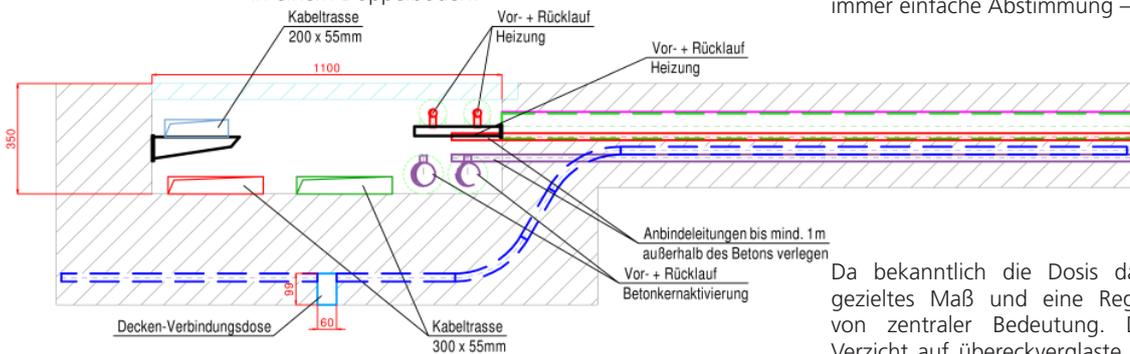
sind – sprechen für dieses Konzept, was energetisch allerdings nur bei geringem Warmwasserbedarf sinnvoll ist.

Die Kühlung des Gebäudes wird passiv über das Sondenfeld und über eine automatisierte nächtliche Fensterlüftung realisiert. Mittels einer vorgelagerten gekoppelten Bewertung von Messergebnissen eines Geothermal-Response-Tests und dynamischen Simulationsrechnungen wurde das Sondenfeld in Kombination mit dem Gebäudemodell abgestimmt. Wesentlich für eine überwiegende passive Kühlung über das Erdreich sind möglichst hohe Auslegungstemperaturen für die Gebäudekühlung. So wurden z.B. die Serverracks auf 21°C und die Betonkerntemperatur (BKT)⁴ auf 18°C Kaltwassertemperatur ausgelegt. Dadurch kann ganzjährig nur mit dem Erdreich gekühlt werden. Eine normative Auslegung dafür existiert bisher nicht. Im Fall einer lang anhaltenden Hitzeperiode kann die Wärmepumpe auch zum Kühlen herangezogen werden. In dem Fall wird das Erdreich bzw. das Sondenfeld als energieeffizienter Rückkühler verwendet.

Nutzung der Gebäudestruktur – Kleine Details mit großer Wirkung

Die Wärme- und Kälteübergabe sowie die Luftverteilung erfolgt mit der Gebäudestruktur – den Betondecken – weshalb in den Regelgeschossen weder eine Abhangdecke noch ein Doppelboden erforderlich ist. Dadurch kann die Speichermasse des Gebäudes thermisch umfangreich genutzt und in das Energiekonzept eingebunden werden.

Die horizontale Medienversorgung (Wärme, Kälte, Luft, Strom und Daten) erfolgt im Gebäudekern über ein kanalloses Bodenplenium im Flur mit Anschluss an die vertikale Erschließung und die Betondecken. Die Betondecke wurde in dem Bereich abgesetzt ausgeführt. Lediglich im Erdgeschoss erfolgt die Luftverteilung in einem Doppelboden.



_Detail zur Medienverteilung in einem Regelgeschoss

Im unteren Bereich der Betondecken sind Rohrschlangen eingelegt – ähnlich wie bei einer Fußbodenheizung. Dort zirkuliert Wasser mit dem die Decken zum Heizen etwas oberhalb (bis 24°C) und im Sommer etwas unterhalb (bis 18°C) der Raumtemperatur gebracht werden. Die Wahl der erforderlichen Betontemperatur erfolgt unter Zuhilfenahme einer einfachen selbst entwickelten Wetterprognose (Hard- und Software). Hierbei wird auch die am folgenden Tag erwartete Außentemperatur einbezogen, um die Speichermassen des Gebäude entsprechend zu konditionieren. Die Wärmeabgabe an den Raum erfolgt wesentlich über Strahlung, was deutliche Vorteile bezüglich der Behaglichkeit mit sich bringt. Um die Raumtemperatur im Winter individuell nach den Bedürfnissen anpassen zu können, ist der „erste Meter“ einer inneren Anschlusswand ebenfalls mit in Gipskarton integrierten Rohrschlangen versehen. Über ein einfaches Raumthermostat kann diese Zusatzstrahlungsheizung raumweise bedient werden (vgl. Bild).



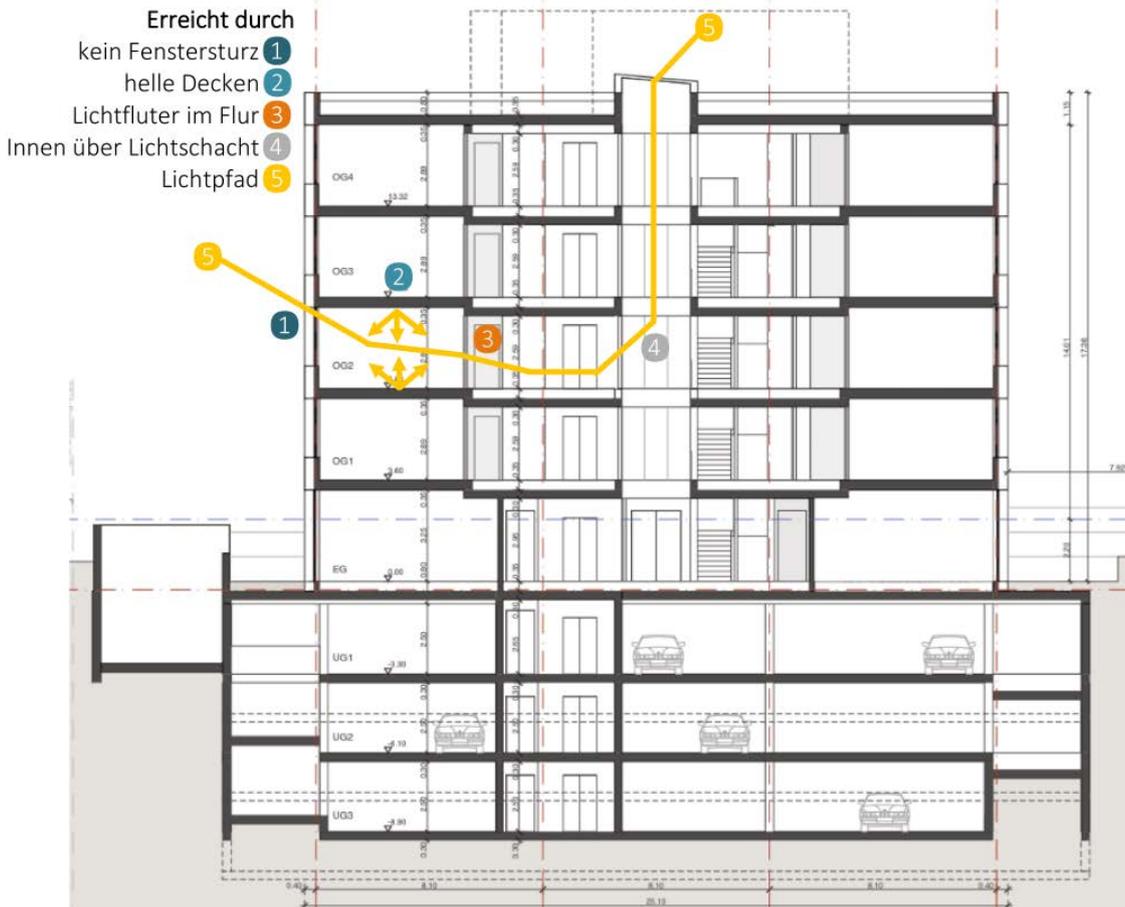
_Wärmebild: Betrieb der Wandheizung

Licht und Schatten – Viel Glas schafft noch lange keinen Raum mit einer guten visuellen Qualität

Oft wird Ingenieuren nachgesagt, sie würden Gebäude voll mit Technik packen – währendem doch der Wunsch besteht, wenig Technik vorzusehen. Unser oberstes Planungsziel ist ebenfalls ein sparsamer Umgang mit Technik und Ressourcen. Doch im Planungsalltag üblicher Projekte macht ein vorgegebener Architekturf Entwurf oft den Einsatz von Technik erforderlich, um die Räume im behaglichen Temperaturniveau zu halten. Hohe Wärme- und Kälteleistungen sowie aufwendigere Systeme, um die Energie in Räume zu übertragen/abzuführen sind die Folge. Der Technikeinsatz ist demnach oft nur eine Antwort auf das Architekturkonzept. So war für uns der Gebäude- und Raumentwurf ein wichtiges Planungskriterium und es erfolgte eine enge – und nicht immer einfache Abstimmung – mit den Architekten.

