



Optimierung von Konservierungsmet hoden

**Das Problem des
Feuchtigkeitsungleichgewichts in
historischen Gebäuden**

Optimierung von Konservierungsmetho den

Das Problem des
Feuchtigkeitsungleichgewichts in
historischen Gebäuden

Optimierung von Konservierungsmet hoden

Das Problem des
Feuchtigkeitsungleichgewichts
in historischen Gebäuden

Wojciech Eckert, Paweł
Filipowicz, Grzegorz
Młynarczyk,
Włodzimierz Pedrycz,
Bogumiła J. Rouba

Wissenschaftliche Redaktion
Bogumiła J. Rouba



Nationales Institut
für Kulturerbe

60
LAT M I S J I

Herausgeber

Nationales Institut für Kulturerbe ul.
Mikołaja Kopernika 36/40
00-924 Warszawa
nid.pl

Rezensenten

Dr. Barbara Bielinis-Kopeć
Dr. hab. Monika Bogdanowska M.A.
Ing. Arch. Beata Piaskowska

Herausgabekoordinator

Tomasz Błyskosz

Leitende Redakteurin

Maria Wierchoś

Redaktion und Korrektur

Bogumiła Pilch

Grafische Gestaltung

Piotr Berezowski

Umschlaggestaltung

Izolda Bączkowska

Fotos

1a, 1b, 1c, 2a, 3a, 6a – Józef Piotr Nogieć
1d, 1e, 1f, 1g, 3b, 4c, 5a, 5b, 5c, 5d, 6b – Włodzimierz Pedrycz 2b, 4a, 6c,
7b, 7c – Grzegorz Młynarczyk
2c, 4b – Wojciech Eckert 8, 9
– Paweł Filipowicz

Zeichnungen

Paweł Filipowicz

Finanziert aus Mitteln des Ministers für Kultur und nationales Erbe



Ministerium für Kultur
und des nationalen Erbes

ISBN: 978-83-67381-07-9

Warschau 2022

Inhaltsverzeichnis

Einleitung | 9

Kapitel 1. Ursachen für Feuchtigkeitsungleichgewichte in historischen Gebäuden | 13 **Kapitel 2.**

Traditionelle Methoden zum Schutz historischer Gebäude vor Feuchtigkeit | 19 **Kapitel 3.**

Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen und Begehungen vor Ort | 25

- 3.1. Begründung und Prämissen der Vor-Ort-Begehungen | 25
- 3.2. Allgemeine Beschreibung der Untersuchungen und Vor-Ort-Begehungen | 26
- 3.3. Ergebnisse der Untersuchung | 27
 - 3.3.1. Feuchtigkeitsschutz | 28
 - 3.3.2. Wandflächen | 28
 - 3.3.3. Wärmedämmung | 29
 - 3.3.4. Regenwasserableitung | 30
 - 3.3.5. Geländegestaltung | 30
 - 3.3.6. Raumklima | 31
 - 3.3.7. Dokumentation | 31
- 3.4. Zusammenfassung der Feldarbeiten | 32

Kapitel 4. Analyse der angewandten technischen Lösungen und der Dokumentation hinsichtlich der Wirksamkeit und der Folgen der Mauerentfeuchtung | 35

- 4.1. Diagnose des Feuchtigkeitszustands vor Beginn der Entfeuchtungsarbeiten | 35
- 4.2. Durchführung, Dokumentation und Überwachung der Ausführungsarbeiten | 35
- 4.3. Wirksamkeit der Entfeuchtungsmethoden und -arbeiten in der Denkmalpflegepraxis | 38
- 4.4. Folgen der durchgeführten Entfeuchtungsarbeiten und Anforderungen an den laufenden Betrieb | 39
 - 4.4.1. Erörterung der Wirksamkeit der durchgeführten Isolierungen und Entwässerungen in den untersuchten Objekten | 39
 - 4.4.2. Unzureichende Diagnose | 40
 - 4.4.3. Angewandte Methoden | 41

Kapitel 5. Diagnostische und umsetzungstechnische Korrektheit bei der Bekämpfung von Feuchtigkeitsungleichgewichten | 43

- 5.1. Entscheidungsprozess bei der Diagnose und Durchführung von Entfeuchtungsarbeiten | 43
- 5.2. Korrektheit des Vorgehens im Lichte des *Baugesetzes* und des Gesetzes über den Denkmalschutz und die Denkmalpflege (uoozonz) | 44

- 5.3. Allgemeine Verhaltensregeln für Objekte, die einer Entfeuchtung bedürfen | 45
- 5.4. Folgen der gängigen Methoden | 46
- 5.4.1. Systemische Risiken | 46
- 5.4.2. Kulturelle Risiken | 46
- 5.4.3. Technische Risiken | 52

Kapitel 6. Schlussfolgerungen, Empfehlungen, Standards | 57

- 6.1. Schlussfolgerungen und Empfehlungen | 58
- 6.1.1. Zur Vorbereitung und Durchführung der Arbeiten | 58
- 6.1.2. Zur Nutzung und zum Erscheinungsbild der Anlage | 59
- 6.2. Hinweise und Empfehlungen | 59
- 6.2.1. Ordnungsgemäße Nutzung | 59
- 6.2.2. Korrektheit der Maßnahmen des Bauherrn und der Bauausführung bei Feststellung von Feuchtigkeit | 59
- 6.2.3. Empfehlungen für nicht-invasive Methoden zur Aufrechterhaltung des Feuchtigkeitsgleichgewichts des Objekts | 61
- 6.3. Geforderte Standards | 62
- 6.3.1. Dokumentationsstandard | 62
- 6.3.2. Standard für Feuchtigkeitsuntersuchungen | 64

Zusammenfassung | 65

Anhang Nr. 1. Muster für die Methodik zur Untersuchung der Ursachen von Feuchtigkeit | 69

Anhang Nr. 2. Ergebnisblätter zu Feuchtigkeitsmessungen in den untersuchten Objekten | 83
(online verfügbar)

Anhang Nr. 3. Muster einer Felderkundungskarte | 84

Anhang Nr. 4. Felderkundungsbögen der untersuchten Objekte | 85 (online verfügbar)

Anhang Nr. 5. Praktische Hilfe für den Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft –
Aufgabenplan | 86

Begriffsverzeichnis | 91

Wer sein Land liebt, liebt auch dessen Vergangenheit. Die Liebe zur nationalen Vergangenheit wurde in uns von den großen, unsterblichen Dichtern geweckt. Was sind Denkmäler denn anderes als sichtbare Zeichen der Vergangenheit?

Kunst- und Kulturdenkmäler verbinden die Vergangenheit mit der Zukunft, zeugen von der Geschichte der Menschheit, erzählen uns von den Taten unserer Vorfahren, von ihrem Leben, ihren Bestrebungen und Vorlieben.

Denkmäler stellen ein geistiges Erbe dar, sie sind Zeugnisse der nationalen Kultur und Belege für ihre individuellen Merkmale, schließlich eine Quelle von Impulsen für die Entwicklung der Kunst sowie eines der wichtigsten Mittel der historischen und nationalen Erziehung.

Denkmäler sind ein wertvolles Gut der gesamten Nation. Keine einzige Generation hat das Recht, sich als deren alleiniger Eigentümer zu betrachten. Sie ist lediglich ihr vorübergehender Verwalter.

Deshalb liegt die Sorge um die Erhaltung der Kunstwerke vergangener Epochen, die sowohl aus der Liebe zum Heimatland und seiner großen Vergangenheit als auch aus dem der menschlichen Seele innewohnenden Sinn für das Schöne entspringt, heute jeder kultivierten Gesellschaft am Herzen. Überall sehen wir den Grundsatz an vorderster Stelle stehen: Es ist unsere Pflicht, dafür zu sorgen, dass wir die bestehenden Denkmäler der Nachwelt in einem möglichst unversehrten Zustand übergeben.

*Denkmalschutz und Denkmalpflege, Verlag des
Ministeriums für Kunst und Kultur, Warschau 1920*

Einleitung

Beobachtungen aus der Denkmalpflegepraxis und vor allem die Erfahrungen des Ministeriums für Kultur und nationales Erbe, das Mittel für Arbeiten an historischen Gebäuden bereitstellt, lieferten seit einiger Zeit beunruhigende Anzeichen. Die enorme Anzahl von Objekten, für die der Bedarf an Entfeuchtungsarbeiten gemeldet wurde, zeigt, dass das Problem der Feuchtigkeit in historischen Gebäuden eine der häufigsten Ursachen für deren Zerstörung ist. Gleichzeitig sind Fälle, in denen bereits wenige Jahre nach der Durchführung umfangreicher Maßnahmen erneut Mittel für Entfeuchtungsarbeiten beantragt wurden, ein Signal dafür, dass es gerechtfertigt ist, zu untersuchen, von welchen Faktoren und den angewandten Methoden die Wirksamkeit von Entfeuchtungsmaßnahmen abhängt.

