DAS GRÜNE MUSEUM

Vom Passivhaus bis zur eigenen Stromversorgung

Christina Schmitt
Leitung des Referats für Museumsbetrieb, Sammlung, Prävention

2013 wurde das Museum des Hauses der Bayerischen Geschichte in Regensburg zu einem Pilotprojekt des Passivhausbauens in Bayern. Eine Entscheidung, die wie die ersten Betriebsjahre bestätigen, weltweit seinesgleichen sucht:

Das Museumsgebäude erfüllt die Kriterien hin zu mehr Klimafreundlichkeit und befindet sich seit seiner Eröffnung im Jahr 2019 auf dem Weg zur Klimaneutralität.

Das Haus der Bayerischen Geschichte beteiligt sich an einer Studie des Rathgen Forschungslabor in Berlin, in der Energieverbräuche von mehr als 100 Kulturerbeeinrichtungen erfasst sind. In einer Gegenüberstellung eingereichter Verbrauchsdaten ist unser Museum ganz vorne mit dabei.

Zwei wesentliche bauphysikalische Kriterien tragen zu diesem Erfolg bei:

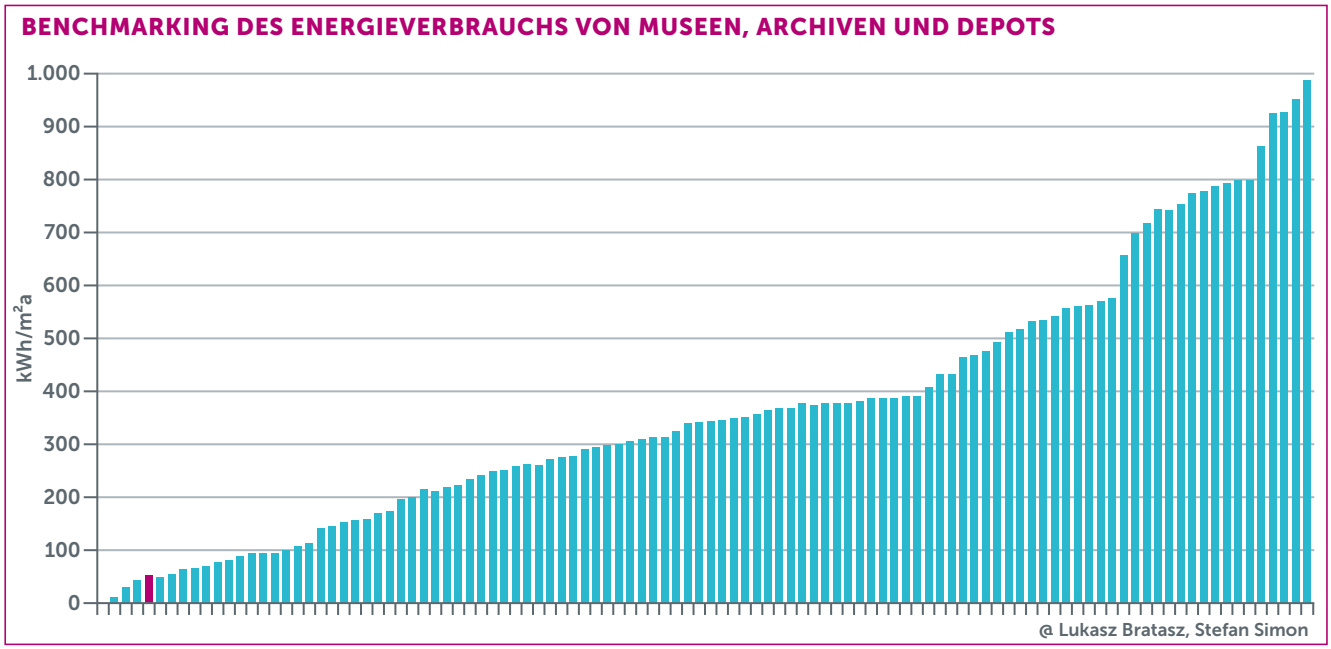
1. Die dichte Gebäudehülle (Luftwechselrate < 0,28).
2. Ein dadurch reduzierter Einbau von raumlufttechnischen Anlagen.