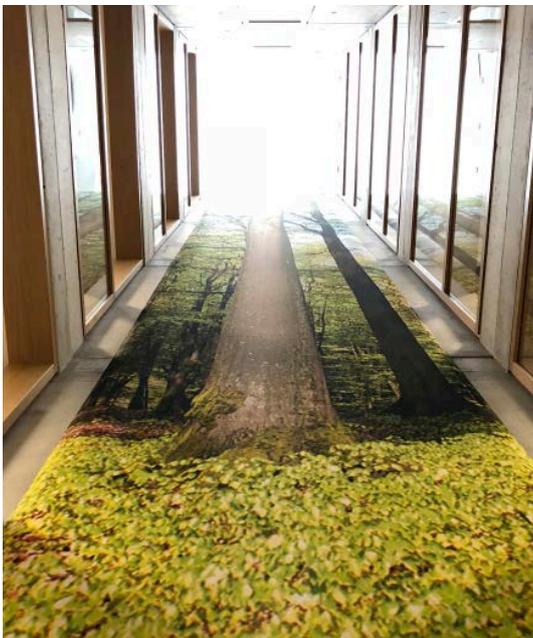
Da bekanntlich die Dosis das Gift macht, ist ein gezieltes Maß und eine Regelung des Lichteinfalls von zentraler Bedeutung. Durch den bewussten Verzicht auf übereckverglaste Räume, den moderaten Einsatz von transparenten Flächen in Kombination mit einem außenliegenden Sonnen- und innenliegenden Blendschutz, kann die raumseitige Belastung auf ein Minimum reduziert werden. Der Sonnenschutz und dessen Steuerung spielt im Energiekonzept deshalb auch eine zentrale Rolle. Im Winter sollen solare Gewinne genutzt, im Sommer vermieden aber dennoch Tageslicht genutzt werden. Dies erfolgt in Abhängigkeit der Einstrahlungsintensität. Durch entsprechende Wahl und Anordnung der Fenster und des Sonnenschutzes kann die Lichtversorgung des Gebäudes über einen Großteil durch Tageslicht erfolgen. Der Energieschacht im Gebäudezentrum sowie die vertikalen Lichtfluter im Türbereich zwischen Büro und Flur versorgen das Innere mit ausreichend Tageslicht. Nicht nur von lichtdurchfluteten Räumen zu sprechen, sondern Tageslicht tatsächlich einzuplanen, hat einen doppelten Nutzen. Tageslicht ist zwar keine erneuerbare Energie, es nicht zu nutzen erhöht aber den Stromverbrauch. Hierbei spielt auch die Nutzung von diffusem Tageslicht⁵ eine wichtige Rolle. Der freie Lichteinfall über Kopf und nicht der unterhalb der Tischkannte ist für eine gute Belichtung relevant. Der doppelte Nutzen ergibt sich dann durch einen deutlich gesteigerten visuellen Komfort, da Tageslicht wesentlich zum Wohlbefinden des Menschen beiträgt und stimulierender wirkt als künstlich erzeugtes Licht.

⁵ klarer oder bewölkter Himmel ohne energiereiche Direktstrahlung



_Darstellung des Tageslichtkonzepts

Die Beleuchtung wird in Abhängigkeit vom Tageslichteinfall und von der Präsenz gesteuert. Auch im aktivierten Zustand des Sonnenschutzes wird Tageslicht in den Raum geleitet. Die Decken und Wände in den Büroräumen sind deshalb auch hell gehalten, um das Licht bestmöglich im Raum zu verteilen. Im gesamten Gebäude sind hocheffiziente LED-Leuchten realisiert. Dazu ist in jedem Hauptnutzraum ein Sensor vorgesehen, der die Präsenz und das Tageslichtangebot erfasst und in Abhängigkeit der beiden Größen das Kunstlicht aktiviert. Zum natürlichen Tageslichteinfall wird dabei nur so viel Kunstlicht dazu gemischt, wie erforderlich ist, um die gewünschte Beleuchtungsstärke im Raum zu erreichen. Neben der Stromersparung führt dieses Konzept zu einer deutlich verbesserten visuellen Behaglichkeit, da die Räume viel gleichmäßiger ausgeleuchtet werden.



_Energieschacht von unten

Dicke Luft – Nein Danke

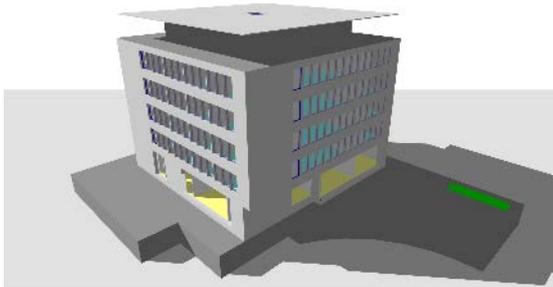
Saubere Luft stellt eine wichtige Grundlage für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Menschen dar – wie auch aktuelle Diskussionen zum Diesel-Skandal oder zur Luftqualität in Schulen zeigen. In Gebäuden ist die Luftqualität demnach auch ein wichtiger Indikator. Die hygienische Frischluftversorgung erfolgt über eine Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung. Die Zuluft wird in bestmöglicher Qualität auf dem Dachbereich angesaugt und in das Gebäude geleitet. Zudem wird das Prinzip der Mehrfachluftnutzung angewandt, bei dem die Zuluft in Hauptnutzräumen eingebracht und in Nebenräumen (WC, ...) abgesaugt wird, in denen weniger hohe Anforderungen an die Luftqualität herrschen. Das macht ein aufwändiges Abluftkanalnetz nahezu überflüssig. Die Fortluft der Anlage wird letztlich zum Teil als Belüftung für die Parkgeschosse genutzt. Dadurch reduziert sich die Gesamtfrischluftmenge und in dritter Potenz dazu auch der Strombedarf. Nicht nur für das Monitoring sind im gesamten Gebäude mehrere Luftqualitätssensoren (CO₂, VOC, Temperatur und Feuchte) verbaut, um kontinuierlich die Luftqualität zu erfassen und zu quantifizieren. Diese Informationen werden auch als Regelgröße zur Bestimmung der erforderlichen Frischluftmenge genutzt. Dies ist insbesondere in Räumen mit variabler Belegungsdichte von Bedeutung, wie Konferenz- und Aufenthaltsräume, aber auch für alle anderen Bürobereiche relevant. So kann z.B. an strengen Wintertagen einer zu trockenen Luft vorgebeugt werden – wie sie oft in Gebäuden mit schlecht betriebenen und/oder überdimensionierten Lüftungsanlagen bei gleichzeitig geringen Feuchtelasten im Gebäude vorgefunden werden kann. Auf eine energieintensive und technisch aufwändige Befeuchtungsanlage wird verzichtet. Die Nutzerfreundlichkeit ist ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung von baulichen und technischen Konzepten. In unserem Gebäude hat der Nutzer jederzeit die Möglichkeit Fenster in den Büros zu öffnen und zusätzlich natürlich zu lüften. Gebäude-, Technik- und Energiekonzepte sollten nach unserem Dafürhalten den Nutzer nicht einschränken. Dies betrifft neben der Fensterlüftung auch die Bedienung der Beleuchtung und des Sonnen- und Blendschutzes.