Auf diese Weise entstand das Konzept des vom Nationalen Institut für Denkmalpflege ins Leben gerufenen Programms **„Optimierung der Konservierungsmethoden“**, dessen Bestandteil der Schutz von Baudenkmalern vor den negativen Auswirkungen von Feuchtigkeit ist.

Das Ziel des Programms wurde wie folgt definiert:

„Unterstützung der Konservierungsdienste sowie der Betreuer von Architektur- und Baudenkmalern bei der Optimierung der Anwendung und Auswahl der am besten geeigneten Methoden zur Erkennung und Diagnose der Ursachen von Feuchtigkeit in Denkmälern sowie zur Trocknung von Architektur- und Baudenkmalern, ebenso wie bei der korrekten Dokumentation der durchgeführten Arbeiten“.

Die angestrebten Ergebnisse des Programms wurden ebenfalls definiert:

„Als Ergebnis des Programms werden Empfehlungen für die Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaften sowie für Eigentümer und Verwalter von Architektur- und Baudenkmalern zu verschiedenen Methoden der Gebäudetrocknung im Denkmalschutz erarbeitet...“.

Bei der Ausarbeitung der Programmziele wurde beschlossen, eine Gruppe von Objekten auszuwählen, an denen zwischen 2008 und 2011 Entfeuchtungsarbeiten durchgeführt wurden, um nach Ablauf von ca. 10 Jahren eine Bilanz der erzielten Ergebnisse zu ziehen.

Die Mitarbeiter der Stelle, die das Programm „Kulturerbe“ des Ministeriums für Kultur und nationales Erbe mit dem Schwerpunkt 1 „Sanierung von unbeweglichen und beweglichen Denkmälern“ betreut, haben eine Liste mit 58 Objekten erstellt, bei denen die geförderten und durchgeführten Arbeiten Maßnahmen zur Entfeuchtung umfassten.

In der ersten Phase der Umsetzung des Programms hat das Nationale Institut für Kulturerbe ein Expertenteam eingesetzt, bestehend aus: Dr. habil. Ing. Wojciech Eckert, M.Sc. Ing. Arch. Paweł Filipowicz, M.Sc. Ing. Arch. Grzegorz Młynarczyk, Mgr. Ing. Arch. Włodzimierz Pedrycz sowie Prof. Dr. hab. Bogumiła J. Rouba als Gesamtberaterin. Seitens des Nationalen Instituts für Kulturerbe fungierte Mgr. Ing. Arch. Paweł Filipowicz als Koordinator der Aufgabe.

Aus praktischen und finanziellen Erwägungen heraus, aber auch in Anbetracht der Tatsache, dass ein erstes Programm dieser Art weder zu eng gefasst noch übermäßig umfangreich sein sollte, wählten die Mitglieder des Teams 18 Objekte aus, die mehr oder weniger gleichmäßig über ganz Polen verteilt sind. Bereits während der Durchführung des Programms wurde Objekt Nr. 19 hinzugefügt, an dem zwar keine Entfeuchtungsarbeiten durchgeführt wurden, für das jedoch ein entsprechender Entwurf erstellt wurde. Die Untersuchungen sollten die Richtigkeit der vorgeschlagenen Lösungen bestätigen. Das Kriterium der Repräsentativität der einzelnen Regionen Polens führte dazu, dass in den nachfolgenden Phasen der Präzisierung der Liste nur noch Kirchen darauf verblieben und weltliche Objekte, die ursprünglich ebenfalls in die Untersuchungen einbezogen werden sollten, gestrichen wurden. Die Autoren gingen jedoch davon aus, dass die Untersuchung solcher komplexer Strukturen wie Kirchen viele wichtige Informationen liefern würde, während die Praxis zeigt, dass die Grundsätze des Schutzes vor Feuchtigkeitsungleichgewichten für sakrale und weltliche Objekte eigentlich dieselben sind.

Nachdem die Liste der für die Untersuchung ausgewählten Objekte festgelegt worden war, wurden Fragen formuliert, mit denen sich das Nationale Institut für Kulturerbe an die Betreiber der ausgewählten Objekte sowie an die zuständigen Denkmalschutzbehörden der Woiwodschaften wandte:

1. Welche Entfeuchtungsmethode wurde in der Anlage angewendet? Liegt eine Dokumentation der durchgeführten Arbeiten vor?
2. Wie ist der aktuelle Zustand des Objekts und wie lässt sich die Wirksamkeit der Entfeuchtung beurteilen? Ist ein Pilzgeruch wahrnehmbar? Sind an den Wänden Flecken, Verfärbungen, Spuren von abfließendem Wasser usw. zu sehen? Gibt es im Objekt keine aktiven Insektenester (erkennbar an kleinen Hügeln aus Holzmehl, das aus den Ausflugslöchern der Insekten austritt)?

Die Antworten wurden dem Programmkoordinator auf elektronischem Wege übermittelt. Das Schreiben des Nationalen Instituts für Denkmalpflege enthielt auch die Bitte, gegebenenfalls Fotos beizufügen, die den festgestellten Zustand des Denkmals dokumentieren, sowie, falls Messungen der Feuchtigkeit in den Mauern des Objekts erforderlich sein sollten, die Bitte, deren Durchführung durch einen zugelassenen Sachverständigen zu ermöglichen, vorzugsweise in Anwesenheit des Verwalters und eines beauftragten Mitarbeiters des Woiwodschaftsamtes für Denkmalschutz.

In der zweiten Phase der Programmumsetzung wurde auf der Grundlage einer eigens von Prof. Dr. Bogumiła Rouba erarbeiteten Studie *ein Untersuchungsstandard* erstellt, der es ermöglicht, den Feuchtigkeitszustand eines Objekts zu bestimmen. Anschließend wurden im Auftrag des Nationalen Instituts für Kulturerbe gemäß diesem *Standard* Messungen an allen ausgewählten Objekten durchgeführt. Die Bestandsaufnahme umfasste: eine kurze Beschreibung des Objekts, Datierung, architektonische Form, Konstruktion, Art des Baumaterials, Wandstärke, Abmessungen, Rauminhalt,

Charakteristik der Umgebung des Objekts – Art der Bodenoberfläche, Geländeneigung usw.; Messungen der Mauerfeuchte und der Höhe der Feuchtigkeitszone; eine vorläufige, visuelle Beurteilung der Versalzung der Mauern; Messungen der Höhe des Bodenniveaus im Verhältnis zur Fußbodenhöhe; Messungen der Luftparameter (Temperatur und relative Feuchte) im Innen- und Außenbereich; Messungen der Wahrscheinlichkeit von Wasserdampfkondensation; Messungen des vertikalen Temperaturgradienten; Messungen der Luftströmungsgeschwindigkeit.

Die Messungen wurden in zwei Phasen durchgeführt – die erste umfasste die Erkennung von Feuchtigkeit mit einer nicht-invasiven Methode zur Oberflächenmessung, während die zweite Phase die Durchführung invasiver Untersuchungen mittels Feuchtigkeitsmessgerät vorsah, jedoch nur in ausgewählten Objekten, deren Problematik in der ersten Phase als komplex eingestuft wurde und eine zusätzliche Ermittlung der Ursachen für die Unregelmäßigkeiten erforderte. Diese zweite Phase wurde in sechs Objekten durchgeführt.

Die Ergebnisse aller Messungen sowie die Beobachtungen und Anmerkungen des Auftragnehmers sind in **Anhang Nr. 2** enthalten.

Parallel dazu besuchten die Mitglieder des Teams innerhalb eines bestimmten Zeitraums jedes einzelne Objekt, teilweise mehrmals, um Materialien und Informationen zu sammeln (z. B. zu zuvor durchgeführten Arbeiten, Entwässerungsmaßnahmen, Blechverkleidungen, Umgebungsbedingungen, Baumbestand usw.), die anschließend in *der Karte* für jedes Objekt zusammengefasst wurden (**Anhang Nr. 4**). Diese Vorgehensweise – die wiederholten Besuche vor Ort und die Analyse des Zustands durch verschiedene Personen – ermöglichte eine größere Objektivität der Bewertungen und die Erfassung einer größeren Anzahl von Details, die für den Zustand des Denkmals entscheidend sind. Die Durchführung dieser Phase wurde jedoch durch die Covid-19-Pandemie erheblich erschwert.

Die dritte Phase der Arbeiten bestand in der Analyse und Aufbereitung der Ergebnisse sowie der Zusammenstellung der Schlussfolgerungen.

Besonders wichtig erscheint die Feststellung, inwieweit der Grad der übermäßigen Feuchtigkeit der Baudenkmal auf deren unsachgemäße Nutzung und nachteiliger Umbauten, die zu unerwarteten schädlichen physikalischen Prozessen führen, die behoben und der ursprüngliche Gleichgewichtszustand wiederhergestellt werden können, und inwieweit der Einsatz moderner, mitunter invasiver Technologien tatsächlich notwendig wird und wie die Bilanz der Vor- und Nachteile bei deren Anwendung aussieht.