EIN MUSEUM WIRD PASSIVHAUS

Die Umsetzung des vielleicht ersten Grünen Museums in Deutschland erfolgte auf Initiative des Gründungsdirektors Dr. Richard Loibl und des Ministerrat-Beschlusses vom 19. Juli 2011. Mit ihm legte der Freistaat Bayern für seine eigenen Bauprojekte einen über die damaligen gesetzlichen Anforderungen hinausgehenden energetischen Standard fest. Die damit verbundenen Baurichtlinien unterschritten die der Energieeinsparverordnung (EnEV) aus dem Jahr 2009 um 30%. Sie waren Grundlage für den Museumsbau in Regensburg.



▾ DONAUUFER
mit der Bavariathek, dem didaktischen Zentrum des Hauses, links neben dem Museum.
© Haus der Bayerischen Geschichte | Foto: Nürnberg Luftbild Hajo Dietz

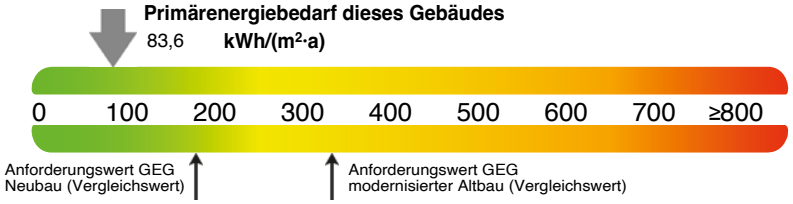


▲ ABB.1
Benchmarking des Energieverbrauchs von Kulturerbeeinrichtungen. Der rote Balken auf der linken Seite steht für das MdBG.
© Rathgen Forschungslabor, Berlin



Als Passivhaus darf sich jedes Gebäude bezeichnen, dessen jährliche Heiz-/Wärmebilanz die 15,5 Kilowattstunden pro Quadratmeter (m²) nicht übersteigt. Das Museum des Hauses der Bayerischen Geschichte liegt bei 14,8 kWh/m² im Jahr. Die wesentliche Kennzahl für ein Passivhaus ist jedoch der jährliche Primärenergiebedarf (vgl. § 10, 18 GEG). Mit einer Nettogrundfläche von 9.068 m² liegt der Primärenergieverbrauch des Museums bei jährlich 83,6 kWh/m². Der Wert unterschreitet Verbräuche vergleichbarer Referenzgebäude um mehr als die Hälfte. Ein nachhaltiger Erfolg, auf dessen Grundlage das Museum eine Zertifizierung anstrebt und sich diese durch eine unabhängige Prüfstelle aktuell bestätigen lässt.

Die Zertifizierung in Vorbereitung suchten die Betriebsverantwortlichen parallel nach Einsparmöglichkeiten. Denn die auf 1.255 m² verbaute Raumlufttechnik (RLT) benötigt Strom, dessen Verbrauch langfristig reduziert werden soll. Oberstes Ziel war und ist das Herabsetzen des Stromverbrauchs auf das erforderliche und zugleich auf ein energetisch vertretbares Maß.



▼ ENERGIEAUSWEIS DES NUSEUMS
Jahres-Primärenergieverbrauch des Museums im Vergleich zu einem Neu- bzw. modernisierten Altbau mit gleicher Nutzfläche.