Technik	Bezugsgröße	Energiekonzept	Standard
Bauteilaktivierung	1.750 m ²	40 €/m ² 70.000 €	- - -
Wärmepumpe reversibel	60 kW	1.000 €/kW 60.000 €	- - -
Sonden	2.100 m	60 €/m 126.000 €	- - -
Nachheizelemente (NHE)	104 m ²	460 €/m ² 47.800 €	- - -
Verrohrung	1.100 m	55 €/m 60.500 €	- - -
Regelung NHE	56 Zonen	190 €/Zone 10.600 €	- - -
Lüftung Energiekonzept	11.000 m ³ /h	25 €/(m ³ /h) 275.000 €	- - -
Heiz-/Kühldecke (HKD)	1.750 m ²	- - -	190 €/m ² 332.500 €
Gaskessel	60 kW	- - -	400 €/kW 24.000 €
Kältemaschine luftgekühlt	80 kW	- - -	750 €/kW 60.000 €
Regelung HKD	56 Zonen	- - -	350 €/Zone 19.600 €
Lüftung Standard	15.700 m ³ /h	- - -	24 €/(m ³ /h) 376.800 €
Summe		649.900 €	812.900 €

_Tabelle 2: Kostenvergleich Energieerzeugung, Verteilung Heizen, Kühlen und Lüften

Dynamische Simulation als Planungshilfe – Der virtuelle Prüfstand

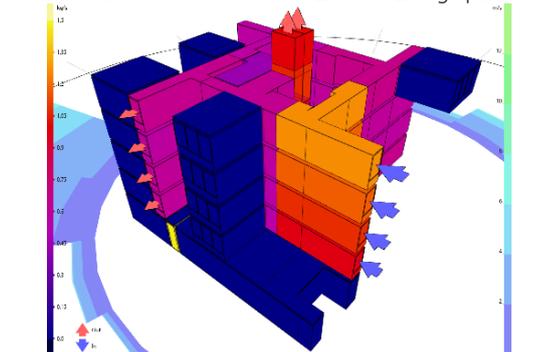
Mittels modernen Simulationsprogrammen kann ein Gebäude mit all seinen relevanten baulichen und technischen Eigenschaften auf einen virtuellen Prüfstand gestellt werden. Dafür wird ein 3D-Computermodell des Gebäudes erzeugt, mit welchem unterschiedliche Varianten und Konzepte untersucht werden können. Für die Simulation wird ein Gebäude in verschiedene Bereiche bzw. Zonen eingeteilt. Hierbei sind nur Gebäudeteile, die hinsichtlich der Nutzung und der thermodynamischen Randbedingungen ähnlich sind, zu einer Zone zusammengefasst.



_3D-Simulationsmodell

Die Simulation liefert für jede Zone die mittleren thermodynamischen und lichttechnische Größen, wie z. B. Empfindungstemperatur, Kühllast, Energiebedarf, Tageslichtnutzung, Verschattungsparameter, usw.. Auf dieser Basis können unterschiedliche Entwurfsvarianten und deren Einfluss auf das energetische Verhalten untersucht und bewertet werden. Neben der Optimierung des Gebäudeentwurfs können technische Systeme und deren Einfluss auf die Behaglichkeit untersucht werden.

Dabei ist dies nicht zu verwechseln mit der energetischen Bewertung im Energiepass CPE. Dieser dient nur der Feststellung der Gesamt-Energieeffizienz bzw. der gesetzlichen energetischen Anforderungen im Rahmen der Baugenehmigung. Innovative Energiekonzepte und individuelle Lösungen können damit nicht bewertet werden – das ist auch nicht das Ziel des Energiepasses.



_3D-Simulationsmodell: Darstellung der Nachtlüftung

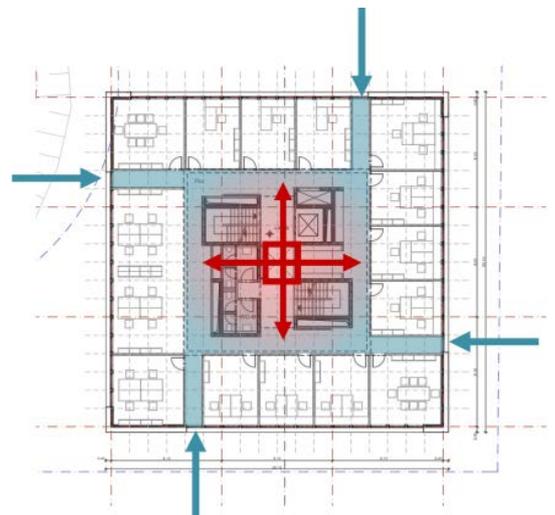
Oberes Bild visualisiert die Simulation der passiven Nachtauskühlung. Mit der Simulation konnte nachgewiesen werden, dass in Kombination mit dem

Energieschacht, lediglich an den Ecken eines jeden Geschosses öffnere Fensterflügel erforderlich sind, um den gewünschten Auskühleffekt zu erzielen.

Allerdings ist nicht jeder Bauherr bereit in einer möglichst frühen Projektphase eine solche Energieplanung einzubeziehen oder die Kosten für eine dynamische Simulation zu übernehmen. Es zeigt sich jedoch, dass mit einem gut durchdachten Energiekonzept verlässlich funktionierende Gebäude mit niedrigeren Energiekosten und deutlich besserer Behaglichkeit realisiert werden können. In der Regel führt diese Herangehensweise gleichzeitig auch zu niedrigeren Investitionskosten, da eine gemeinsame Optimierung von Gebäudeentwurf und technischem System möglich ist. Vergleichend zu einer konventionellen Planung zur Beheizung und Kühlung wurden in unserem Fall etwa 20% Investitionskosten für technische Installationen eingespart. Bei gleichzeitig geringeren Energiekosten erübrigen sich dadurch weitere Untersuchungen hinsichtlich energiemotivierter Lebenszykluskosten (s. Tabelle 2).

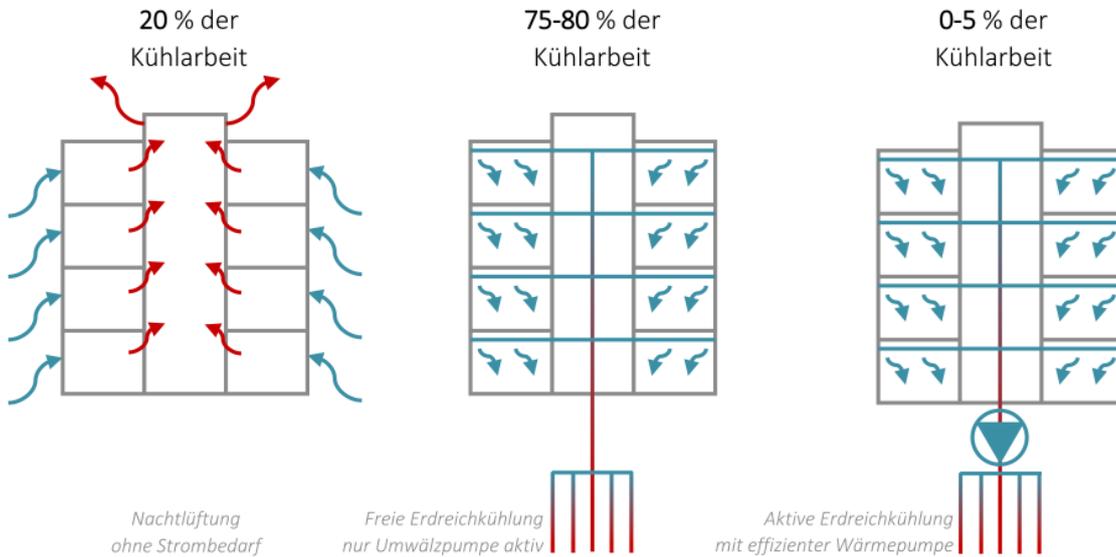
Heizen und Kühlen – Zuerst mit Umweltenergie

Das passive Kühlkonzept unterteilt sich in zwei Bereiche. Der massive Beton-Gebäudekern, der weder aktiv beheizt oder gekühlt wird, heizt sich im Sommer über den Tag auf und wird über schmale automatisiert öffnere Fensterflügel, die in Verbindung mit dem Lichtschacht stehen, mit kühler Nachtluft gespült. Dadurch kann etwa 20% des Kühlenergiebedarfs gedeckt werden. Die Planung und Integration einer adäquat sowohl luftdichten und öffnere Verglasung im Bereich des Lichtschachtes war eine Herausforderung. Der sehr gut bestandene Blower-Door-Test zeigt jedoch, dass dies praktisch möglich ist. Die Kühlung der Büro- und Konferenzräume erfolgt über die Aktivierung der Betondecke. Tagsüber nimmt die Betondecke Wärme auf.



_Prinzip der Nachtauskühlung

Nachts wird kühles Wasser aus dem Erdreich in die Decken gepumpt, die Energie abgeführt und der thermische Speicher entladen. Am nächsten Tag kann die Decke wieder anfallende Wärme aufnehmen. Dadurch entsteht ein sehr angenehmes Klima in den Büroräumen. Mit der passiven Erdreichkühlung können die übrigen 80% des Kühlenergiebedarfes gedeckt werden. Tritt eine extreme Hitzeperiode am Ende des Sommers auf, kann das Erdreich ggf. nicht mehr die erforderlichen Kaltwassertemperaturen bereitstellen. In dem Fall kann die Wärmepumpe dazu geschaltet werden. Gemäß der Auslegung ist das bei einem üblichen Sommer nicht erforderlich.