Die durchgeführten Arbeiten haben einen ungenauen und unvollständigen Zustand der Ausführungsunterlagen und der dem Entscheidungsprozess über die durchzuführenden Arbeiten vorausgehenden Unterlagen offenbart, was deren Nachverfolgung und Bewertung erheblich erschwert oder gar unmöglich macht. Daher wurde versucht, die korrekte Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen zur Entfeuchtung von gemauerten Denkmälern aufzuzeigen, in dem Bewusstsein, dass alle anderen Arbeiten, die in historischen Gebäuden durchgeführt werden, ähnlichen strengen Anforderungen unterliegen sollten.

Das Programm wurde aus Mitteln des Nationalen Instituts für Kulturerbe im Rahmen der Umsetzung des Nationalen Programms für Denkmalschutz und Denkmalpflege finanziert.

Ursachen für Feuchtigkeitsungleichgewichte in historischen Gebäuden

Die Mauerwerke historischer Gebäude bestehen aus porösen Materialien. Es handelt sich dabei nicht um homogene Konstruktionen, sondern um eine Kombination von Materialien mit unterschiedlicher Porosität, z. B. Bruchstein, Ziegel und Kalkmörtel. In vielen Konstruktionen kommen zudem Hohlräume und Spalten unterschiedlicher Größe und Form vor. Poröse Materialien in Trennwänden enthalten praktisch immer Wasser. In der Fachliteratur wird häufig angenommen, dass Wasser, das in Baumaterialien, im Boden oder in der Luft enthalten ist und keinen hydrostatischen Druck ausübt, als Feuchtigkeit bezeichnet wird, während Wasser, das einen hydrostatischen Druck ausübt, als Druckwasser oder einfach als Wasser bezeichnet wird. Diese Begriffe sind konventioneller Natur und beziehen sich eher auf die Beschreibung komplexerer Phänomene im Zusammenhang mit der Bauphysik.

Der Wärme- und Feuchtetransport in solchen Bauteilen ist ein Phänomen, das von vielen Faktoren beeinflusst wird und auf unterschiedliche Weise abläuft, weshalb eine genaue analytische Beschreibung dieser Vorgänge schwierig ist. Es ist bekannt, dass Phasenübergänge und die Strömung feuchter Luft charakteristische Merkmale des Feuchtetransports in Bauteilen sind. Feuchtigkeit bewegt sich in gasförmiger und flüssiger Form. Der Transport von Wasserdampf erfolgt durch Diffusion, Filtration und molekulare Bewegung. Die Bewegung von Wasser erfolgt durch Kapillaranziehung und Filtration, die durch den hydrostatischen Druckgradienten hervorgerufen wird. Der Anteil dieser Phänomene hängt von der Art (Struktur) der in den Bauteilen verwendeten Materialien, vom Feuchtigkeitsgrad sowie von den Umgebungsbedingungen ab.

Die Feuchtigkeit von Baustoffen ist natürlich ein messbarer Wert, der jederzeit bestimmt werden kann und anhand entsprechender Normen Aufschluss darüber gibt, ob der Baustoff zum Zeitpunkt der Messung trocken, feucht, nass oder sehr nass ist. In komplexen Baustrukturen haben wir es mit den Folgen der Wechselwirkungen zwischen Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften zu tun, vor allem aber mit der Folge der Tatsache, dass Baustoffe, insbesondere hygroskopische (wie z. B. Holz), gemäß dem Prinzip des ständigen Bestrebens der Materie nach Ausgleich – von Konzentrationen, Drücken, Temperaturen usw. – **je nach ihrer eigenen Beschaffenheit und Eigenschaften sowie den Umgebungsbedingungen ständig Wasser aufnehmen oder abgeben**

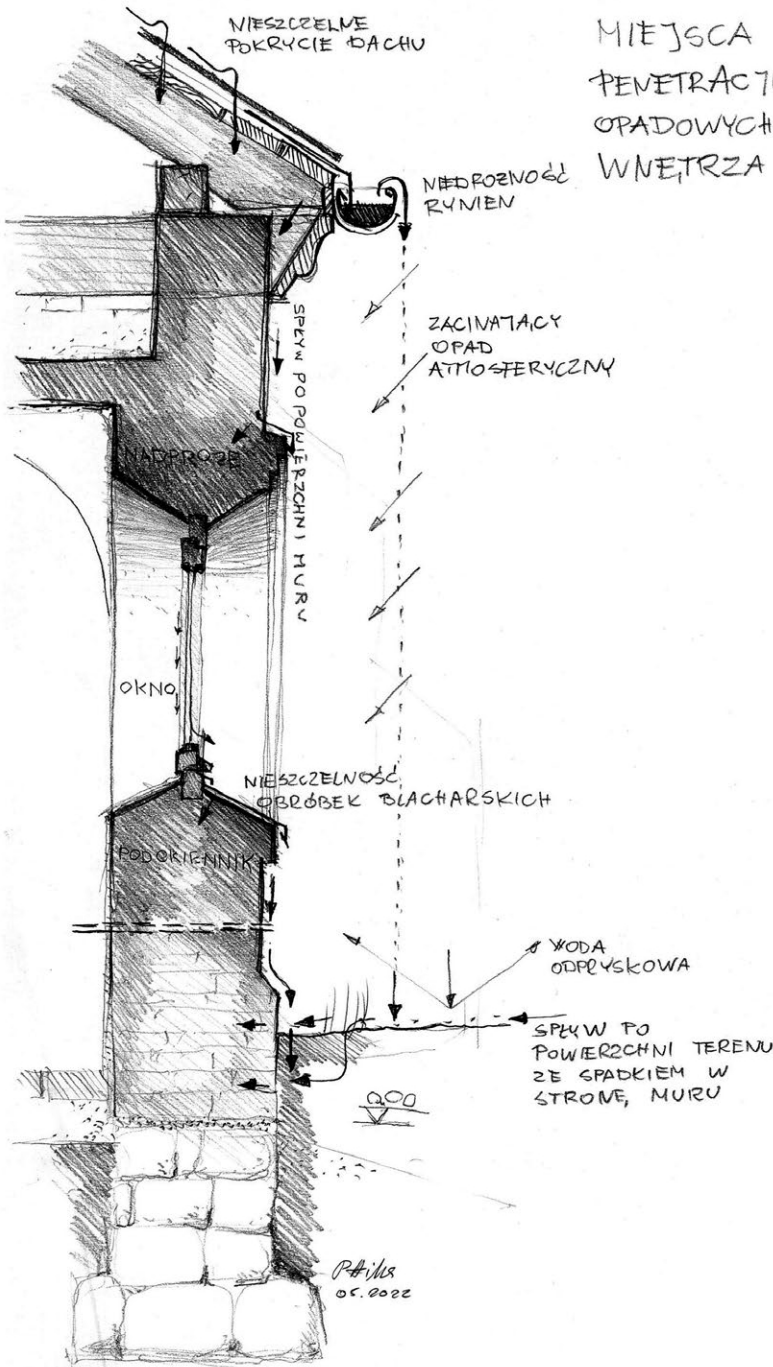
in ihrer Umgebung. Solange ein gewisses Gleichgewicht herrscht – es gibt weder zu viel noch zu wenig Wasser –, kommt ein ordnungsgemäß errichtetes Bauwerk gut zurecht und bleibt in gutem Zustand. Sowohl ein Überschuss an Wasser als auch ein Mangel daran im Bauwerk selbst oder im Boden, auf dem es steht, führen hingegen zu **einem Ungleichgewicht der Feuchtigkeit**, das eine ganze Kette von Zerstörungsprozessen in Gang setzt.

Es gibt zahlreiche Ursachen für die Durchfeuchtung von Bauteilen (Abb. 1). Eine der wichtigsten ist die Durchfeuchtung von Bauteilen, die in Bereichen wie Fundamenten, Fundamentwänden, Kellerwänden und Fußböden in direkten Kontakt mit dem Erdreich kommen. Der Boden enthält Wasser, das durch Niederschläge, steigenden Grundwasserspiegel oder das Auftreten von Druckwasser (Zuflusswasser) in ihn gelangt ist. Wichtig ist auch die sogenannte Feldwasserkapazität, die trotz Schwankungen des Grundwasserspiegels sehr lange bestehen bleiben kann. Den geringsten Einfluss auf die angrenzende Trennwand hat die Feldwasserkapazität von Sand, die in der Regel 3–5 % der Massenfeuchte dieses Bodens nicht überschreitet. Dieser Wert kann in lehmigen Sanden auf 10–12 % und in Lehm- und Tonböden auf bis zu 25 % ansteigen. Ein Rückgang der Bodenfeuchte führt zu einem deutlichen Rückgang der Feuchte der angrenzenden Wand.

