

## Ein Low-Tech-Magazin für die Funde aus der Römerzeit

### Die Aufgabe

Seit ihrer Gründung kennen Museumssammlungen, Magazine und Archive immer nur eine Bewegungsrichtung: Sie wachsen. Wurde ein Kulturgut, sei es ein archäologischer Fund, ein Museumsobjekt oder ein schriftliches Zeugnis der Vergangenheit, einmal als historisch und wertvoll eingestuft, behält es diesen Status für immer. Kein Museumsleiter und kein Archivar würden jemals einem Objekt den erhaltungswürdigen Zustand wieder aberkennen. Auf der anderen Seite werden jedoch jedes Jahr den Sammlungen neue erhaltenswerte Objekte hinzugefügt<sup>1</sup>. Zugleich liegen die Wurzeln vieler Sammlungen und Archive weit in der Vergangenheit; viele der Magazine und Archive sind veraltet und entsprechen nicht mehr den modernen konservatorischen Anforderungen.

Seit der Verabschiedung der Charta von Venedig im Jahr 1964, aber insbesondere in den letzten zwei Jahrzehnten ist die wissenschaftliche Erforschung und Dokumentation der konservatorisch optimalen Erhaltungskonditionen von Kulturgut erheblich vorangeschritten. Restauratoren haben die bestmöglichen Erhaltungsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit etc.) für verschiedene Objektgattungen definiert. Da die meisten musealen Sammlungen aus Objekten ganz unterschiedlicher Materialien bestehen, mussten auch die Anforderungen an das Raumklima im Magazin immer differenzierter betrachtet werden.

Der daraus entstehende Konflikt tritt sehr schnell bei den Planungsbesprechungen für einen Magazinneu-

01 Die neue Dienststelle des LVR-Archäologischen Parks Xanten. Rechts der Verwaltungstrakt, links das Magazin für die archäologischen Funde. (Foto: Axel Thünker DGPh)





02 Das neue Dienststellengebäude in der Bauphase. Das Fundmagazin ist durch seine geschlossene Bauweise erkennbar

bau zu Tage: die größer werdende Sammlung benötigt mehr Raum, die Optimierung der Erhaltungsbedingungen erfordert immer höhere Technisierungsgrade im Gebäude. Dadurch steigen die Baukosten und später die Betriebskosten, welche von den verantwortlichen Trägern der Sammlung (Länder, Kommunen, Stiftungen, Universitäten, ...) nicht mehr aufgebracht werden können.

Seit der Gründung des LVR-Archäologischen Parks Xanten im Jahr 1973 waren Büros, Personalräume, Werkstätten, Lager und Magazine immer provisorisch in verschiedenen Gebäuden im Umfeld des Parkgeländes untergebracht. Mit der Entscheidung zum Neubau eines Verwaltungsgebäudes mit integrierten Werkstatträumen, Lagerräumen und Magazin im Jahr 2012 (Abb. 1) trat genau dieser oben beschriebene Konflikt in den Fokus der Planenden: durch die kontinuierlich weitergeführte Ausgrabungstätigkeit werden immer neue Funde dem Magazin zugeführt. Durch die immer weiter verbesserte Grabungsmethodik müssen zudem vermehrt empfindlichere Funde eingelagert werden (z.B. organische Überreste anstatt lediglich Steine und Scherben) und zugleich stand die Forderung nach einer sehr feinfühlig geregelten Klimatisierung der Magazine im Raum.