ENERGIE AUS ABWASSER

Ein wichtiger Meilenstein zum Erreichen des Ziels war die Anbindung an das Regensburger Abwasser. 2017 errichtete die Stadt Regensburg eine Energiezentrale, durch die unser Museum ganz ohne Öl und Gas auskommt. Wärmepumpen regenerieren die Wärme, die aus dem Abwasserkanal gewonnen wird. Sie stellen Heiz- und Kühlwasser zur Verfügung, das das Museum nach Bedarf abruft. Die von der Firma Huber Technology aus Berching in der Oberpfalz eingebaute Anlage erklärt sich wie folgt:

In der Schachtsiebanlage (3) wird das Abwasser gereinigt und von dort an Abwasserwärmetauscher (6) weitergeleitet. Die Wärme überträgt sich auf reines oder mit Glykol angereichertes Wasser. Abschließend erhitzen Wärmepumpen (7) das Wasser auf die benötigten Versorgungstemperaturen. Das temperierte Wasser wird bis zum Abruf der museumseigenen Technik in großen Speichermedien vorgehalten, Abwasser zurück in den Kanal (10) geführt.

GEBÄUDEAUTOMATION

Betriebseinsparungen sind möglich, weil die drei Museumsgebäude unterirdisch miteinander verbunden sind. Diese bauliche Vorgabe ermöglicht die Kontrolle von nur zwei Versorgungspunkten über ein zentrales Leitsystem. Die Energiezentrale der Stadt wurde im Museumsgebäude untergebracht, die Trafostation im didaktischen Zentrum, der Bavariathek. Versorgt werden die Gebäude nach Bedarf mit Strom, Warm- und Kaltwasser. Sämtliche Energiequellen stehen unter stetiger Beobachtung unseres Gebäudeleitsystems (GLT).

Die GLT liefert und steuert auch Verbrauchszahlen. Seit Museumseröffnung führen Ingenieure mit Unterstützung der Haustechniker ein fünf Jahre andauerndes Monitoring zur Steuerung der GLT durch. Denn ohne das kontinuierliche Beobachten von Luftströmungen und deren Auswirkung auf das Raumklima könnten keine Rückschlüsse aus dem Vergleich von Energieeinsparung und effizienter Betriebsführung gezogen werden.

In der Regel widerspricht ein stromsparender Betrieb den vorgegebenen klimatischen Raumanforderungen, die notwendig sind, um nachhaltig kulturelles Erbe zu erhalten. Dies basiert auf der Annahme, dass stabile Klimaverhältnisse ausschließlich durch den Dauerbetrieb von Klimaanlagen hergestellt werden können.

REDUKTION DER ANLAGENLEISTUNG

Die Betriebsführung des Museums der Bayerischen Geschichte kann dieses Argument widerlegen: Über vier Jahre wurden die Auswirkungen von Außenklima auf das Ausstellungsklima dokumentiert, ausgewertet und regeltechnische Einstellungen erprobt. Akzeptable Ergebnisse wurden in der GLT hinterlegt. So tastete man sich