In Trennwänden, die mit feuchtem Boden in Kontakt stehen, tritt Kapillarsaugwirkung auf. Dieses Phänomen hängt mit der Fähigkeit des Materials zusammen, Wasser mithilfe von Kapillarkräften nach oben zu saugen, wobei diese Kräfte von der Anzahl der Poren im Baumaterial sowie von deren Durchmesser abhängen. Der kapillare Wasserfluss wird durch den Druckunterschied über dem konkaven Meniskus des im porösen Material enthaltenen Wassers verursacht. Die Höhe des Kapillarsaugens hängt mit den Kräften zusammen, die durch die Benetzbarkeit, die Oberflächenspannung und die Schwerkraft verursacht werden. Die Höhe des Kapillarsaugens kann bis zu über 3 m über dem Boden betragen.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der maßgeblich zur Durchfeuchtung von Bauteilen beiträgt, sind Niederschläge. Die Häufigkeit und Intensität der Niederschläge variieren stark von Region zu Region. In Polen fällt der Regen meist aus westlicher Richtung, und gerade die Westwände weisen in der Regel eine stärkere Durchfeuchtung auf als die übrigen. Der Prozess der Durchfeuchtung von Außenwänden durch Regenwasser hängt von vielen Faktoren ab, u. a. von Kapillaraufstieg, Absorption, Windstärke, Diffusion, Temperaturunterschieden usw. Ein zweifellos wichtiger Faktor, der jedoch nicht verallgemeinert werden kann, ist der technische Zustand der Wandkonstruktion und des Putzes (Risse, Ausbrüche, Undichtigkeiten) sowie die Art und Weise der Wandverkleidung. Die Hauptkraft, die das Wasser an der Wandoberfläche hält, ist die Adhäsionsenergie, die von der Art (den Eigenschaften) der Außenfläche des Mauerwerks abhängt.

Regenwasser führt bei undichten Dächern zu Feuchtigkeit in anderen Teilen der Gebäudekonstruktion, u. a. im Dachstuhl, in der Decke oder im Gewölbe sowie in den Kniewänden. Mit der Zeit nimmt die Feuchtigkeit oft zu. Ursache für die Feuchtigkeit in diesen Bauteilen sind Undichtigkeiten in der Dachdeckung, beschädigte oder fehlerhafte



MIEJSCA CZĘSTYCH
PENETRACJI WÓD
OPADOWYCH DO
WNĘTRZA MURÓW

Abb. 1 Vertikalschnitt durch die Außenwand des Gebäudes mit Angabe potenzieller Quellen für das Eindringen von Wasser in das Mauerwerk und folglich in das Gebäudeinnere. Dargestellt ist eine Variante mit einem gegenüber dem ursprünglichen Zustand erhöhten Geländeniveau

passende Dachrinnen, Fallrohre usw. Regenwasser führt zudem sehr häufig zu Feuchtigkeit in den unteren Bereichen der Außenwände durch Spritzwasser.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der die Feuchtigkeitsbildung in Bauteilen beeinflusst, ist die Kondensation von Wasserdampf. Wasserdampf kann an der Oberfläche von Bauteilen oder in deren inneren Schichten kondensieren. Dieses Phänomen hängt eng mit den thermischen Eigenschaften des Gebäudes zusammen. Wenn die Temperatur an der Oberfläche oder im Inneren der Trennwand unter die Sättigungstemperatur fällt, kommt es zur Kondensation von Wasserdampf. Wenn sich mit Wasserdampf gesättigte Luft abkühlt, steigt ihre relative Luftfeuchtigkeit bis zum Sättigungszustand an, bei dem der Wasserdampf zu kondensieren beginnt. Die Temperatur, bei der dieses Phänomen auftritt, wird als Taupunkttemperatur bezeichnet.

Die Kondensation von Wasserdampf an der Innenseite einer Wand hängt von der relativen Luftfeuchtigkeit und der Lufttemperatur im Raum, von der Außentemperatur sowie von der Dämmleistung (Art) der Wandkonstruktion ab. In trockenen Räumen (unter 50 %) und bei normaler Luftfeuchtigkeit (50–60 %) tritt praktisch keine Kondensation von Wasserdampf an der Oberfläche auf, sie kann jedoch gelegentlich im Bereich sogenannter Wärmebrücken auftreten.

Die Kondensation von Wasserdampf an der Innenfläche der Wand führt zu einer Erhöhung der Feuchtigkeit und einer Verschlechterung der Eigenschaften dieser Trennwand, z. B. zu einem Rückgang der Wärmedämmung. Ist dies jedoch ein kurzzeitiges Phänomen und sinkt die relative Luftfeuchtigkeit im Raum, trocknet die Wand schnell wieder aus. In diesem Fall spielen Innenputze eine wichtige Rolle – sie nehmen die kondensierte Feuchtigkeit auf und geben sie anschließend wieder ab.

Kondensation tritt nicht nur an der Oberfläche auf – Bauteile werden häufig auch in ihren inneren Schichten feucht. Der Grad der Durchfeuchtung der Bauteile infolge innerer Kondensation wird durch die Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft sowie durch die Art und Anordnung der Materialien im Mauerwerk beeinflusst. Wasserdampf, der durch das Bauteil in Richtung der niedrigeren Temperatur dringt, trifft auf kühlere Schichten und bewirkt einen Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit in den Poren des Materials. Infolge der erhöhten relativen Luftfeuchtigkeit nimmt das Material Feuchtigkeit auf. Nach einer bestimmten Zeit erreicht dieses Material seine maximale Sorptionsfeuchte, und es kommt zur Kondensation, d. h. zur Verflüssigung des überschüssigen Wasserdampfes, nachdem die Luft den Sättigungszustand (100 % relative Luftfeuchtigkeit) erreicht hat. Die Konstruktion der Trennwand (Anordnung und Art der Schichten im Mauerwerk) ist von großer Bedeutung, da sie maßgeblich über deren Feuchtigkeitsbeanspruchung entscheidet. **Der dichte äußere Teil der Mauer schützt zwar vor Regenwasser, ist aber gleichzeitig Ursache für Feuchtigkeit durch Kondensation von Wasserdampf im Inneren¹.**

¹ Genau diese Phänomene führen dazu, dass die so gerne und weit verbreitet angewandte Hydrophobierung von Putzen an historischen Gebäuden oft das Gegenteil des gewünschten Ergebnisses bewirkt – statt den Verfallsprozess zu verlangsamen, beschleunigt sie ihn sogar, was sich beispielsweise darin äußert, dass neue Putzschichten, die erst vor wenigen Jahren aufgetragen wurden, in ganzen Platten abfallen.

Die Haltbarkeit der meisten Baumaterialien und damit auch der daraus errichteten Konstruktionen nimmt unter dem Einfluss von Feuchtigkeit erheblich ab. Oft enthält das in den Mauern vorhandene Wasser wasserlösliche Salze, die beim Verdunsten in der Nähe der äußeren Schicht der Trennwand kristallisieren und an der Oberfläche Ausblühungen bilden. Es entsteht der sogenannte Kristallisationsdruck, der zur Zerstörung des Putzes sowie der Ziegeloberfläche der Mauern führt. Gleichzeitig wird die Trocknungsfähigkeit der Mauern eingeschränkt. Zerstörerisch auf die Mauern wirkt sich auch der Prozess des Gefrierens und Auftauens des in den Kapillaren enthaltenen Wassers aus. Wasser, das beim Gefrieren sein Volumen um etwa 9 % vergrößert, erhöht bei einem Temperaturabfall auf -10 °C seinen Druck etwa um das Zehnfache und bei einem Abfall auf -20 °C um mehr als das Zwanzigfache.

Eine weitere wichtige Folge von Feuchtigkeit im Gebäude ist die fortschreitende Zersetzung des Putzes, das Abblättern von Farbe, die Beeinträchtigung des Raumklimas sowie das Auftreten von biologischen Schädlingen. Zudem verschlechtert sich die Wärmedämmung der Bauteile. Dies trägt erheblich dazu bei, dass sich der technische Zustand der Konstruktion sowie der Zustand der Einrichtung und der Innenausstattung schneller verschlechtern.

Ein weiteres Phänomen, das mit einem Ungleichgewicht des Feuchtigkeitshaushalts zusammenhängt, ist die Austrocknung. Sie betrifft bestimmte Baukonstruktionen und Ausstattungselemente sowie das Mikroklima in den Innenräumen von Gebäuden. Dieses Phänomen hat zwar keinen wesentlichen Einfluss auf die technische Beschaffenheit der meisten Mauerwerkskonstruktionen, wirkt sich jedoch auf Holzkonstruktionen aus. Ausgetrocknete Elemente des Dachstuhls, von Holzdecken oder von Fachwerkwänden verformen sich. Solche Veränderungen haben erhebliche Auswirkungen auf die Statik der Konstruktion selbst (z. B. Veränderung der Geometrie, Lockerung von Zimmermannskonstruktionen, lokale Verformungen usw.). Die Austrocknung wirkt sich zudem negativ auf die Oberflächenelemente aus (z. B. verminderte Haftung des Putzes an der Holzdecke, haarfeine Risse im Wandputz, Risse in langgestreckten Bauteilen usw.). Zu trockene Luft in den Innenräumen von Gebäuden wirkt sich nachteilig auf das Mikroklima aus, was wiederum negative Auswirkungen auf die Innenausstattung hat. Das Problem der Trockenheit betrifft historische Gebäude, die z. B. als Museen genutzt werden und in denen im Winter eine Temperatur aufrechterhalten wird, die den Komfort für Mitarbeiter und Besucher gewährleistet. Das Problem verschärft sich in Zeiten frostiger Hochdruckwetterlagen. Die Gefahr einer gefährlichen Trockenheit betrifft auch schlecht belüftete Dachböden von historischen Gebäuden während der Sommerhitze, insbesondere bei Blechdächern.