Im Verlauf der Planungsbesprechungen wurde das Anforderungsprofil an den Magazinbau zum einen kritisch hinterfragt, zum anderen aber auch diffe-

renzierter betrachtet<sup>2</sup>. Müssen alle Funde klimatisiert werden? Gibt es besonders empfindliche Funde? Gelten enge Grenzwerte für alle Fundgattungen gleichermaßen? In der Regel besteht der allergrößte Anteil der archäologischen Überreste, die bei den Grabungen gefunden werden, aus mineralischen Materialien (Tonscherben, Steine, Baukeramik und Wandputz). Diese können durchaus eine größere Bandbreite an Feuchtigkeits- und Temperaturschwankungen ohne Schäden aushalten, sofern diese nicht abrupt verlaufen, sondern sehr langsam und kontinuierlich. Mit einer Magazinfläche von ca. 1.420 m<sup>2</sup> haben diese Funde den größten Anteil des Raumbedarfs<sup>3</sup>. Lediglich ein kleinerer Teil der Sammlung benötigt sehr eng gefasste klimatische Bedingungen. Es handelt sich hierbei um ein Organik-Magazin (ca. 32 m<sup>2</sup>) für Funde aus Holz, Leder oder pflanzlichen Überresten, welche relativ feucht gelagert werden müssen, damit die Materialien nicht verspröden. Zudem gibt es ein Metall-Magazin (ca. 90 m<sup>2</sup>) für Eisenfunde, Bunt- und Edelmetalle, die ein relativ trockenes Klima benötigen, damit die Materialien nicht korrodieren. Zu guter Letzt bestand noch der Bedarf an einem Gefrier-Magazin (ca. 28 m<sup>2</sup>), um frisch geborgene archäologische Funde aus Feuchtboden-Grabungen umgehend einfrieren zu können. Nur diese letzten drei genannten Spezialmagazine erfordern tatsächlich hoch installierte Technik; allerdings macht die Grundfläche dieser drei Magazine lediglich ca. 10% der Gesamtfläche aus.



Im Magazin arbeitet in der Regel nur der Magazinverwalter, der die zu bearbeitenden Funde herausucht und den Wissenschaftlern übergibt. Bei einem Bestand von ca. 30.000 Fundkisten ist es nicht erwünscht, dass die Wissenschaftler sich selbst bedienen und dann die Kisten ggf. wieder an eine falsche Stelle zurückräumen. Diese körperliche Arbeit bedarf keiner Raumtemperatur von 21°. Für das Führen der digitalen Datenbank des Magazins genügt ein kleines, dann jedoch beheiztes Büro. Im Rahmen der Vermittlungs- und Öffentlichkeitsarbeit sollen gelegentlich Magazinführungen durchgeführt werden. In diesem Fall befinden sich 15–20 Personen für eine begrenzte Zeit (1–1½ Stunden) unter Aufsicht im Magazin.

### Der Bau

Im Laufe des weiteren Planungsprozesses wurde dann mit den beteiligten Architekten, Fachplanern, Restauratoren und Nutzern das Konzept weiter ausgearbeitet. Ungefähr 95% des Fundmaterials bestehen aus Keramik und Stein, einem Material, das moderate Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen aushalten kann. Daher wurde ein zweigeschossiger Magazinbau geplant, der weitestgehend auf Masse und Beharrung beruht. Dieses Prinzip ist von traditionellen Bauweisen in heißen Ländern bekannt. Dicke, massive Wände und massive Decken oder Gewölbe bei gleichzeitig kleinen Fensteröffnungen sorgen da-

für, dass die Hitze des Tages nur langsam in das Mauerwerk eindringt. Nachts, wenn die Temperaturen empfindlich fallen, strahlen Wände und Decken die Wärme wieder ab. Auf Grund der Masse dieser Bauteile tritt eine deutliche Reduzierung der höchsten bzw. niedrigsten Temperatur ein. Zugleich wird eine Phasenverschiebung um ca. 12 Stunden erreicht, das heißt, die Wärme kommt innen im Raum an, wenn draußen die Temperaturen bereits wieder gefallen sind<sup>4</sup>. Zudem konnten die Qualitäten eines massiven Stampflehmbaus bei der Rekonstruktion dreier römischer Handwerkerhäuser im Archäologischen Park aus den Jahren 2007 bis 2014 beobachtet werden.