ANLAGENKONZEPT: FUNKTIONSSCHEMA ZUR WÄRMEGEWINNUNG AUS ABWASSER

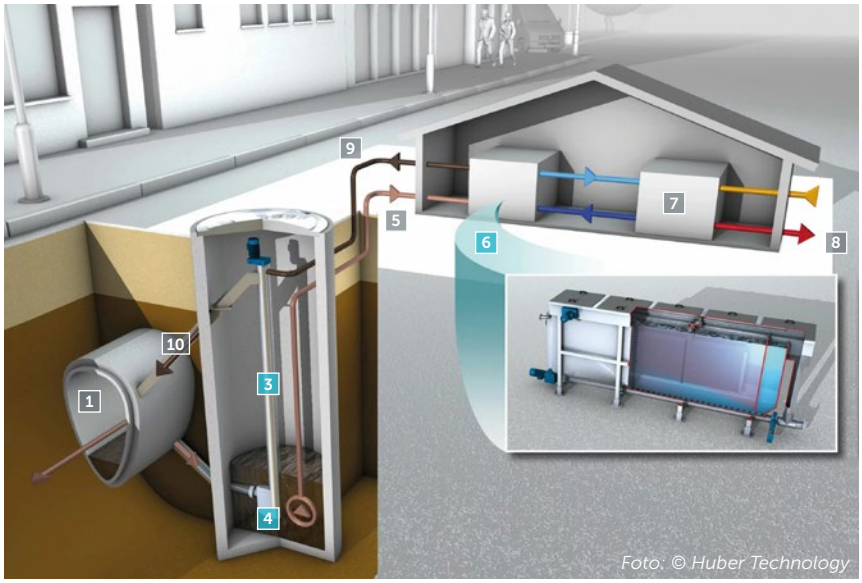


Foto: © Huber Technology

1. Abwasserkanal
2. Abwasserablauf
3. Schachtsiebanlage
4. Siebkorb
5. gesiebtes Abwasser
6. Abwasserwärmetauscher
7. Wärmepumpe
8. Bereitstellung von Wärme bzw. Kälte
9. Abwasserrücklauf
10. Rückführung in den Kanal

DAS MUSEUMSAREAL MIT SEINEN TECHNIKZENTRALEN



© Haus der Bayerischen Geschichte | Foto: wörner traxler richter planungsgesellschaft mbh, Frankfurt am Main

schrittweise an die Optimierung der Anlagensteuerung heran.

Exemplarisch für alle raumlufttechnischen Anlagen wurde in der Dauerausstellung begonnen, elektrische Leistungen zu reduzieren: Von Juni bis Oktober 2020 lag der Bedarf an Strom bei durchschnittlich 22.000 kWh im Monat. Ab November 2020 reduzierte er sich auf monatlich 11.000 kWh. Der Energiebedarf hatte sich durch die Optimierung der Gebäudeautomation halbiert. Durchschlagenden Erfolg erzielte schließlich der sogenannte Schutzbetrieb. Beim Schutzbetrieb werden die Klimaanlagen so gesteuert, dass diese abschalten, sobald das Klima im SOLL ist. Die elektrische Leistung pendelte sich auf monatlich nur mehr 3.500 kWh ein. Dies entspricht allein für den Betrieb der Dauerausstellung einer monatlichen Einsparung von insgesamt 18.500 kWh. Ab August 2022 verzeichneten wir im Museumsbetrieb Gesamteinsparungen von monatlich 65.000 kWh. Orientiert am damaligen Strompreis (0,243 ct/kWh) lag die Einsparung bei 15.795 € im Monat.

EINSPARUNGEN TROTZ AUSSTELLUNGSBETRIEB

Was für andere Museen undenkbar erscheint, wurde im Museum des Hauses der Bayerischen Geschichte unumgänglich: Das betriebsbegleitende Monitoring begann nicht vor, sondern weit nach Gebäudeübernahme mitten im laufenden Ausstellungsbetrieb. Dies war nur deshalb möglich, weil mit den Leihgebern der Dauerausstellung stabile, aber saisonal variable Raumklimawerte vereinbart sind.

Drei Leihgaben hatten spezielle Anforderungen an die Luftfeuchtigkeit, die im Bereich Dauerausstellung auf 50% relative Feuchte (r.F.) festgelegt ist. Für diese Leihgaben wurde ein System entwickelt, das eine Präsentation unabhängig vom Raumklima möglich macht: Dichte Großraumvitrinen wurden mit Konditionierungsgeräten ausgestattet, welche die Raumluft auf die geforderten Feuchtigkeitswerte bringt (Produktnachweis: Firma Krah & Grote, ADSB01 Adsorptionsbox).

Ausschlaggebend für Stromeinsparungen im laufenden Ausstellungsbetrieb sind angepasste Grenzwerttemperaturen. Diese orientieren sich an den Außentemperaturen und weichen möglichst wenig von ihnen ab. Der dafür vorgegebene Schwankungsspielraum bewegt sich zwischen 19°C im Winter und 26°C im Sommer. (Anmerkung: Die Raumklimavorgaben der Dauerausstellung waren Bestandteil des Raumanforderungsprofils während der Bauphase. Sie fanden demnach weit vor den im September 2022 empfohlenen Werten des Deutschen Museumsbund Berücksichtigung.)