Bei der Untersuchung der Ursachen für Feuchtigkeitsungleichgewichte in historischen Gebäuden müssen zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden. Für Fundamente, Sockelwände, Kellerwände und direkt auf dem Boden liegende Fußböden ist die Analyse der Auswirkungen von aufsteigendem und zulaufendem Wasser auf diese Bauteile von Bedeutung. Bei tragenden Wänden und Mauern sind Kapillaraufstieg, Kapillaraufnahme, Wasserdampfdiffusion, Regenwasser, Spritzwasser sowie die Art der Nutzung des Innenraums (Heizungsart, Dichtheit von Fenster- und Türöffnungen, Art der Belüftung, ausgedrückt durch die Luftwechselrate

usw.). Bei Decken und Gewölben sind Kapillaraufnahme, Wasserdampfdiffusion, Wasser von undichten Dächern, das Vorhandensein von Öffnungen (technischen oder technologischen) sowie die Belüftung des Dachbodens von Bedeutung.

Es ist außerdem erforderlich, eine Analyse der Umgebung des Bauwerks durchzuführen, insbesondere der dort eingetretenen Veränderungen. Dies betrifft das Klima und atmosphärische Prozesse, die Aggressivität der Umgebung, die Beschaffenheit und Qualität des Untergrunds, Veränderungen der Boden- und Wasserverhältnisse, die Anhebung oder Absenkung des Geländes in unmittelbarer Nachbarschaft, das Fällen von Bäumen oder neue Anpflanzungen, Veränderungen der Oberflächen von Verkehrswegen sowie Änderungen der Nutzung.

Traditionelle Methoden zum Schutz historischer Gebäude vor Feuchtigkeit

Die Durchfeuchtung von Mauern hängt von sehr vielen der genannten Faktoren sowie von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Materialien ab, aus denen die Mauern errichtet wurden. In der Vergangenheit wurden Mauern meist gar nicht im Sinne der heute angewandten Methoden isoliert, und dennoch gelang es, sie wirksam vor Feuchtigkeit zu schützen. Typische, moderne horizontale Mauerabdichtungen wurden erst im 20. Jahrhundert allgemein eingeführt. Das Prinzip der horizontalen Abdichtung (hauptsächlich mit Bitumen) zwischen Fundament und Gebäudewand wurde durch Vorschriften aus den Jahren 20. Jahrhundert; dennoch wurden solche Dämmungen in Gebäuden aus der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert bereits gelegentlich eingesetzt.

Das Problem des bewussten Schutzes von Bauwerken vor den zerstörerischen Auswirkungen von Feuchtigkeit ist seit der Antike bekannt, und die Suche nach wirksamen Methoden begleitete jede Zivilisation in jeder Phase ihrer Entwicklung. In der polnischen Literatur hat Jarosław Szewczyk diese Themen am umfassendsten analysiert² am ausführlichsten analysiert. Er erwähnt über 200 verschiedene Materialien, die im Laufe der Jahrhunderte zum Schutz von Bauwerken verwendet wurden, doch von entscheidender Bedeutung ist weniger das Material selbst als vielmehr die Art und Weise seiner Anwendung, die einem bestimmten Konzept zur Bekämpfung der zerstörerischen Wirkung von Wasser und Feuchtigkeit folgt.

Seit den Anfängen des mittelalterlichen Bauwesens wurde ein wirksamer Schutz vor Wasser erreicht, indem wichtige Bauwerke auf Anhöhen errichtet wurden. War das Gelände flach, wurden sogenannte erhöhte Fundamente angelegt und anschließend mit einem künstlichen Hügel aufgeschüttet. In besonderen Fällen wurde sumpfiges Gelände isoliert, indem eine Art Wanne aus Blech geformt wurde, in die erst dann die Fundamente gesetzt wurden. Als Material für den Bau der Fundamente diente wasserabweisender Stein, meist Granitgeröll.

In frühen gemauerten Gebäuden findet man Fundamente aus Granit-Eratiksteinen, die ohne Verfügen in die Baugrube geworfen wurden. Dadurch entstehen Räume

² J. Szewczyk, *Hydroisolierung von Bauelementen in ausgewählten Epochen der Architekturgeschichte, d. h. über Abdichtungen aus ungewöhnlichen Materialien, über alte Imprägniermittel, Entwässerungen und verwandte bauliche Lösungen*, Białystok 2019.

zwischen den Steinen bildeten keinen Weg, der kapillares Aufsteigen ermöglichte. Im Mittelalter wurden Fundamentsteine selten mit Mörtel verbunden (und wenn doch, dann mit sehr fettem Mörtel mit hohem Kalkanteil); häufiger wurden die Steinschichten mit Lehm übergossen, der das Wasser in sich zurückhielt und es nicht weiter nach oben dringen ließ. Kirchen und Burgen wurden zusätzlich entlang ihres gesamten Umfangs mit schräg gestampften Lehmringen gesichert, die abwechselnd mit Schotterlagen verlegt wurden. Dieses System zum Schutz vor Feuchtigkeit funktionierte, solange es nicht zerstört wurde, z. B. durch spätere Grabungen, insbesondere im Bereich der kirchlichen Friedhöfe. Im Mittelalter bestand die vertikale Isolierung auch darin, die äußeren, vertikalen Flächen der Mauern mit Lehm zu verkleiden, während die horizontale Isolierung darin bestand, die unteren, über dem Fundament liegenden Sockelbereiche der Mauern ebenfalls aus Stein auf Kalkmörtel zu errichten. Zur Verbesserung der Eigenschaften des Kalks wurden bei dessen Herstellung häufig organische Zusätze verwendet, z. B. Eiweiß, Kasein, fein gemahlene Muscheln usw.

Ein sehr gutes Beispiel für die Verwendung von Lehm als Feuchtigkeitsisolierung sind die Befestigungsanlagen der Neuzeit (18.–19. Jahrhundert) sowie beispielsweise das Warschauer Elizeum. In zahlreichen unterirdischen Befestigungsanlagen sowie eben im Elizeum wurden zukünftige Feuchtigkeitsprobleme bereits in der Planungsphase vorausgesehen; darauf deuten die Gänge hin, die die unterirdischen Räume umlaufen und in diesen Fällen nicht nur eine Verbindungsfunktion erfüllen, sondern auch als Isolier- und Belüftungsschicht dienen. Ein solcher, von der Seite des Damms aus angelegter Korridor verläuft im Elizeum um den zentralen Salon, während in Srebrna Góra diese Funktion eine Reihe von Kasematten um den Graben des Donjons erfüllt.

Die praktische Verwendung von Lehm als Dämmstoff findet auch heute noch Anwendung. Ein Beispiel für eine der ersten Dämmungen dieser Art in Polen sind die Arbeiten der Firma BTM, die Anfang der 1990er Jahre auf dem Gelände des Schlosses Malbork durchgeführt wurden (Dämmstreifen an der Wand des Hohen Schlosses sowie an der Wand des Karwan). Das Unternehmen war auch für die 2013 (im Auftrag des Ministeriums für Kultur und Nationales Erbe) durchgeführten Restaurierungsarbeiten an den Lehmisierungen im Untergeschoss der St.-Sophien-Kathedrale in Schytomyr verantwortlich³.

Der für die vertikale Feuchtigkeitsisolierung verwendete Lehm wurde auch bei einigen anderen Projekten eingesetzt: zum Feuchtigkeitsschutz der Mauern der St.-Franz-von-Assisi-Kirche in Posen, der Kirche des Heiligsten Herzens Jesu und der Muttergottes der Tröstung (ebenfalls in Posen) sowie am Pfarrhaus der Posener Pfarrkirche, dem sogenannten „Proboszczówka“⁴. Der Autor der Arbeiten und Veröffentlichungen weist auf das Fehlen

3 R. Jurkiewicz, *Renowacja izolacji z gliny w podziemiu katedry św. Zofii w Żytomierzu*, [in:] *Glina w obiektach zabytkowych — ochrona i konserwacja. Materiały konferencyjne z konferencji „Gлина в объектах зabytkowych — ochrona i konserwacja. Materiały konferencyjne z konferencji „Malbork 2018*, hrsg. von J. Rulewicz, Warschau 2019, S. 121.