Der Bodenaufbau im Magazin des LVR-Archäologischen Parks Xanten besteht aus einer 35 cm starken Stahlbeton-Bodenplatte aus wasserundurchlässigem Beton auf einer ca. 20 cm starken, verdichteten Kiespackung (Abb. 2). Zwischen der Kiespackung und der Stahlbetonbodenplatte wurde eine PE Folie eingebaut. Auf der Bodenplatte war ein 6 cm starker Verbund-Estrich geplant. Das Gebäude ist zum Erdreich hin nicht gedämmt. Die Außenwände bestehen aus 24 cm Stahlbeton, mit 10 cm Mineralwolle-Dämmung und einer vorgehängten, hinterlüfteten Plattenverkleidung. Die Decke wurde in 22 cm Stahlbeton ausgeführt, mit einer Gefälle-Wärmedämmung aus EPS mit einer Mindestdämmstärke von 12,5 cm

03 Lehmputz im Magazin. Auf dem Boden die Schienen der Rollregal-Anlage. In der Ecke das Lüftungsrohr und rechts oben Vor- u. Rücklauf der Wandflächenheizung



04 Register der Wandflächenheizung vor Aufbringen des Lehmputzes





05 Rollregal-Anlage mit roten Fundkisten. Im Hintergrund der Lehmputz und die Entrauchungsklappen.



06 Das über zwei Stockwerke reichende Großfund-Lager. An der Decke die Zuleitung zur Wandflächenheizung..

und einer darüber liegenden extensiven Dachbegrünung. Sowohl die hinterlüftete Wandverkleidung als auch die Dachbegrünung sollen verhindern, dass besonders hohe oder besonders tiefe Temperaturen unmittelbar auf die Wärmdämmung treffen.

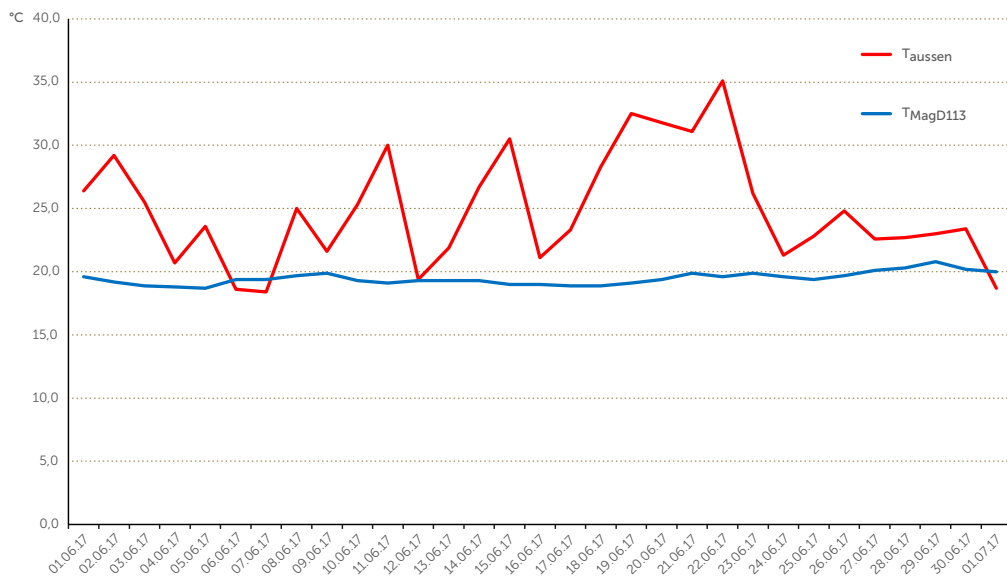
Im Inneren wurden die Wände und die Decken mit einem zweilagigen Lehmputz versehen (Abb. 3). Die Putzstärke beträgt an Decke und Wänden 25 mm. An den Außenwänden wurde zusätzlich eine Warmwasser-Wandheizung in den Putz eingebettet; hier beträgt die Putzdicke 30 mm (Abb. 4). Bei einer Grundfläche von ca. 1.420 m<sup>2</sup> stehen im Magazin insgesamt Lehmputzoberflächen von ca. 2.870 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Diese Lehmoberflächen sollen Feuchtigkeit aus der Raumluft schnell aufnehmen sowie langsam wieder abgeben können und damit das Raumklima stabilisieren.