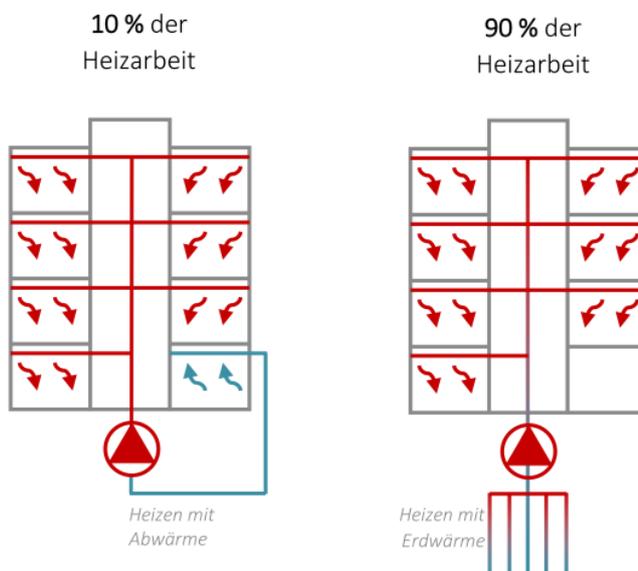


Dieses Konzept ist allerdings nur möglich, wenn die externen und internen Lasten begrenzt werden. Dies erfolgt zum einen durch einen effizienten Sonnenschutz, der in Abhängigkeit der Einstrahlungsintensität schaltet und zum anderen durch die konsequente Reduzierung der internen Lasten. Aufgrund der Tageslichtnutzung wird nur so viel Kunstlicht dazu gemischt, wie zur Erreichung der gewünschten Helligkeit im Raum erforderlich ist und das Beleuchtungssystem gibt nur sehr wenig Wärme an den Raum ab. An einem Sommertag bleibt die Beleuchtung üblich ausgeschaltet. Bei der Auswahl der Geräte wurden energiesparende bevorzugt. So sind fast alle Arbeitsplätze mit Laptops ausgestattet. Drucker sind nur zentral vorhanden – zudem ein weiterer Schritt zum papierlosen Büroalltag.

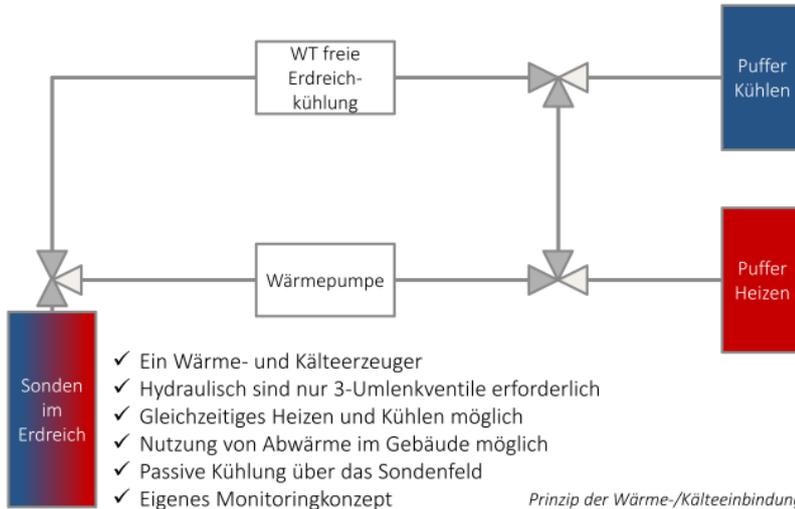
Im Heizfall wird zuerst die im Gebäude anfallende Abwärme als Energiequelle genutzt. Gemäß der Prognose kann etwa 10% des Heizwärmebedarfes

darüber gedeckt werden. Reicht dieses Potential nicht mehr aus, bedient sich die Wärmepumpe der Umweltenergie aus dem Sondenfeld, was etwa 90% der erforderlichen Energie ausmacht. Neben der Quelltemperatur bestimmt die Vorlauftemperatur maßgeblich die Stromaufnahme einer Wärmepumpe. Je °C höhere Vorlauftemperatur erhöht sich die Stromaufnahme um etwa 2,5%.

Es ist also das Ziel mit möglichst niedrigen Temperaturen zu heizen. Dafür mussten einige technische Auslegungen überdacht und angepasst werden. Das betrifft sämtliche hydraulische Anbindungen, die Nachheizung im Lüftungsgerät sowie die Auslegung sämtlicher Systemtemperaturen die auf ein Maximum von 30°C bei -15°C Außentemperatur begrenzt wurden. So kann die Betonkerntemperatur gutmütig zwischen 22 und 24°C Vorlauftemperatur betrieben werden. Der gemessene mittlere COP der Wärmepumpe liegt dadurch über 6 auf einem herausragenden Niveau.



Einfache Hydraulik – Ein Aggregat zum Heizen und Kühlen

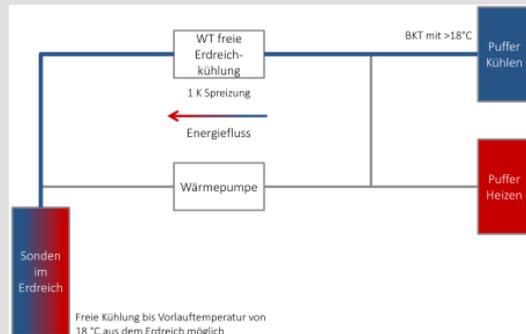


Eine Grundvoraussetzung für eine gut funktionierende technische Installation ist die möglichst einfache Gestaltung der hydraulischen Schaltung. Oftmals wird versucht mit möglichst viel Regelungstechnik die Funktionsweise der haustechnischen Systeme zu optimieren und zu perfektionieren. Auch im Zuge der immer weiter wachsenden Digitalisierung verstärkte sich im letzten Jahrzehnt diese Tendenz. Leider jedoch häufig mit dem Resultat, dass Anlagen realisiert werden, deren tatsächliche Betriebsweise unklar ist, sie nur mit immensem Aufwand in einen ordentlichen Betrieb gebracht werden können und die eine extrem hohe Störanfälligkeit aufweisen.

Unserer Meinung nach zeichnet sich ein gutes technisches Ingenieurkonzept nicht durch eine möglichst hohe Komplexität ab, sondern dadurch, dass die Funktionsweise auf möglichst einfache und nachvollziehbare Weise umgesetzt wird. Gemäß einem Zitat von André Lavandier: „Ein Konzept was auf dem Papier bereits kompliziert aussieht, wird in der Praxis sicher nicht zufriedenstellend funktionieren“. Die Umsetzung eines einfachen Konzeptes sei am Beispiel unseres Heiz- und Kühlsystems dargestellt. Es ergeben sich hier lediglich vier unterschiedliche Betriebszustände.

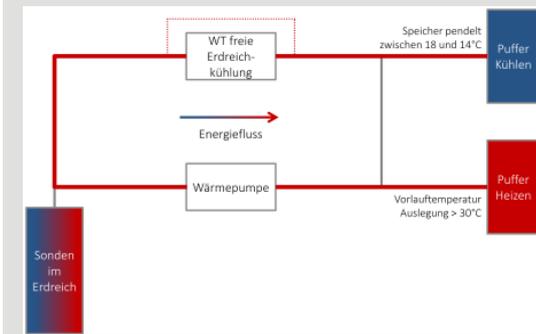
Kühlen: freie Kühlung über Erdsondenfeld

Das Geothermiefeld ist so groß ausgelegt, dass der gesamte Kühlenergiebedarf darüber gedeckt werden kann. Dabei ist nur eine Pumpe in betrieb, die in der Gebäudestruktur erwärmtes Wasser in das Sondenfeld pumpt, welches dort seine Energie an das Erdreich abgeben kann und abgekühlt zurückfließt.



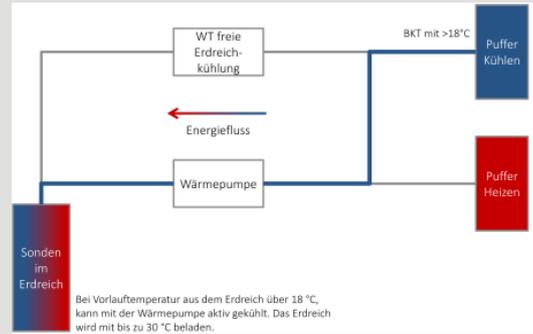
Heizen: Abwärmenutzung

Serverräume sind nur recht sparsam vorhanden. Die gekühlten Bereiche werden über einen Pufferspeicher mit Kälte versorgt. Die dort abgeführte Wärme heizt den Pufferspeicher auf und kann prioritär zum Heizen genutzt werden. Die Wärmepumpe nutzt zuerst diese Wärmequelle bevor das Erdreich als Energielieferant genutzt wird.