4 O. Pietrzak, *Feuchtigkeitsschutz von Fundamenten und Fundamentwänden historischer Gebäude unter Verwendung von Lehm anhand ausgewählter Beispiele aus Posen*, [in:] *Lehm in historischen Bauwerken...*, a. a. O., S. 109.

Wissen (insbesondere des jungen Ingenieurpersonals) über historische Baustoffe, Bautechniken und -technologien. Als Beispiel nennt er die in Zustandsbeschreibungen bestehender historischer Gebäude auftauchenden Formulierungen „keine vertikale Feuchtigkeitsisolierung vorhanden, es ist lediglich eine Lehmschicht vorhanden“. Die Folge dieser Unkenntnis kann beispielsweise sein, dass die Kontinuität der Lehmisolierung (beim Austausch von Fallrohren, Fallrohren und Anschlussrohren) im aus dem frühen 20. Jahrhundert stammenden Wohnkomplex von Max Johow in Posen unterbrochen wird.

Die Lehmisolierung bewährt sich gut an Stellen mit sehr unebenen Wandflächen (z. B. Fundamentwände aus unbearbeiteten Steinen) sowie an Stellen mit umfangreicher technischer Infrastruktur (Anschlussrohre, vorisolierte Heizungsrohre, Energieversorgungsleitungen).

Zu den Technologien, die heutzutage häufig mit Ton einhergehen, gehören die „Schlammowa“-Isolierung sowie die Zugabe von Bindemittelzusätzen auf Basis natürlicher Tone, z. B. Bentonit (das bereits erwähnte Żytomierz) oder Beidelit-Ton. Die Verwendung von Bentoniten als Ingenieurmaterialien begann in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in den USA, wo sie als Dichtungszusatz in Flusssdämmen und Wasserbauwerken eingesetzt wurden.

Die Verwendung des zuvor erwähnten Tons war nur eine von vielen in der Vergangenheit angewandten Methoden. Je nach lokalen Bedürfnissen, Umweltbedingungen und technischen Möglichkeiten wurden im Laufe der Jahrhunderte sehr unterschiedliche Materialien eingesetzt, um das Feuchtigkeitsgleichgewicht aufrechtzuerhalten. Oft handelt es sich dabei um Beispiele für die Verwendung lokal verfügbarer Materialien, z. B. Torferz⁵ als Dämmschicht und als Unterlage für Balken an der Schnittstelle zur Mauer. Es wurden auch Birkenrinde (verrottungsbeständig) und Zwischenlagen aus Schieferscheiben verwendet. In England (zum Schutz der Wände in Fachwerkkonstruktionen vor Feuchtigkeitseinwirkung) sowie in den Gebieten des ehemaligen Römischen Reiches findet man Keramikziegel als vertikale Trennschicht, die hauptsächlich zum Schutz des Erdgeschosses vor Spritzwasser eingesetzt wurde. Seit Jahrhunderten wurden in verschiedenen Formen der Dämmung auch Materialien wie Holzteer, Pech und Leinöl verwendet. Ersteres wurde bereits von den Wikingern verwendet

5 Mindestens mehrere Dutzend Beispiele für die Verwendung von Torferz finden sich allein im Gebiet des mittleren Odergebiets, in Niederschlesien und im Oppelner Schlesien, wo es beim Bau von Kirchen, Burgen, Wirtschaftsgebäuden, Zäunen, Brücken und sogar Brunnen genutzt wurde. Es wurde auch in Kujawien, in der Region Lednica, in Posen und überall dort verwendet, wo Vorkommen gefunden wurden. Vgl. J. Skoczylas, *Wykorzystanie w przeszłości darniowych rud żelaza jako materiału budowlanego*, „Ochrona Zabytków” 2000, 53, 2 (209), S. 206–209; M. Dankowski, „Ruda darniowa w dawnych konstrukcjach murowanych Nadodrza” (<https://abc-sciany.pl/ruda-darniowa-w-dawnych-konstrukcjach-murowanych-nadodrza/>); M. Dankowski, K. Chmieliński, W. Eckert, *Versuch einer Bestimmung der Rolle von Rasenerz als Baustoff für Mauerwerke am Beispiel eines Palastes aus dem 18. Jahrhundert*, [in:] *Dauerhaftigkeit von Bauwerken und Korrosionsschutz. XI. Wissenschaftlich-technische Konferenz „KONTRA '98”, Zakopane, Mai 1998*, Warschau 1998, S. 79–86.

(vielleicht war dieses Material deshalb vor allem in den skandinavischen Ländern beliebt). Man findet auch komplexe Entwässerungssysteme aus Keramikrohren, die mit Schichten aus Holzkohle durchsetzt sind ⁶. Im heimischen Holzbau wurden sogenannte „Pecki“ verwendet – einzelne, stattliche Felsbrocken oder Stapel aus flachen Steinen, die ohne Mörtel aufgeschichtet wurden und auf denen die Ecken des Gebäudes ruhten. Als horizontale Dämmschicht findet man manchmal Glasscherben⁷.

Relativ genau bekannt sind die Methoden zur Feuchtigkeitsbekämpfung bei Mauer-Erd-Bauten. Nach Lech Narebski⁸ wurden zum Schutz dieser Bauten vor Feuchtigkeit folgende Maßnahmen angewendet:

„a) zum Schutz vor von oben eindringendem Wasser:

- Anlegen von Dämmen ohne horizontale Flächen und Vertiefungen, die mit Rasen bedeckt werden (an Hängen legt sich der Rasen bei Regen oder Schnee „wie Stroh“ und leitet das Wasser über die Halme ab);
- Erdaufschüttungen mit laminarer Struktur, aus abwechselnd verlegten Schichten aus schwer- und leichtdurchlässigem Material (sofern am Bauort Böden mit den gewünschten Eigenschaften vorhanden waren);
- Wandverfüllungen: Entwässernde – aus Sand, auf horizontalen (schrägen) Flächen verlegt; Drainierende – aus Schotter, grobem Kies oder Bauschutt, an den Außenwänden verlegt;
- Isolierverkleidungen – aus Ton/Lehm;
- Feuchtigkeitsschutzbeschichtungen der aufgeschütteten Mauerflächen – glatt verputzte Putzschichten auf Basis von hydraulischem Kalk, Trass und später Portlandzement;
- Entwässerungsflächen an Gewölben in Form von gebrochenen, geneigten Flächen, deren Abfluss auf den Gesims der Fassade und/oder zum Aufschüttungsbereich geleitet wird (sog. Satteldächer);

b) zum Schutz vor kapillar aufsteigender oder aus dem Untergrund diffundierender Feuchtigkeit:

- Steinsockel und Fundamentwände;
- horizontale Abdichtungen aus Blech, Schieferplatten oder Zementmörtel;
- Sandkissen unter den Fußböden (falls erforderlich);

6 Eine solche Entwässerung gab es (heute nicht mehr erhalten) im Palast von Karol Scheibler in Łódź im Żródliska-Park – Untersuchungen des PP PKZ Mitte der 1980er Jahre.

7 Ein Beispiel hierfür sind die Gebäude aus dem 19. Jahrhundert in Krakau – das Vorhandensein einer solchen Abdichtung wurde z. B. bei umfangreichen Restaurierungsarbeiten am Gebäude der Turnvereinigung „Sokół“ in Krakau festgestellt (mündliche Auskunft von Prof. Monika Bogdanowska).

8 L. Narebski, *Feuchtigkeitsschutz bei unterirdischen Bauwerken unter Verwendung von Lehm am Beispiel neuzeitlicher Befestigungsanlagen und des Warschauer Elizeums*, „Ochrona Dziedzictwa Kulturowego“ 2020, 9, S. 86.

- asphaltierte „Kanal“-Ziegelböden (in Pulverkammern);
- Holzböden auf Ziegelpflaster und belüftetem Hohlraum (in Kasernenräumen);

c) zum Schutz vor Kondensfeuchtigkeit:

- Einbau von Lüftungs- und Isolierkorridoren an den Seiten der aufgeschütteten Wände (in Pulverkammern und Kellerblöcken);
- Mauerwerk der umlaufenden, mit Erde bedeckten Wände mit durchgehenden Belüftungskanälen in der Dicke dieser Wände (in Arbeits- und Lagerräumen);
- Mauerwerk der unteren Gewölbenschicht aus Lochziegeln (in Preußen nach 1881) unter Beibehaltung der Durchgängigkeit der mit der Belüftung verbundenen Öffnungen;
- geregelte Schwerkraftbelüftung (Schließen/Öffnen) in Abhängigkeit vom Temperatur- und Feuchtigkeitsgradienten;
- „Beheizung der Kasernenräume (Öfen, Kamine)“.