Aus raumklimatischen Gründen wurden möglichst große Raumeinheiten gefordert; aus Brandschutzgründen dagegen möglichst kleine. Als Kompromiss wurde das Magazin in fünf Einheiten für Kleinfunde und ein Palettenlager für größere Steine eingeteilt. Die Wände besitzen grundsätzlich keine Fensteröffnungen (mit Ausnahme der höher beheizten Lager-

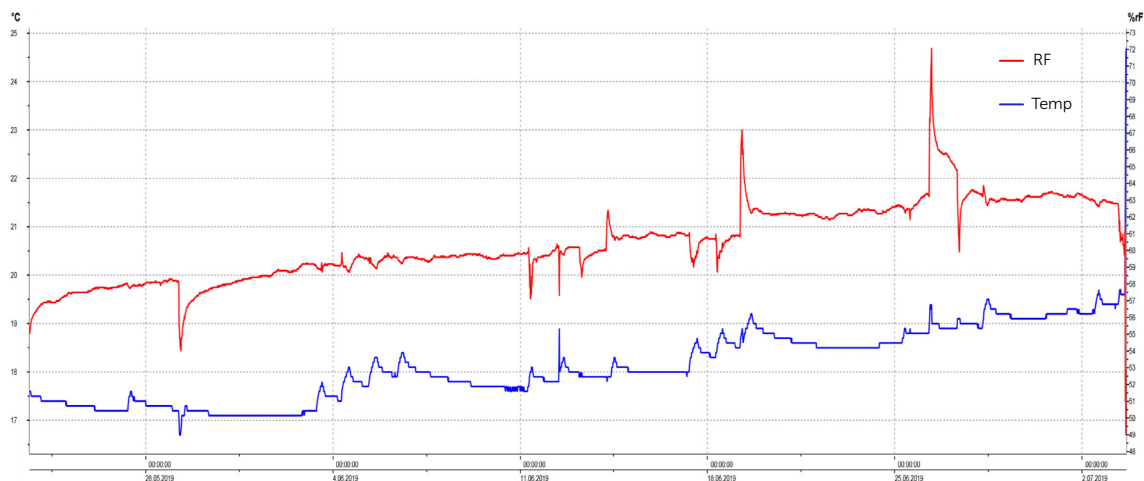
büros) jedoch eine Reihe von Entrauchungsöffnungen, die im Rahmen des Brandschutzkonzeptes gefordert wurden. Für die geringe Nutzeranzahl wurde festgelegt, dass eine Lüftungsanlage lediglich für die hygienische Mindestluftwechselrate sorgen muss. Manche Bereiche des Magazins werden mitunter längere Zeit nicht betreten, wenn keine Funde aus diesem Bereich benötigt werden. Die Lüftungsanlage wurde so konzipiert, dass sie einen Abgleich von Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Innenluft und der Außenluft vornimmt. Sollten die Bedingungen der Außenluft günstiger sein, als die der Innenluft, wird den Räumen Außenluft zugeführt.

Die Inneneinrichtung besteht überwiegend aus einem elektrisch angetriebenen Rollregal-System (Abb. 5). Dieses wurde so programmiert, dass es abends nach Ende der Benutzungszeit automatisch in eine Grundstellung fährt, bei der zwischen den Regalen ein gleichmäßiger Abstand entsteht. So sind alle Fundkisten luftumspült und es bilden sich keine „toten Ecken“. Im Bereitstellungs- und dem Schaumagazin wurden feste Regale verbaut. Im Stein-Magazin wurden palettenfähige Hochregale installiert (Abb. 6).