AUSWIRKUNGEN DES SCHUTZBETRIEBS AUF DAS AUSSTELLUNGSKLIMA

Die Klimastabilität der Ausstellungsräume ist auf eine geringe Wärmelast in den Ausstellungsräumen zurückzuführen. Sie erlaubt, die Raumlufttechnik abzuschalten, ohne Klimaverletzungen befürchten zu müssen. Seit Dezember 2022 wurde die RLT täglich um 18 Uhr abgeschaltet. Bis zu 13 Stunden wurde die Luft nicht bewegt, was jedoch keine Auswirkungen auf die Klimastabilität in der Dauerausstellung hatte. Ein bahnbrechender Erfolg, der gelingt, wenn Fachpersonal 24 Stunden, sieben Tage die Woche das Klima überwacht.

Die Erkenntnisse des Monitorings in der Dauerausstellung dienen seither als Orientierung für temporäre Ausstellungen im Museum. Nicht selten

„INNERHALB DIESES ZEITRAUMS ERREICHTE DIE TEMPERATUR MEHRFACH DEN GRENZBEREICH DER KONSERVATORISCHEN VORGABE (>26°C). “

verlangen die Leihverträge anderer Kultureinrichtungen jedoch höhere Standards, die eine Anpassung von Grenzwerttemperaturen nicht zulassen. In diesen Fällen ist eine frühzeitige Übermittlung des Facility-Reports hilfreich. Die darin beschriebenen Grenzwerttemperaturen dienen als Diskussionsgrundlage und ermöglichen gemeinsam mit dem Leihgeber energetisch sinnvolle Leihbedingungen festzulegen.

NACHHALTIG SAMMELN

Die technische Betriebsführung im Sammlungsdepot orientiert sich an den Vorgaben der Präventiven Konservierung (vgl. hierzu John/Thiele/Trogisch, Kompendium Technik in Museen, Berlin 2023, S. 39-47).

Das Einhalten dieser Vorgaben garantiert eine Teilklimaanlage. Sie kann beheizen und/oder befeuchten. Weitere Parameter waren bauphysikalisch nicht notwendig, denn die Ingenieure setzten auf die Trägheit der historischen Mauern.

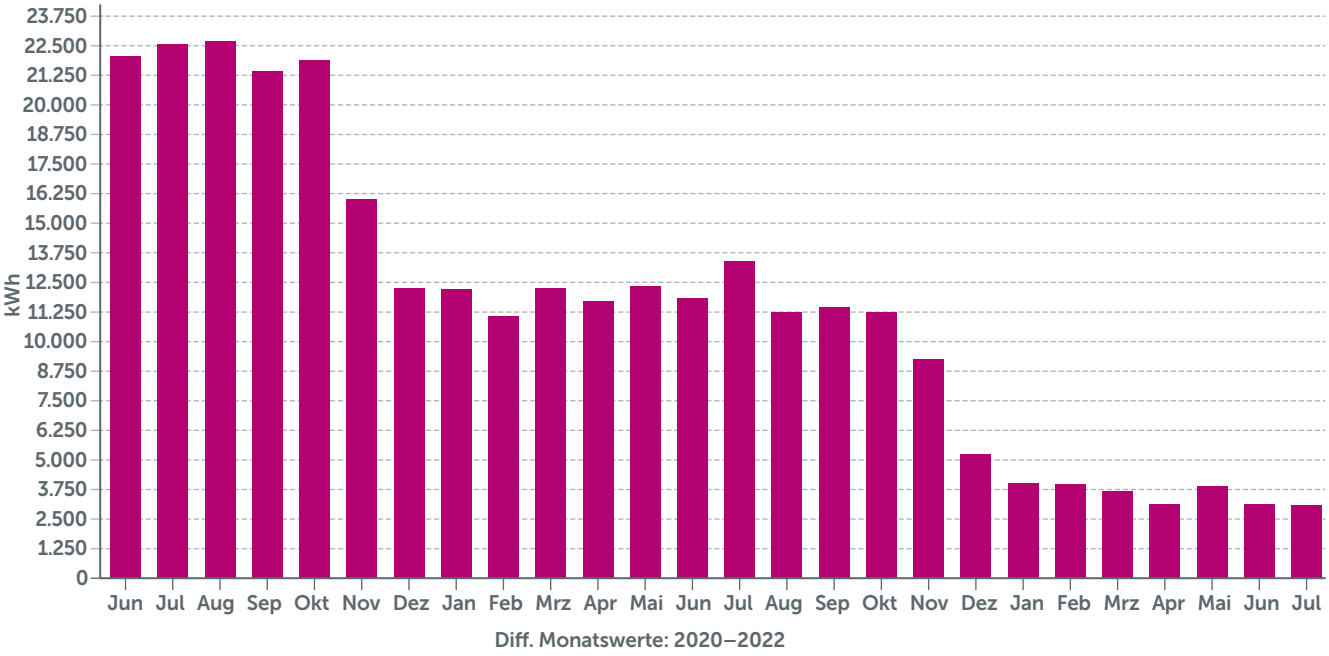
Doch entgegen der bauphysikalischen Berechnungen verbraucht die Teilklimaanlage im ganzjährigen Betrieb 90% des Stroms im Gebäude. Es lag nahe, den Schutzbetrieb auch in den Depoträumen zu erproben. Da die Anlage nicht kühlen kann und im Winter die Räume beheizt werden, beschränkt sich der Probebetrieb auf die Sommermonate. Unter der Vorgabe von Grenzwerttemperaturen (im Winter 14°C, im Sommer 26°C bei ganzjährig 50% r.F.) wurde die Anlage von Mitte Mai bis Mitte Oktober komplett abgeschaltet.