Jan Tajchman⁹widmete den Themen Fundamentbau und Baufeuchtigkeit große Aufmerksamkeit. In seinem Lehrbuch finden sich Beispiele für den Fundamentbau, aber auch zwei zur Verbreitung geeignete Schemata, die den Mechanismus der ordnungsgemäßen Belüftung des Kirchenraums sowie den Mechanismus seiner Feuchtigkeitsbildung infolge eines dichten Fußbodens und einer dichten Ringmauer veranschaulichen.

Ein sehr wichtiger Bestandteil des Schutzsystems alter Bauwerke war die unmittelbare Umgebung – ein Gelände, das „vom Gebäude weg“ deutlich abfiel und mit Gras bewachsen war. Diese sind bis heute erhalten geblieben, insbesondere bei einigen ländlichen gotischen Kirchen. In städtischen Gebieten handelte es sich dabei um die sogenannten Vorgärten vor den Mietshäusern – eine Pufferzone, die eine freie Verdunstung des Wassers aus dem Boden ermöglichte und zudem zur Bepflanzung genutzt werden konnte.

Die Probleme tauchten im 19. Jahrhundert mit der Modernisierung der Städte, der Industrialisierung und der Verbreitung der Erfindung des Zements auf. Die Einführung dieses fremden Materials und später auch anderer Werkstoffe, die die technische Integrität der alten Bauwerke zunehmend beeinträchtigten, brachte im Laufe der Zeit immer größere Probleme mit sich. Nicht ohne Bedeutung war auch die zunehmende Beliebtheit immer bequemerer und breiterer gepflasterter Gehwege, die mit der Zeit die Vorgärten verschlangen und bis an die Sockel der Mietshäuser heranreichten. Wenn wir hingegen die Entwicklungsgeschichte der Entwässerungsmethoden und die Ergebnisse ihrer Anwendung nachverfolgen, geben die Schlussfolgerungen keinen Anlass zu Optimismus. Man sieht vielmehr eine Sinuskurve – zunächst Begeisterung für die neue Methode, und einige Jahre später Berichte über ihre Wirkungslosigkeit oder gar Schädlichkeit. Heute zweifelt niemand mehr daran, dass die neuen Betonringe schädlich sind, doch vor einigen Jahrzehnten galten sie als ideales, modernes Gegenmittel gegen alle Arten von Feuchtigkeit. So verhielt es sich auch mit anderen Methoden und ihrer Entwicklung im 20. Jahrhundert. Es scheint also, dass eine erneute Analyse der traditionellen

9 J. Tajchman, A. Jurecki, *Geschichte der Bautechniken*, Warschau 2020, S. 15–32.

Die Erprobung verschiedener Lösungen, die Beobachtung ihrer Wirksamkeit und der systematische Aufbau einer Wissensbasis zu diesem Thema sollten in vielen Fällen eine völlig neue Sichtweise auf das Problem des Schutzes historischer Gebäude vor Feuchtigkeit ermöglichen.

Verwendete Fachliteratur:

- L. B. Alberti, *Zehn Bücher über die Baukunst. Zweites Buch „Über Baumaterialien“*, Warschau 1960.
- M. Dankowski, K. Chmieliński, W. Eckert, *Versuch einer Bestimmung der Rolle von Rasenerz als Baustoff für Mauerwerke am Beispiel eines Palastes aus dem 18. Jahrhundert*, [in:] *Beständigkeit von Bauwerken und Korrosionsschutz. XI. Wissenschaftlich-Technische Konferenz „KONTRA’98“*, Zakopane, Mai 1998, Warschau 1998, S. 79–86.
- M. Dankowski, „*Ruda darniowa in historischen Mauerwerken am Oderufer*“, Portal abc-sciany.pl, <https://abc-sciany.pl/ruda-darniowa-w-dawnych-konstrukcjach-murowanychnadodrza/>.
- W. Domasłowski (Hrsg.), *Vorbeugende Konservierung historischer Steinbauten*, Toruń 2001.
- R. Jurkiewicz, *Sanierung der Lehmisolierung im Untergeschoss der Sophienkathedrale in Schytomyr*, [in:] *Lehm in historischen Bauwerken – Schutz und Konservierung. Beiträge einer landesweiten wissenschaftlichen Konferenz, Malbork 2018*, hrsg. von J. Rulewicz, Warschau 2019, S. 121–126.
- L. Narebski, *Feuchtigkeitsschutzmaßnahmen für unterirdische Bauwerke unter Verwendung von Lehm am Beispiel von Festungsanlagen der Neuzeit sowie des Warschauer Elizeums*, „Ochrona Dziedzictwa Kulturowego“ 2020, 9, S. 83–96.
- O. Pietrzak, *Feuchtigkeitsschutz von Fundamenten und Grundmauern historischer Gebäude unter Verwendung von Lehm anhand ausgewählter Beispiele aus Posen*, [in:] *Lehm in historischen Bauwerken – Schutz und Konservierung. Beiträge einer landesweiten wissenschaftlichen Konferenz, Malbork 2018*, hrsg. von J. Rulewicz, Warschau 2019, S. 109–119.
- B. J. Rouba, *Feuchtigkeit – ein Problem für den Kirchenverwalter*, „Renowacje i Zabytki“ 2021, 1 (77), S. 122–137.
- J. Skoczylas, *Die Verwendung von Rasenerz als Baumaterial in der Vergangenheit*, „Ochrona Zabytków“ 2000, 53, 2 (209), S. 206–209.
- J. Szewczyk, *Abdichtung von Bauelementen in ausgewählten Epochen der Architekturgeschichte, d. h. über Abdichtungen aus ungewöhnlichen Materialien, über alte Imprägniermittel, Entwässerungen und verwandte bauliche Lösungen*, Białystok 2019.

Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen und Begehungen

3.1. Begründung und Prämissen der Ortsbesichtigungen

Um den aktuellen Zustand zu ermitteln und die Wirksamkeit der zuvor durchgeführten Entfeuchtungsmaßnahmen zu beurteilen, mussten Untersuchungen und Begehungen vor Ort durchgeführt werden – und zwar für jedes der achtzehn ausgewählten Objekte. Dies geschah durch Besichtigungen der einzelnen Objekte (im Herbst 2020 und im Frühjahr 2021), gefolgt von der Auswertung der gewonnenen Daten und Informationen sowie abschließenden Bemerkungen und Schlussfolgerungen. Ausgangspunkt war die vorläufige Bestimmung des Entfeuchtungszustands der Objekte, die Durchführung einer architektonisch-konservatorischen Analyse der Fragestellung sowie der Abgleich der gewonnenen Daten mit dem tatsächlichen Erscheinungsbild der Objekte – um die Angemessenheit und Wirksamkeit der angewandten Entfeuchtungsmethoden zu ermitteln. Die Besichtigungen und Feldarbeiten mussten die aktuellen Einschränkungen aufgrund der herrschenden Coronavirus-Pandemie berücksichtigen, die hauptsächlich in erschwerten Beziehungen zu den Eigentümern der untersuchten Objekte und der Unmöglichkeit bestanden, selbstständig auf die Unterlagen der Denkmalschutzbehörden der Woiwodschaft zuzugreifen. Im Bewusstsein der für das vorliegende Thema entscheidenden Bedeutung von Kenntnissen über die angewandten Methoden, Materialien und Ausführungstechniken sowie unter Berücksichtigung möglicher Aufbewahrungsorte der Dokumentation (nach der die Ausführungsarbeiten durchgeführt wurden), wurden die einzelnen Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaften um die Übermittlung der in diesem Zusammenhang relevanten Unterlagen zur Verfügung zu stellen, und die einzelnen Pfarrer wurden gebeten, die in ihrem Besitz befindlichen Studien und Dokumente bereitzustellen. Es gelang nicht, die erforderlichen Informationen für alle Objekte zu beschaffen, und für einige von ihnen wurden die Daten auf der Grundlage von Besichtigungen und mündlichen, vor Ort eingeholten Informationen dargestellt. Ein wichtiger Beitrag sind hingegen die Daten der Durchführung der Entfeuchtungsarbeiten und die Daten der vorangegangenen Studien. In der Regel entstanden die Projektunterlagen in den Jahren 2007–2010, die Förderanträge stammen aus den Jahren 2008–2011, und die nach Erhalt der Förderung durchgeführten Arbeiten dauerten teilweise noch bis vor kurzem an. Erwähnenswert ist auch, dass in den letzten Jahren in einigen Objekten

und es wurden (werden) weitere Arbeiten zur Erhaltung der Bausubstanz der Kirchen durchgeführt, die entweder nächste Schritte des vorangegangenen Arbeitsumfangs darstellen oder neue, eigenständige Ausführungsaufgaben sind.