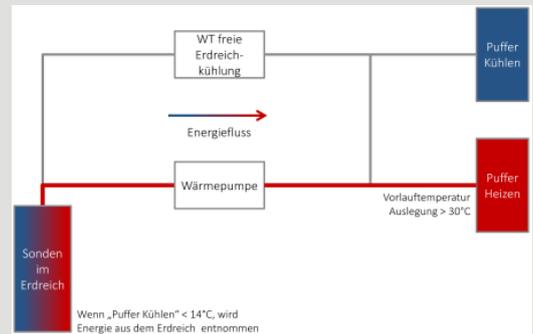
Kühlen: aktive Kühlung (Heißsommer)

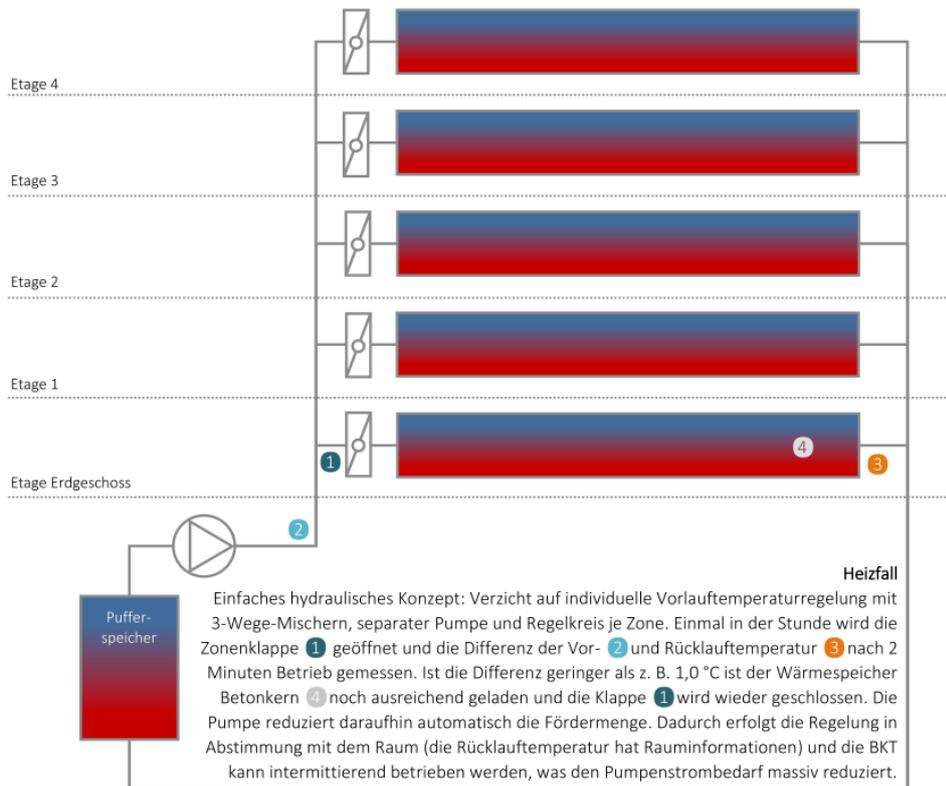
Am Ende der Kühlperiode kann das Erdreich u.U. erschöpft sein und liefert dann nicht mehr die erforderlichen niedrigen Temperaturen zum Kühlen. In dem Fall wird die Wärmepumpe als Kältemaschine verwendet, die ihre Abwärme an das Erdreich abgibt. Vorteil: diese Energie steht im Winter wieder teilw. zur Beheizung zur Verfügung.



Heizen: Energiequelle Erdsondenfeld

Übersteigt die Wärmeanforderung das Abwärmepotential des Gebäudes greift die Wärmepumpe auf das Sondenfeld als Energielieferant zurück. Dabei kühlt sich das Erdreich im Heizbetrieb ab. Der Vorteil: das über die Heizperiode abgekühlte Erdreich steht im Sommer wieder als Kältequelle zur Verfügung.





Neue Regelstrategien für die Betonkern-temperierung – Klimatisieren mit Masse und Klasse

Die Regelung von trägen Systemen der Wärmeübergabe stellt Ingenieure immer wieder vor eine Herausforderung. Oftmals wird versucht mit viel Digitalisierung, Schaltungsvarianten, Ventilen und Algorithmen ein Betriebsverhalten herzustellen. Dies erfolgt in der Regel ohne Rauminformationen oder die Berücksichtigung des Wetters. Vorlauftemperaturen werden für verschiedene Zonen berechnet, individuell eingestellt und dazugehörige Pumpen, Ventile und Regelkreise betrieben. Betrachtet man das System der Bauteilaktivierung mit einem gewissen Abstand, so zeigt sich, dass dort mit sehr kleinen Temperaturspreizungen zu rechnen ist.

Die Vorlauftemperaturen reichen vom Beginn der Heizperiode mit 22°C (außen 10°C) bis an Tagen mit maximaler Heizlast bis 24°C (außen -15°C). Der Regelbereich liegt im Bereich weniger zehntel Grad. Beachtet man die Genauigkeit von Temperatursensoren, so wird schnell klar, dass diese (in der Toleranz) oft ungenauer messen, als die Genauigkeit mit der man eigentlich regeln möchte. Zudem ist der Pumpenstrombedarf bei diesen Systemen nicht zu vernachlässigen, da im Vergleich zu Heizkörpern ein Vielfaches an Wassermenge umgewälzt werden muss, um die gleiche Leistung zu übertragen.

Mit dem von uns neu entwickelten Hydraulik- und Regelkonzept betrachten wir die Bauteilaktivierung als thermischer Speicher – ähnlich wie eine Batterie zur Stromspeicherung. Für die Regelung muss man nur wissen, ob der Speicher leer oder voll ist. Dies überprüfen wir, in dem wir einmal pro Stunde oder nach Bedarf alle 2 oder 3 Stunden die Betonkern-temperierung einer Zone einschalten und die Rücklauf-temperatur aus dem Speicher messen. Liegt diese im Bereich der Vorlauf-temperatur ist der Speicher geladen, liegt die Temperatur deutlich unter der Vorlauf-temperatur muss der Speicher nachgeladen werden. Die erforderliche Vorlauf-temperatur wird u. a. aus bauphysikalischen Gebäudeparametern und Wetterdaten zentral bestimmt. Die Rücklauf-temperatur enthält dabei auch Rauminformationen. Im Fall einer höheren solaren Einstrahlung in die Räume heizt sich der Betonkern auf und die Rücklauf-temperatur steigt an. Gerade im

Übergangsbereich reduzieren sich die Betriebszeiten der Hauptpumpe deutlich und die Betonmassen werden nicht überwärmt. Eine zentrale Pumpe fördert dabei auch nur so viel Wassermenge, wie von den Zonen angefordert wird. Damit die Wassermenge über die große Bandbreite verschiedener Volumenströme stromeffizient gefördert werden kann, ist eine einzige Doppelpumpe vorgesehen, deren Leistung neben der stufigen Schaltung über einen Frequenzumformer genau eingestellt wird. Der konsequente Verzicht auf Regelventile und der Einsatz von einfachen Klappen reduziert zudem den Druckverlust und damit den Stromverbrauch der Pumpe.

Stromerzeugung – Eigennutzung als Maßstab

Da das Gebäude in 5 Etagen realisiert ist, fällt die Dachfläche bezogen auf die Nutzfläche des Gebäudes mit $0,2 \text{ m}^2_{\text{Dach}} / \text{m}^2_{\text{NGF}}$ verhältnismäßig klein aus. Die Dachfläche stellt für die solare Stromerzeugung jedoch das bestmögliche Potential. Gleichermaßen sind oft auch technische Systeme auf dem Dach vorgesehen, die das Platzangebot weiter reduzieren.

Eine besondere Herausforderung war demnach die Integration von PV-Modulen zur Stromerzeugung mit dem Ziel eines größtmöglichen Autarkiegrades⁶. Dazu wurde ein Solardach aus Trapezblech vorgesehen, wodurch die technischen Installationen (hier die Lüftungsanlage) vor Witterung geschützt wird und die gesamte Dachfläche zur Solarnutzung zur Verfügung steht. Das Solardach gibt dem Gebäude zudem ein charakteristisches Aussehen.



„Solardach auch als ästhetisches Merkmal

⁶ Der Autarkiegrad ist ein relatives Maß der physischen Unabhängigkeit von der öffentlichen Stromversorgung.

Die Dachfläche wurde in vier Bereiche mit unterschiedlicher Orientierung aufgeteilt, um die Stromerzeugung über den Tag verteilt homogener zu produzieren. Darüber hinaus wurde der Neigungswinkel mit 15° relativ niedrig gewählt, um eine größere Leistung realisieren zu können – aber immer noch ein ausreichender Selbstreinigungseffekt vorhanden ist. Jedes PV-Modul ist mit einem Optimierungsmodul ausgestattet, die miteinander kommunizieren. Dadurch kann der Energieertrag der PV-Anlage deutlich gesteigert werden. Zusätzlich sind 2 Batteriespeicher integriert, mit denen ein Teil des über den Tag erzeugten Stroms im Zeitraum ohne Sonneneinstrahlung genutzt werden kann.