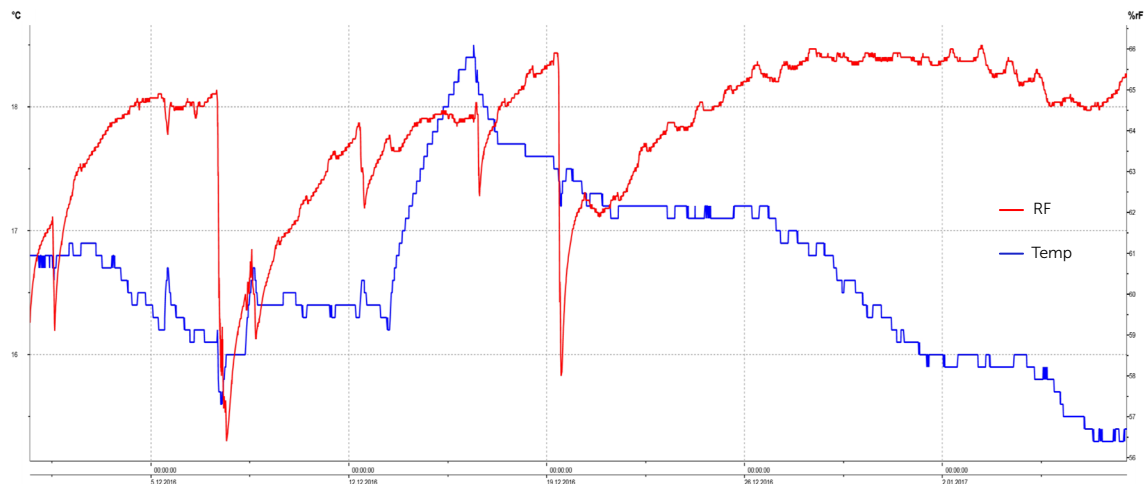
07 Verlauf der Tageshöchsttemperatur der Wetterstation Tönnisvorst im Vergleich zur Innentemperatur im Magazin vom 01.06. bis zum 01.07.2017



08 Temperatur und Feuchtigkeit vom 23.05.2019 bis zum 03.07.2019 im Magazin D113 (Datalogging: Peter Becker).



09 Temperatur und Feuchtigkeit vom 30.11.16 bis zum 08.01.2017 im Magazin D113 (Datalogging: Peter Becker).





### Das Ergebnis

Die gewählte Bauart hat grundsätzlich alle an sie gestellte Anforderungen erfüllt. Im Magazin wurden an verschiedenen Stellen Datenlogger installiert, die unabhängig von den Mess-Fühlern der Lüftungssteuerung tatsächliche Ist-Werte von Temperatur und Feuchtigkeit in den einzelnen Räumen ermitteln. Die Temperatur folgt, mit einer Phasenverschiebung und in deutlicher Reduzierung, dem Aussenklima. Am 22. Juni 2017 wurde einer der heißesten Tage in der Region mit 35,1° C gemessen<sup>5</sup>. Die Temperatur hatte sich in den Tagen davor kontinuierlich gesteigert. Am folgenden Tag wird der Temperaturanstieg durch ein Gewitterereignis beendet. Die Temperatur fiel bis zum 24. Juni um 13,8° auf 21,3°C. Die Temperatur im Magazin steigt trotz der starken Hitze draußen nur um ca. 2° C an und zeigt dabei eine merkliche Phasenverschiebung. Die höchste Innentemperatur wird am 29.06. mit 20,8°C erreicht, eine Woche nach dem starken Hitzeereignis (Abb. 7). Danach beginnt auch die Temperatur im Gebäude wieder zu fallen.

Ein ähnliches Verhalten zeigt sich grundsätzlich auch im Winter, wobei hier einige Unterschiede zu beachten sind. Zum einen beginnt die Wandflächenheizung ab einer Außentemperatur von ca. 18°C zusätzlich Wärme in das Magazin zu bringen und somit gegen die fallenden Temperaturen anzuarbeiten. Die Wandflächenheizung wird mit einer Vorlauftemperatur von

25°C beschickt und kann damit in der Regel eine Raumtemperatur von ca. 18° halten, nach einer Reihe von sehr kalten Tagen kann die Temperatur auf 14°C absinken. Gefordert war, eine Minimaltemperatur von 11°C nicht zu unterschreiten, wobei dieser Wert auf Grund gesetzlicher Vorgaben so gewählt wurde (EnEV). Mit den derzeit erreichten 14° Mindesttemperatur, die jedoch tatsächlich nur an wenigen Tagen vorherrscht, ist eine gute Lösung erzielt worden.