Innerhalb dieses Zeitraums erreichte die Temperatur mehrfach den Grenzbereich der konservatorischen Vorgabe (>26°C).

Dagegen bewegte sich die Feuchtigkeit trotz abgeschalteter Teilklimaanlage konstant um die 50% r.F. Die Raumfeuchte blieb im gemessenen Zeitraum sogar stabiler als in den Monaten zuvor.

ENERGETISCHE BILANZ

Der Probebetrieb in Dauerausstellung und Depot ließ sich reibungslos auf weitere RLT-Anlagen im Museum des Hauses der Bayerischen Geschichte übertragen. Deren Steuerung konnte größtenteils unabhängig von konservatorischen Vorgaben erfolgen und war nicht selten allein an die Raumnutzung geknüpft. So beeinflussen beispielsweise der Auf- und Abbau von Ausstellungen, Gruppenführungen, Veranstaltungen, Workshops, der Betrieb im Wirtshaus aber auch die Arbeitsstättenrichtlinien das Raumklima. Ungeachtet dieser Einflüsse



▾ ANLAGENLEISTUNG der Dauerausstellung

© Haus der Bayerischen Geschichte, Auszug GLT

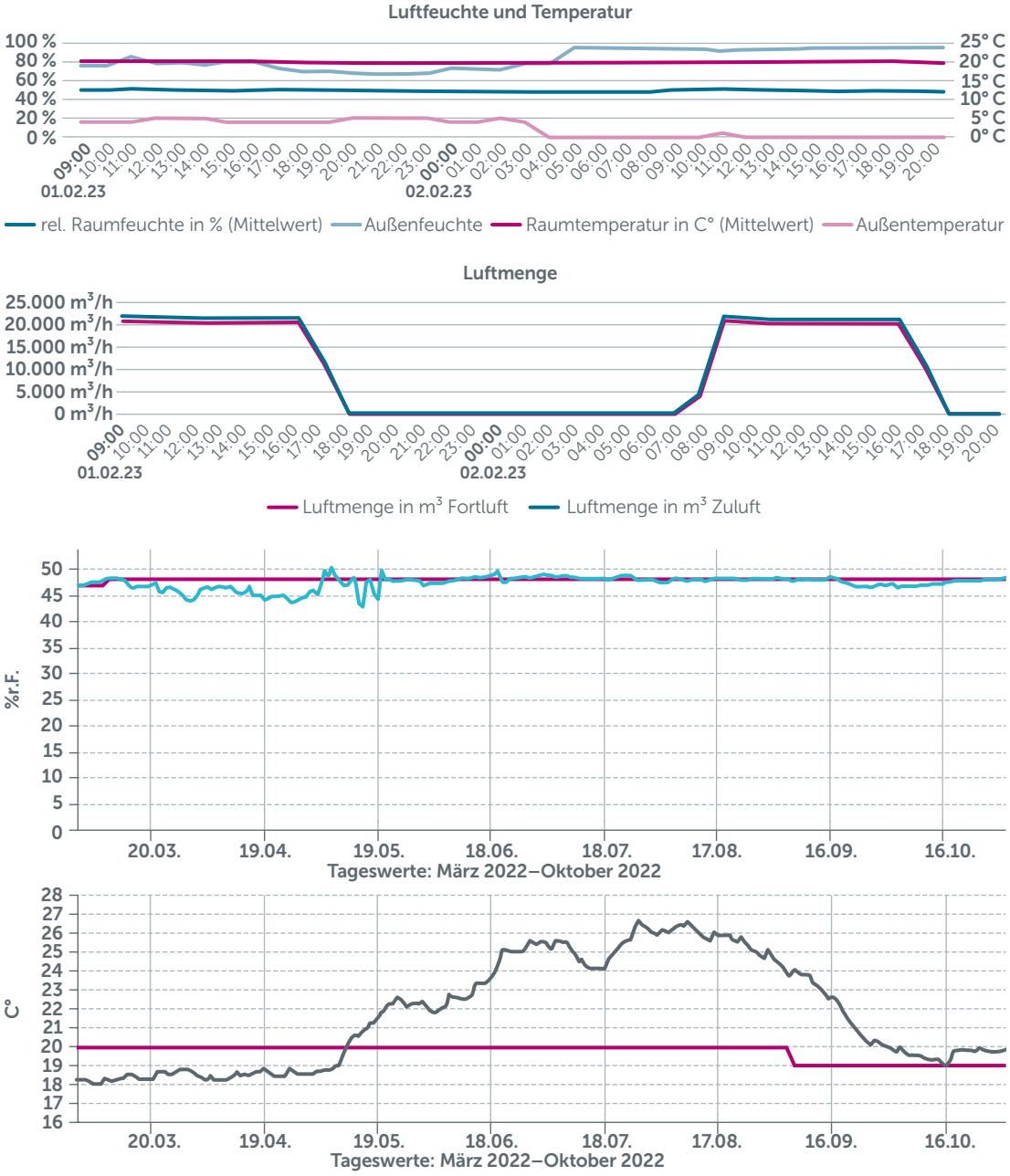