Ebenso sind derzeit 8 vernetzte Ladestationen für unsere Elektrofahrzeuge vorhanden, die über eine intelligente Steuereinheit auch dann verstärkt laden, wenn Strom über die PV-Anlage erzeugt wird und/oder die Batterien geladen sind.

Energiekennzahlen, Aktiv-, Null- oder Plusenergie – Wie autark bist Du?

Unter Anrechnung der Eigenstromnutzung ergibt sich gemäß der Luxemburger Energieeinsparverordnung ein Primärenergiebedarf von 39,5kWh/(m²a); der Anforderungswert beträgt 146,2kWh/(m²a) - das bedeutet eine Unterschreitung der Anforderungen um 73%. Vergleichend mit den Anforderungen nach der deutschen Energieeinsparverordnung beträgt der Primärenergiekennwert nur 17,3kWh/(m²a), bei einem Anforderungswert von 82,0kWh/(m²a) – was einer Unterschreitung von 79% entspricht. Der energetische Autarkiegrad beschreibt die relative physische Unabhängigkeit von der öffentlichen Energieversorgung und ist ein Maß für die Eigenständigkeit der Energieversorgung. Dabei muss zwischen dem selbst genutztem und dem in das öffentliche Netz eingespeistem Strom unterschieden werden.

Eine Autarkie von 100% (ohne externe Energieversorgung; dies entspräche einem Nullenergiegebäude) kann praktisch nicht erreicht werden, es sei denn es wird überproportional viel Energie erzeugt und diese saisonal gespeichert. Dies ist mit derzeit zur Verfügung stehenden Technologien (noch) nicht wirtschaftlich darstellbar. Zudem sinkt mit steigender Gebäudegeschosszahl das optimal erschließbare Solarpotential – die Dachflächen. Die individuelle Autarkie eines Gebäudes muss demnach immer mit dem Erzeugungspotential in Bezug gesetzt werden. Da dieses Gebäude nur mit dem Stromnetz verbunden ist, kann die Energieautarkie bei 5 Geschossen mit 37,5%⁷ bestimmt werden. Zieht man die Bilanz über ein gesamtes Jahr beträgt der Wert 61,1%. Dies verdeutlicht, dass die Bewertung der Jahresenergie-

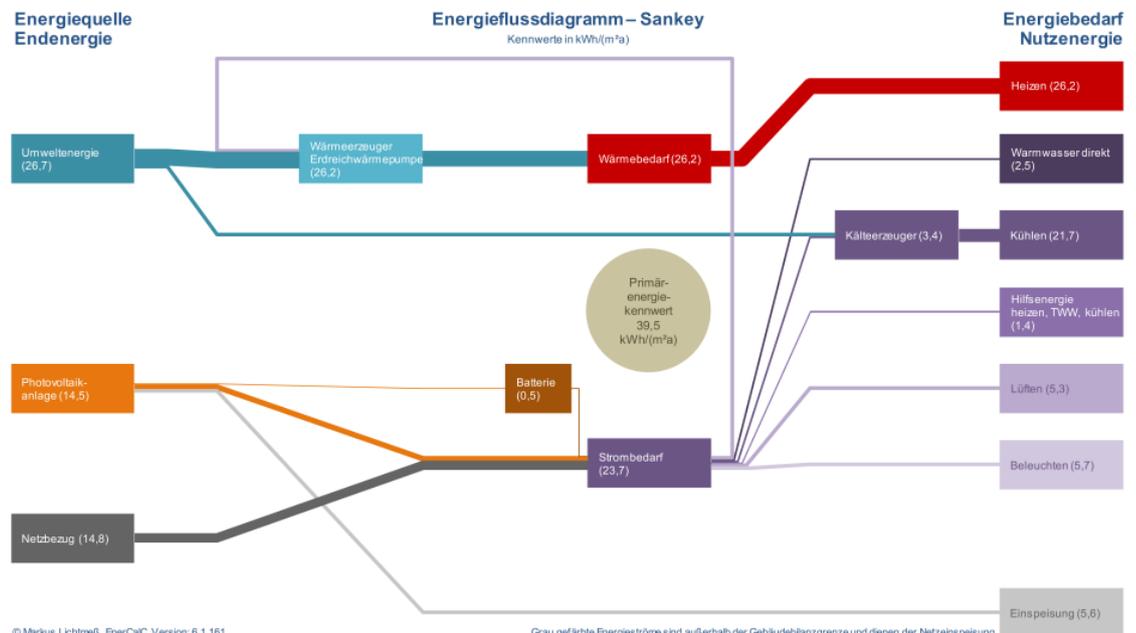


_Photovoltaikanlage auf dem Dach



_Gebäudedraufsicht – die 5te Fassade

mengen ungeeignet ist, solche Effekte zu bewerten. Ein Großteil des erzeugten Stroms wird in das öffentliche Netz gespeist, weil die PV-Anlage im Sommer mehr Energie erzeugt als verbraucht wird. Folgendes Schema visualisiert die Energieflüsse.



$37,5\% = (14,5 - 5,6) / 23,7 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
 $61,1\% = 14,5 / 23,7 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$



_Darstellung wesentlicher Aspekte bei der Wahl nachhaltiger Materialien und Konstruktionen

Nachhaltigkeit und gesundes Klima – Zertifiziert

Für uns war die Realisierung eines Gebäudes mit geringem Ressourcenverbrauch ein obergeordnetes Ziel. Aber auch die Schaffung eines Potentials, Teile des Gebäudes nach dessen Nutzungsphase wieder als Rohstoff für andere Projekte nutzen zu können. Wesentlich dafür sind zum einen die Kenntnis aller Baustoffe im Gebäude und die Verarbeitung in möglichst demontierbarer Weise, sodass das Gebäude sortenrein getrennt zurückgebaut werden kann.

Alle im Gebäude verbauten Stoffe wurden im Rahmen einer Ökobilanz bewertet, sodass die Wahl auf Stoffe fiel, die zum einen eine möglichst geringe Umweltbelastung und zum anderen einen möglichst geringen Primärenergieaufwand für die Herstellung aufweisen. Für die Sicherstellung einer guten Raumluftqualität dürfen keine flüchtigen Schadstoffe im Gebäude vorhanden sein. Diesbezüglich hatten wir für alle beim Bau eingesetzten Materialien strenge Vorgaben für deren Inhaltsstoffe. Dies betrifft jedes Baumaterial großflächiger Bauteile bis hin zum verwendeten Montageschaum für die Anbringung von kleinen Elementen. Eine weitere oft unterschätzte Emissionsquelle ist die Innenausstattung. Bei allen Einrichtungsgegenständen, Wandverkleidungen, Stühlen, Tischen usw. haben wir auf schadstofffreie Produkte geachtet. Im Rahmen einer Luftqualitätsmessung wurde die Raumluft auf über 200 Schadstoffe untersucht und dem Gebäude eine herausragende Luftqualität ausgestellt. Im Nachhinein zeigt sich, dass ein genaues Hinsehen auf jedes Detail unerlässlich ist, um dieses Ziel zu erreichen.

Eine nachhaltige Planung und Realisierung von Gebäuden betrifft sehr viele unterschiedliche Bereiche, was es erforderlich macht dies systematisch zu bewerten. Darüber hinaus spielt hier oft auch