Auch die Luftfeuchtigkeit bewegt sich inzwischen innerhalb der geforderten Grenzwerte. Die feinfühligsten Messgeräte der Restauratoren zeichnen kurzfristigen Spitzen auf, wenn Tore zur Einlagerung neuer Fundstücke oder Abtransport von Leihobjekten für Ausstellungen geöffnet werden, oder wenn am frühen Morgen die Lüftung manuell in Betrieb genommen wird. Im beigefügten Schaubild (Abb. 8) ist der Zeitraum vom 23.05. bis zum 03.07.2019 abgebildet. Die Außentemperaturen sind im späten Frühjahr bereits merklich wärmer geworden, die wärmere Luft kann schon mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Die Temperatur im Magazin liegt bei 17–18°C und erwärmt sich allmählich. Wenn nun die absolute Wassermenge in der Außenluft unter der Wassermenge in der Raumluft im Magazin liegt und die Luftfeuchtigkeit im Magazin verhältnismäßig hoch ist, soll die Lüftungsanlage automatisch einen gezielten Luftwechselprozess starten. Im Diagramm ist dies in den Morgenstunden des

10 Magazin D113 während der Bauphase. Auf dem Boden befindet sich eingedrungenes Regenwasser.



29.05 zu sehen. Mit der kurzzeitigen Lüftung sinkt die Temperatur von 17,5° auf 16,5° und die relative Luftfeuchte von 58,5% auf 54%. Während die Temperatur, auf Grund der Masse der Bauteile sofort wieder auf den alten Wert zurückkehrt, ist im Verlauf der Luftfeuchtigkeit eine deutliche Kurve zu sehen, die erst nach zwei Tagen wieder den alten Wert erreicht. Dies führen wir auf die Pufferwirkung des Lehmputzes zurück.

Im selben Diagramm ist am 26.06. eine weitere Besonderheit zu sehen. Hier wurde tagsüber eine Tür nach draußen geöffnet, um Fundstücke transportieren zu können. Sofort dringt die warme, mit Wasser angereicherte Luft in das Gebäude und wird dort durch die vorhandene Raumluft und Bauteil-Masse abgekühlt. Die gemessene Temperatur steigt nur um ein halbes Grad, die Luftfeuchtigkeit steigt jedoch rapide auf 72%. Sie fällt unmittelbar danach wieder bis auf ca. 67% ab, sobald sich die Feuchtigkeit im gesamten Raum verteilt hat. Auch hier zeigt sich dann die abpuffernde Wirkung des Lehmputzes, der die Feuchtigkeit aufnimmt. Die Feuchtigkeitskurve sinkt weiter in einem langsamen Tempo. Am nächsten Morgen wurde weiterhin eine zu hohe Luftfeuchtigkeit registriert und die Lüftungsanlage hat – im Abgleich der Konditionen der Innenluft mit der Außenluft – Frischluft zugeführt (Spitze nach unten). Auch danach wird die Kurve wieder durch die Speicherkapazität des Lehmputzes abgepuffert.

### Die Fehler

Fehler sind dazu da, dass man sie macht – aber bitte nur einmal! Deshalb sollen an dieser Stelle auch zwei Punkte dargestellt werden, die bei einem zukünftigen Bauvorhaben mehr Beachtung finden sollen.