führte das Monitoring der GLT zu vorzeigbaren Ergebnissen. Auf jede RLT sind nutzungsspezifische Steuerungsabläufe abgestimmt, die die Anlagen energiesparend führen lassen.

AUSBLICK

Nachhaltigkeit und Klimaneutralität sind am Museum des Hauses der Bayerischen Geschichte mess- und dadurch nachweisbar.

Ein Museum, dass seine Raumlufttechnik trotz Besucherverkehr weniger als umgerechnet acht Monate im Jahr einschaltet, kann in Sachen Klimaneutralität auch langfristig international mithalten. Trotzdem stecken wir uns in Regensburg neue Ziele: Denn obwohl die Technikzentralen größtenteils mit Ökostrom aus Wasserkraft laufen, möchte das Haus der Bayerischen Geschichte seinen eigenen Strom produzieren.

Die dauerhafte Selbstversorgung der drei Museumsgebäude mit regenerativer Energie wird demnach der nächste Meilenstein auf dem Weg zum Grünen Museum.



◂ RAUMKLIMATISCHE MESSUNGEN
in der Dauerausstellung, Auszug im Zeitraum Januar-Februar 2023
© Haus der Bayerischen Geschichte

◂ DEPOT, EBENE 1
Klimamessdaten von März bis Oktober 2022
© Haus der Bayerischen Geschichte, Auszug GL