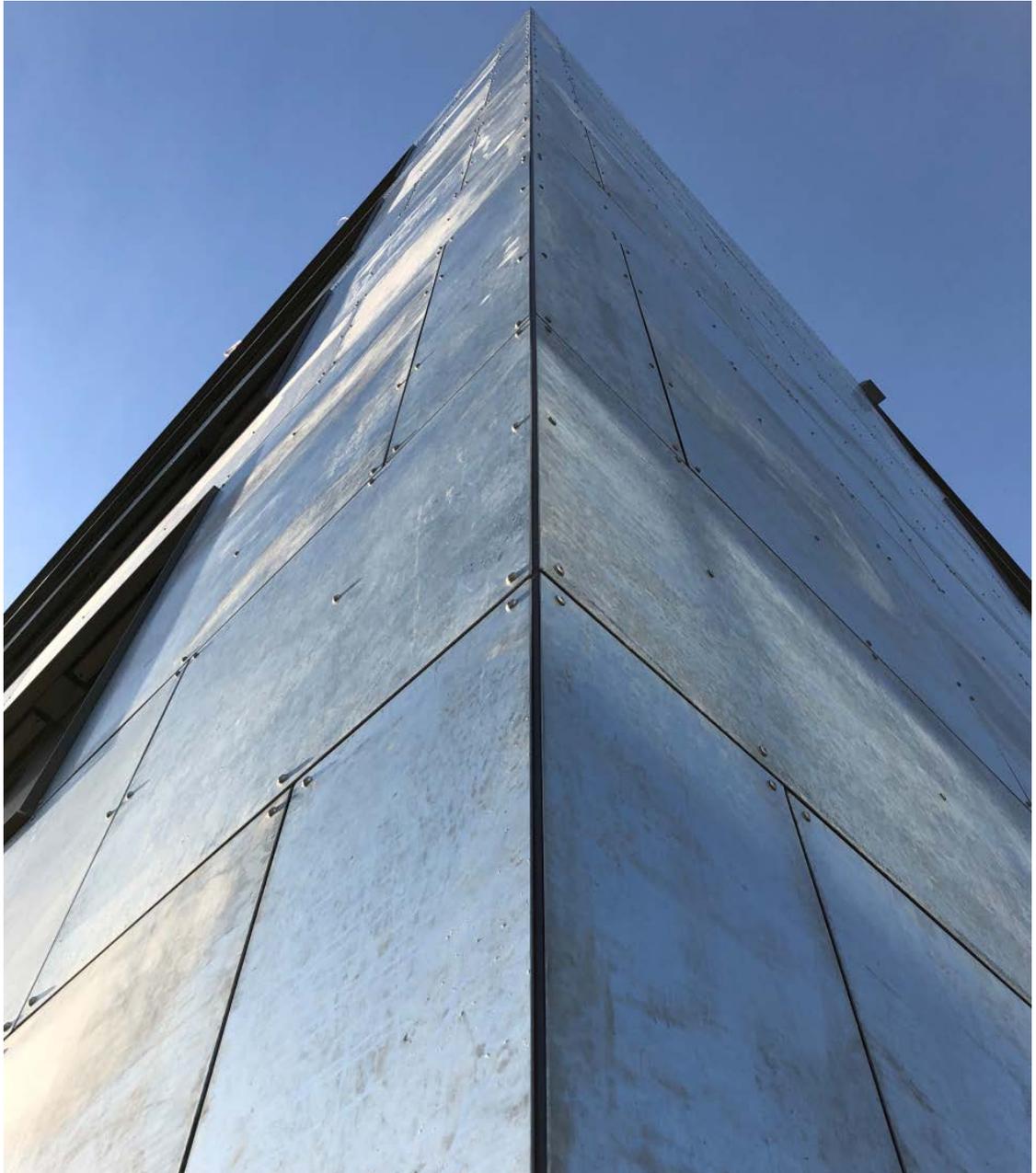
ein gewisses Bauchgefühl mit, welche Dinge einem persönlich wichtiger sind als andere. Für den einen ist es Barrierefreiheit, für den anderen circular economy und für andere ist es die Innenraumhygiene. Für uns war deshalb klar, dass wir das Gebäude mit einem modernen System zertifizieren wollen, was all diese Aspekte einbezieht und eine gewisse Neutralität in die Bewertung einbringt. Wir haben uns für das System der DGNB entschieden. Die Zielsetzung war auch hier die bestmögliche Bewertung „Platin“ zu erzielen. Der finale Zertifizierungsprozess ist derzeit im Gange. Im Rahmen der Vorzertifizierung wurde das Gebäude mit dem Platin-Label bewertet.

Monitoring – Eine Chance unser Wissen zu erweitern

Das Bürogebäude wird umfangreich evaluiert und es ist das Ziel die daraus gewonnene Erkenntnisse in den Planungsalltag zu integrieren. Dafür sind zu Forschungszwecken über 700 Messpunkte im Gebäude vorgesehen, mit welchen die unterschiedlichsten Gebäude-, Komfort- und Anlagenparameter erfasst und ausgewertet werden können. Neben Temperaturen, Leistungen und Energiebedarfen werden auch die CO₂-Konzentration, Luftfeuchte sowie viele Anlagenparameter kontinuierlich erfasst und gespeichert.

Eine Aufgabe des Monitorings ist die Überprüfung, ob die Zielvorgaben erreicht werden. Zum einen aus der Perspektive des Energieverbrauchs und zum anderen aus der Sicht der Nutzerbehaglichkeit. Für die Bewertung der Betriebsweise im Gesamten spielen Einflussfaktoren wie das Klima und das Nutzerverhalten ebenfalls eine wesentliche Rolle.

Wir sehen ein ausführliches Monitoring als eine Chance den Kreis zwischen Planung und Betriebsführung zu schließen und durch die gewonnen Erkenntnisse unsere technischen Konzepte weiter zu verbessern. Unser großer Schulungsraum bietet eine hervorragende Plattform dies allen Mitarbeitern zur Verfügung zu stellen.

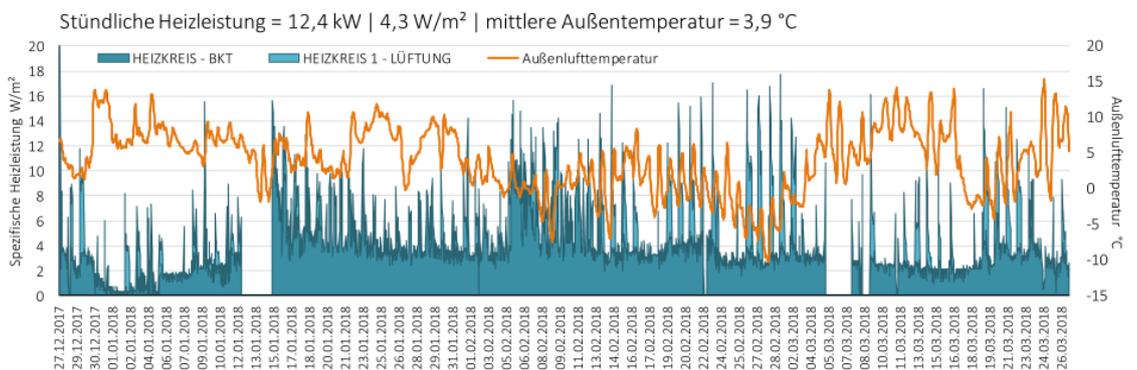


„Gebäudeansicht während der Rohbauarbeiten, Holzskelettbau mit Gebäudekern in Stahlbeton

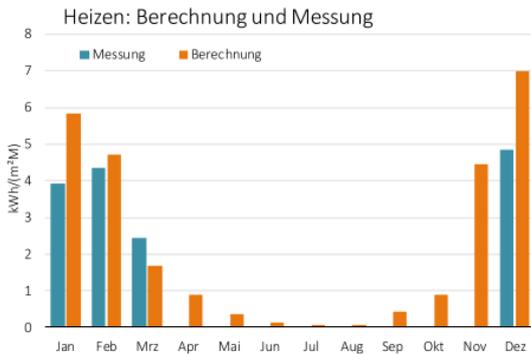
Erste Erkenntnisse – Es funktioniert und das bereits im Erwartungsbereich

Das Gebäude ging Anfang Dezember 2017 in Betrieb. Für die Winterperiode 2017/2018 liegen bereits erste Messdaten vor. Folgendes Diagramm zeigt den gemessenen Leistungsbedarf des Gebäudes. Der reale Leistungsbedarf liegt etwas unterhalb unserer Erwartungen. Mit einer mittleren Wärmeleistung von rund 4,3W/m² können knapp 2.900m² beheizt werden. Zum Vergleich: Das Gebäude kann mit einer üblichen Heizleistung von 2 Einfamilienhäusern beheizt werden, die dem Passivhausstandard entsprechen. Allerdings

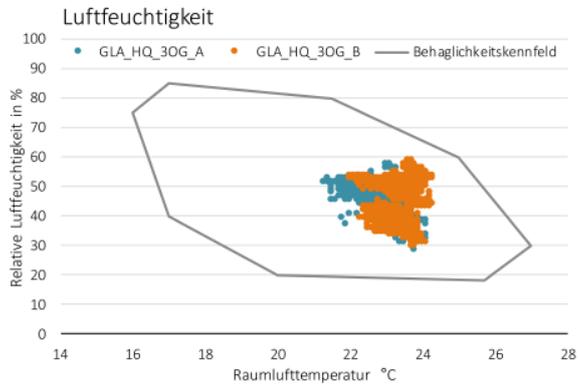
muss man beachten, dass diese Resultate in der bisher kurzen Phase der Ein-regulierung aufgezeichnet wurden – hier sehen wir noch Potential. Die Spitzenanforderung wird durch die Lüftungsanlage verursacht (hier Frostschutzschaltung des Wärmetauschers). Diese ist im Moment noch nicht vollständig in Betrieb genommen – so wird sich zukünftig der Zuluft- und Bypassvolumenstrom reduzieren. Dadurch verbessert sich die Luftfeuchtigkeit im Gebäude, der Frostschutzbypass des Wärmetauschers ist weniger oft in Betrieb und die Aufheizleistung reduziert sich allgemien.