Zunächst wurde die Baufeuchte nicht ausreichend berücksichtigt. Die massive Betonkonstruktion wurde aus WU-Beton in der Bodenplatte und bis auf einen Meter Höhe ausgeführt. Da sich in den Wänden der Magazinräume nur wenige und kleine Öffnungen (Rauchabzugsklappen) befanden, war der Luftaustausch in der Trocknungsphase des Rohbaus sehr gering (Abb. 10). Hinzu kam noch Feuchtigkeit durch das Einbringen des Lehmputzes. Die später im Bauprozess eingebaute Lüftungsanlage war nur für den Mindestluftwechsel dimensioniert; sie konnte den Trocknungsprozess nicht beschleunigen. Die Feuchtigkeit in den Magazinen blieb zunächst sehr hoch, so dass im September 2016 nur die Verwaltung und die Wissenschaftler ihre neuen Büros beziehen konn-

ten. Das Fundmaterial wurde im alten Magazin belassen. Das neue Magazin sollte nochmals über einen Winter mit Hilfe der kalten Außenluft und gezielten manuellen Lüftungsaktionen an einzelnen trockenen, kalten Tagen durch Öffnen der Entrauchungsklappen getrocknet werden. Dies führt zwar kurzfristig zu einem deutlichen Abfall der Raumluftfeuchte, nach kurzer Zeit haben jedoch die Bauteile wieder Feuchtigkeit abgegeben. Deshalb wurden zusätzlich in den Magazinräumen Entfeuchtungsgeräte aufgestellt, die in den Zeiten, in denen die Öffnungen verschlossen bleiben sollen, die Entfeuchtung vorantrieben.

In diesem Zusammenhang wurde erst bewusst, dass auch die einzulagernden Keramikmaterialien, die aus verschiedenen unbeheizten, nicht isolierten Lageräumen in das neue Magazin umziehen sollen, eine zusätzliche Menge an Feuchtigkeit mitbringen werden. Das beteiligte Fachbüro hat eine absolute Wassermenge von weiteren 13.000 l, eingelagert in die Keramikscherben, Ziegel und Steindenkmäler geschätzt<sup>6</sup>. Der Umzug des Magazinguts begann dann erst ein halbes Jahr später, ab März 2017. Doch auch zu diesem Zeitpunkt war weder das einzulagernde Fundmaterial noch die Baukonstruktion auch nur annähernd ausgetrocknet, allerdings war schon eine deutliche Verbesserung der Werte gegenüber dem Herbst 2016 messbar. Die großen Magazine wurden noch ein Jahr lang nach dem Bezug mit zusätzlichen Geräten entfeuchtet. In aller Regel besteht bei derartigen Bauvorhaben großer Zeitdruck, weil die alten Gebäude abgerissen werden müssen, Provisorien angemietet wurden oder Nachmieter einziehen wollen. Dieser Zeitdruck ist für eine ausreichende Entfeuchtung des Magazinbaus vor dem Umzug der Objekte sehr problematisch. Da das alte Magazin des Archäologischen Parks abgerissen werden sollte und an dieser Stelle unmittelbar keine weiteren Vorhaben geplant waren, konnte der Umzug der Objekte um das Winterhalbjahr hinausgezögert werden. Dies war für die Trocknung der Räume äußerst vorteilhaft.

Eine weitere Schwachstelle in diesem Bauprojekt war die technische Regelung der Lüftungsanlage. Gemäß der Planung sollte eine sehr klein dimensionierte Lüftungsanlage die Mindestluftwechselrate sicherstellen. Zudem sollte die Lüftungsanlage die Möglichkeit bieten, den Magazinräumen immer dann Frischluft zuzuführen, wenn die Außenluftkonditionen günstiger sind als die Konditionen der Raumluft. So wurde im Herbst und im Frühjahr umfänglich gelüftet und im