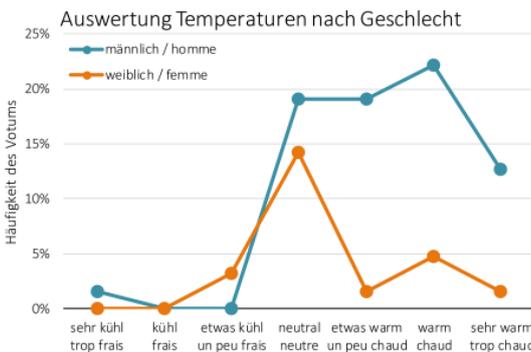
Betrachtet man den Wärmebedarf so stimmen Berechnung und Messung von der Größenordnung her bereits überein – wobei erst Messergebnisse ab Dezember vorliegen. Im März liegt der Verbrauch etwas höher; was darauf zurückzuführen ist, dass der Betonkern der vierte Etage zu Testzwecken stark aufgeheizt wurde. Im Dezember und Januar liegt der Verbrauch etwas unterhalb der Berechnung. Dies begründet sich durch die recht warmen Monatsmitteltemperaturen mit ca. 6°C.



Nebenstehendes Bild zeigt die relative Raumluftfeuchte aufgetragen über die Raumlufttemperatur. Erste Messungen zeigen, hier beispielhaft für zwei Büroräume, dass die Raumluftfeuchten in einem sehr guten Bereich liegen. Es bleibt allerdings anzumerken, dass die Luftmengen und die Lüftungsanlage noch nicht vollständig eingeregelt sind. Hier erwarten wir noch ein großes Potential – gerade an sehr kalten Tagen.

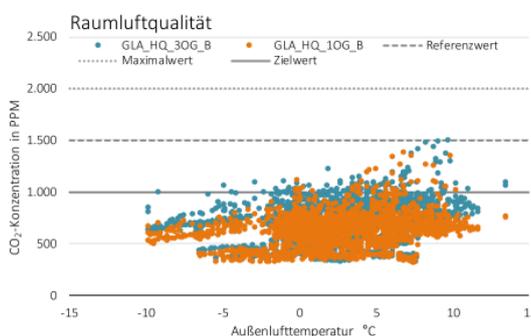


Im Januar führten wir eine Mitarbeiterbefragung zum Temperaturempfinden durch. Die Ergebnisse werden u.a. zur Anpassung der Beladestrategie des Betonkerns genutzt. Im Allgemeinen wurde es im Gebäude als „etwas zu warm“ empfunden. Dabei zeigte sich auch, dass weibliche Mitarbeiter die Raumtemperatur eher als „etwas zu warm“ bewerteten, wohingegen die männlichen Kollegen ein deutlicheres Votum als „warm“ angaben. Die Beladungsstrategie wurde daraufhin angepasst.



Neben der Temperaturen werden auch Luftqualitätsmerkmale ausgewertet. Folgendes Bild zeigen die CO₂-Konzentrationen von zwei ausgewählten Büroräumen. Die CO₂-Konzentration liegt dank der hygienischen Lüftung auf einem sehr gutem Niveau. Der Referenzwert von 1.500PPM wurde im Messzeitraum nur 3 mal in einem Büro in der dritten Etage erreicht. In der ersten Etage (orangene Punkte) liegt das Niveau tendenziell darunter.

Diese Informationen sind essentiell zur Einstellung der Luftmengen. Auch die Raumluftfeuchte hat einen wesentlichen Einfluss auf die empfundene Behaglichkeit.





Die Kantine – ein zentraler Treffpunkt

Ausblick und weitere Entwicklung – Lessons learned

Der Bau unseres Bürogebäude zeigte uns neben der planerischen Welt auch eine andere. Wir nahmen gleichermaßen die Rolle des Bauherren und des planenden Ingenieurs ein. Die Chance in den zwei Welten zu agieren, verdeutlichte uns erneut auch die Sichtweise eines Bauherren, die oft eine andere ist, als die des Architekten oder Planers. Das Bestreben ein Gebäude mit bestmöglichen Bedingungen für unsere Mitarbeiter sowie ein außerordentlicher energetischer Anspruch mit wenig Technikeinsatz zu realisieren war unser Ziel. Dafür mussten einige Aspekte des Planens neu überdacht werden. Letztlich funktioniert die erfolgreiche Umsetzung nur mit einem guten Planungsteam und einer integralen Planung. Die bisherigen Messergebnisse zeigen, dass sich die Anstrengungen gelohnt haben. Neben einem sehr geringen Energieverbrauch erreichen wir eine gute thermische und visuelle Behaglichkeit und arbeiten in einer sehr guten Luftqualität. Infolge des energieoptimierten Gebäudeentwurf und der Nutzung von passiven Energieressourcen konnte der Technikeinsatz auf ein Minimum begrenzt werden.

Jetzt gilt es, sämtliche Installationen ab- und in Betrieb zu nehmen und unsere Analysen weiterzuentwickeln. Die Voraussetzungen dafür sind geschaffen, da alle dafür relevanten Parameter gemessen und gespeichert werden. Dazu kooperieren wir auch mit unabhängigen externen Partnern und werden zudem mehrere Bachelor-/Masterarbeiten zu diesem Themenkreis betreuen. Aufgrund unserer aktiven Forschungstätigkeiten im Energiebereich nutzen wir unser Gebäude auch zu Benchmarkzwecken. Dabei sind nicht nur energetische Kriterien relevant, sondern diese müssen immer mit dem Nutzerempfinden abgestimmt werden. Wir werden in Zukunft regelmäßig Forschungsberichte dazu veröffentlichen. Abschließend möchten wir allen am Projekt beteiligten unseren herzlichen Dank aussprechen, die uns bei der Realisierung unseres Traums unterstützt haben – und nicht zuletzt allen Mitarbeitern.

www.golav.lu

Planungsteam von Goblet Lavandier & Associés

Elektroplanung: Thomas Baltes
 Projektleitung: André Lavandier, Administrateur délégué
 Mess- & Regelungstechnik: Jürgen Leick
 Energie- & Technikkonzept: Markus Lichtmeß, Associé
 TGA-Planung & Projektleitung: Jürgen Müller, Associé

Planungs- und Bauteam

Architekt: Christian Bauer & Associés
 Statik & Projektsteuerung: Schroeder & Associés
 DGNB-Zertifizierung: E3-Consult
 Rohbau: Soludec
 Fassade: HC Mertes-Goncalves s.à r.l.
 Elektroinstallation: Schaus & Associés
 Haustechnik: AIO S.A.
 Photovoltaik: Topsolar

HORS SERIES DE LA REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE

- #001 Inauguration Forum da Vinci
- #002 40 years of DELPHI in Luxembourg
- #003 100+1 Administration des bâtiments publics
- #004 Ouvrages d'art - ponts - Administration des ponts et chaussées
- #005 Deuxième l'Ecole européenne et Centre polyvalent de l'Enfance
- #006 Concours Construction Belvédère
- #007 Ouvrages d'art routiers + fluviaux - Administration des ponts et chaussées
- #008 Château d'eau - Ville de Luxembourg
- #009 Prix d'excellence 2012 - Fondation de Luxembourg
- #010 Prix d'excellence 2013 - Fondation de Luxembourg
- #011 Bâtiment administratif pour l'Administration de la nature et des forêts
- #012 Prix d'excellence 2014 - 2015 - Fondation de Luxembourg
- #013 Centre d'accueil "Biodiversum"
- #014 Prix d'excellence 2016 - 2017 - Fondation de Luxembourg
- #015 Chateaux d'eau

REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE

www.revue-technique.lu

éditée par
da Vinci a.s.b.l.

ASSOCIATION OF ENGINEERS | ARCHITECTS | SCIENTISTS | INDUSTRIALS
Responsable Revue Technique Sonja Reichert
tel 45 13 54 23 email s.reichert@revue-technique.lu

Impression 4.000 exemplaires
Lorgé imprimeur s.à r.l.
Zonning Industriel, 12-6
L-8287 KEHLEN (GDL)

revue imprimée sur du papier_



ISSN: 2418-4586

HORS SERIE

**REVUE TECHNIQUE
LUXEMBOURGEOISE**

HORS SERIE DE LA REVUE TECHNIQUE LUXEMBOURGEOISE # 016