Sommerhalbjahr in den Morgenstunden der heißen Tage kalte und frische Außenluft in das Magazin geleitet um dort die Raumluft abzukühlen und den Feuchtigkeitsgehalt zu reduzieren. In den ersten beiden Betriebsjahren stellte sich jedoch schnell heraus, dass die Anzahl der verbauten Messfühler und die Qualität der Lüftungsanlagen-Steuerung für diese Prozesse nicht ausreichten. Lediglich eine Messstelle für die Temperatur und die Luftfeuchte im Hauptabluftrohr kann die Steuerung eines U-Förmigen Gebäudekomplexes mit Südfassaden, Nordfassaden, Bürobereichen und fensterlosen Magazinräumen nicht leisten. Deshalb wurden die Lüftungsprozesse in den ersten Jahren manuell durch die Mitarbeiter der Haustechnik durchgeführt. Jeden Morgen wurden die Temperatur- und Feuchtigkeitswerte der Innen- und der Außenluft abgeglichen und dann manuell für eine halbe oder eine ganze Stunde der Lüftungsprozess durchgeführt. Im Diagramm vom 30.11.2016 bis zum 8.1.2017 (Abb. 9) ist zu erkennen, dass die Raumluftfeuchte bei ungefähr 64% liegt. Am 7.12.2016 wurde manuell kalte Außenluft zugeführt. Während die Raumlufttemperatur lediglich um etwas mehr als 1° absank, konnte die Raumluftfeuchte auf weniger als 57% gedrückt werden. Dieser Vorgang wurde in unregelmäßigen Abständen in den folgenden Tagen wiederholt. Ab dem 13.12.2016 wurde zudem mit der Wandflächenheizung dem Magazin zusätzlich Wärme zugeführt. Diese Erfahrung zeigt, dass ein niedriger Installationsgrad in dem auf Masse und Speicherkapazität ausgerichteten Magazin zwar eine geringe Anzahl an Lüftungsrohren und gering dimensionierte Lüftungsgeräte bedeuten kann, keinesfalls jedoch an der Anzahl der Messfühler im Gebäude und der Lüftungssteuerung gespart werden sollte.

### Das Fazit

Grundsätzlich sind die Erfahrungen aus dem Bau des Magazins positiv zu bewerten. Der Gedanke, einen Magazinbau mit dem Prinzip der Schwerfälligkeit durch Masse zu planen ist auf jeden Fall richtig, sofern es die Art der einzulagernden Museumsobjekte zulässt. Die Kombination der massiven Betonwände zur Temperaturregulierung und des Lehmputzes zur Feuchtigkeitsregulierung funktioniert heute, vier Jahre nach Umzug des Museumsguts, hervorragend. Wenn im Planungsprozess die notwendige Zeit der Trocknung und die Investitionen in eine umfassende und feinfühligere Lüftungssteuerung berücksichtigt werden, kann diese Bauweise uneingeschränkt weiterempfohlen werden.

### Fussnoten

- 1 Diese Gedanken stammen aus einem Vortrag von Dr Joachim Huber, Co-Geschäftsführer der Fa. Prevert GmbH, Winterthur, im Kongress, Das grüne Museum, 18.10.2017 in Köln.
- 2 Vergl.: Joachim Huber und Karin von Lerber: Unbezahlbare Depots für Kulturgut? – Ein langfristig angelegtes Kostenbewusstsein in Museen ist gefragt. In: Museum Aktuell, Juli 2008, S. 8-9.
- 3 Alle Grundflächen beziehen sich auf die reinen Nutzflächen ohne Berücksichtigung der Konstruktionsflächen, Nebenflächen und Verkehrsflächen)
- 4 Efat Hamza und Shlomit Paz: The Traditional Arab House in the Eastern Mediterranean and its Adaptation to the Mediterranean Climate. In: Geographical Research, Vol. 54, Issue 1, S. 72-85.
- 5 Die Außentemperatur-Daten wurden von der Wetterstation Tönnisvorst übernommen, ca. 35 km Luftlinie von Xanten. Für Xanten werden die Wetterdaten nicht kontinuierlich archiviert.
- 6 Eine exakte Berechnung ist auf Grund der unregelmäßigen Geometrie der Bruchstücke und der völlig unterschiedlichen Wasseraufnahmekapazität der nicht genormten Baustoffe nur mit unverhältnismäßigem Aufwand möglich.

### Fotonachweis

Wenn nicht anders vermerkt, alle Fotos sind vom Autor.

### Kontaktangaben

Web: [apx.lvr.de](http://apx.lvr.de)

E-Mail: [peter.kienzle@lvr.de](mailto:peter.kienzle@lvr.de)