3.2. Allgemeine Beschreibung der Untersuchungen und Ortsbesichtigungen

Die Feldarbeiten, die die Grundlage dieser Studie bilden, wurden unterteilt in Vermessungsarbeiten (in zwei Phasen) und Ortsbesichtigungen durchgeführt. Zunächst führte im Oktober und November 2020 ein externer Sachverständiger im Auftrag des Nationalen Instituts für Kulturerbe vor Ort Messungen durch, um den Zustand der Objekte nach einem zuvor erarbeiteten Programm allgemein zu erfassen, wobei er Daten sammelte und diese (separat für jedes der achtzehn Objekte) in einer Studie mit dem Titel „Untersuchungen zum Trocknungsgrad der Mauern im Gebäude.....“. Diese Untersuchungen (in der ersten Phase nicht-

) bestanden aus:

- Messungen der Feuchtigkeit der Gebäudewände und der Höhe der Feuchtigkeitszone (mittels Oberflächenmessung, was zu Ergebnissen führt, die der Messmethode entsprechen, und in bestimmten Fällen noch keine endgültigen Schlussfolgerungen zulässt);
- visuelle Beurteilung der Versalzung der Gebäudewände; Messung der Luftparameter (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) im Innen- und Außenbereich;
- Messung der Luftströmungsgeschwindigkeiten.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bilden **Anhang Nr. 2** zu dieser Studie, und das empfohlene Muster in Form einer tabellarisch dargestellten Untersuchungsmethodik ist in **Anhang Nr. 1** dargestellt.

Nach der Auswertung der Ergebnisse der ersten Phase der Messungen wählte das Expertenteam sechs Objekte für die zweite Phase der Untersuchung aus – die Objekte Nr. 2, 6, 13, 14, 15, 18 – in deren Rahmen im September 2021 Feuchtigkeitsmessungen an den Mauern mittels der Waage-Trockner-Methode durchgeführt wurden (die eine präzise Beurteilung der Feuchtigkeitsverteilung in der Mauerstruktur ermöglicht und somit Aufschluss über die Ursache und den Mechanismus der Durchfeuchtung gibt) sowie vorläufige Messungen des Salzgehalts. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden in **Anhang Nr. 2** aufgenommen.

Parallel dazu führten die Mitglieder des Teams für jedes Objekt individuelle Ortsbesichtigungen durch – um die Beobachtungen vor Ort zu ergänzen und zu präzisieren sowie eine Beurteilung aus einer anderen (architektonisch-konservatorischen) Perspektive vorzunehmen. Diese Besichtigungen fanden größtenteils im November und Dezember 2020 statt und wurden im Frühjahr 2021 ergänzt. Für die Erstellung *der* vorgesehenen *Felderkundungskarten* der Objekte wurden die Besichtigungen in einem Umfang durchgeführt, der sich auf den Gegenstand der Untersuchung bezog und während des Aufenthalts visuell feststellbar war, wobei folgende Aspekte berücksichtigt wurden:

- Art und Umfang der am Objekt durchgeführten Arbeiten einschließlich einer Analyse der verfügbaren Dokumentation;
- Gestaltung der Umgebung und äußere Gegebenheiten;

- Regenwasserableitung;
- Zustand der Mauern und Fußböden;
- des Raumklimas.

Auf der Grundlage dieser Erkundung und Besichtigung sowie unter Berücksichtigung der relevanten Daten aus den Feldmessungen wurde zunächst ein einheitliches Muster für die *Felderkundungskarte* (**Anhang Nr. 3**) erstellt und anschließend wurden die *Karten* für die einzelnen Objekte ausgefüllt. Diese *Karten* bilden **Anhang Nr. 4** der Studie. Das Team hat die endgültige Redaktion der Forschungsberichte und der *Objektkarten* vorgenommen.

Darüber hinaus wurde ein weiteres, das neunzehnte Objekt in die Analyse einbezogen, an dem noch keine Entfeuchtungs- oder Dämmarbeiten durchgeführt worden waren und für das eine „vertikale Fundamentabdichtung“ geplant wurde, ohne die Ursachen der Feuchtigkeit zu ermitteln, ohne eine vollständige Bestandsaufnahme des Objekts und des angrenzenden Geländes vorzunehmen und ohne die damit verbundenen baulichen und archäologischen Aspekte zu berücksichtigen. Diese Analyse machte deutlich, dass eine gründliche Diagnose des Problems erforderlich ist, bevor Planungsvorgaben formuliert und Ausführungsentscheidungen getroffen werden. Die nicht-invasiven Messungen für dieses Objekt wurden im September 2021 durchgeführt und in **Anhang Nr. 2** der Studie aufgenommen. Sie ergaben andere Ursachen für die Feuchtigkeit als im Entwurf angenommen, was auf eine ungerechtfertigte Wahl der Trocknungsmethode hindeutet, mit all ihren negativen Folgen für die Bausubstanz des Objekts.

3.3. Schlussfolgerungen aus der Untersuchung

Die Schlussfolgerungen beziehen sich auf die an den untersuchten Objekten durchgeführten Arbeiten zur Entfeuchtung. Das Thema umfasst folgende Arbeiten:

- vertikale und horizontale Feuchtigkeitsisolierungen
- an den Wandflächen (Verputz-, Maler- und Schutzarbeiten),
- im Zusammenhang mit der Entwässerung und Ableitung von Regenwasser (einschließlich Dachrinnen und Blechverkleidungen, Regenwasserkanalisation, Drainage),
- im Zusammenhang mit der Geländegestaltung (einschließlich Neuprofilierung des angrenzenden Bodens, Anbringen von Wandmanschetten,
- Gestaltung von Hoch- und Niedrigpflanzen sowie der Bodenbeläge in unmittelbarer Nähe der Objekte),
- die das Raumklima betreffen (einschließlich der Verbesserung oder Einführung von Belüftungssystemen sowie eventueller Änderungen an den Fenster- und Türrahmen usw.).

Dies wird im Folgenden ausführlich erörtert, wobei zu berücksichtigen ist, dass die „Entfeuchtungsarbeiten“ in der Regel in keinem Objekt den gesamten genannten Umfang abdecken (da sie dies nicht konnten oder mussten) und dass Arbeiten unterhalb des Bodenniveaus sowie an Mauern sogenannte „verschwindende Arbeiten“⁽¹⁰⁾ sind, die sich nicht im Detail bestimmen lassen

10 Unter dem Begriff „verschwindende Arbeiten“ versteht man Maßnahmen, die nach Abschluss des gesamten Auftrags nicht mehr sichtbar sind, sodass weder ihr Umfang noch ihre Ausführungsweise bestimmt werden können, z. B. mit Erde verfüllte

ohne Eingriff in die historische Substanz und ohne Laboruntersuchungen. Ein separates Thema bleibt die tatsächliche Notwendigkeit der Durchführung bestimmter Maßnahmen, die sich aus einer fundierten Diagnose vor der Planung und vor der Ausführung ergeben sollte. Detaillierte Angaben finden sich in *den* für jedes Objekt individuell erstellten *Datenblättern* (**Anhang Nr. 4**).

Nachfolgend wird eine Zusammenfassung der gewonnenen Daten zu den Unterlagen, den durchgeführten Arbeiten sowie deren Ergebnissen, die im Rahmen von Messungen und Ortsbesichtigungen ermittelt wurden, dargestellt.

3.3.1. Feuchtigkeitsisolierungen

Folgendes wurde festgestellt/verwendet:

- In mehr als der Hälfte der Objekte war eine vertikale Abdichtung vorhanden, deren Art unterschiedlich war: von bituminösen Beschichtungen (Objekte Nr. 5, 9, 11) über Mineralschlämme (Objekte Nr. 4, 13, 16) bis hin zu einer nicht näher bezeichneten, im Boden unter einer Schutzfolie verborgenen Abdichtung (Objekte Nr. 3, 7, 12, 14, 15); zusätzlich wurde die häufige Verwendung einer dicken „Noppenfolie“ zu Isolierungs- und Schutzzwecken festgestellt (Objekte Nr. 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 16), die selten mit einer oberen (sichtbaren) Systemleiste abgeschlossen war (Objekte Nr. 3, 4);
- horizontale Dämmung (in etwas mehr als $\frac{1}{4}$ der Objekte) in Form einer Injektionsbarriere, meist über dem Boden- und Fußbodenniveau (Objekte Nr. 6, 9, 10, 15, 18);
- vertikale und horizontale Dämmung insgesamt (wahrscheinlich nur in zwei Fällen – Objekte Nr. 6, 15), jedoch mit ungewissem, zweifelhaftem Erfolg hinsichtlich der Dämmkontinuität;
- Unterbodenisolierung (vermutlich in fast der Hälfte der Objekte – also dort, wo zuletzt ein neuer Bodenbelag verlegt wurde – Objekte Nr. 2, 5, 9, 10, 11, 15, 16, 17), in Form einer unter den Deckschichten des Fußbodens verlegten Folie (darunter in der Fußbodenheizung, die in zwei Objekten installiert wurde – Objekte Nr. 2, 16).

3.3.2. Wandfläche

Arbeiten an den Wandflächen, darunter Verputzen, Streichen und Schutzmaßnahmen, sowie im Falle von mit Polychromien verzierten Wänden auch fachliche Restaurierungsarbeiten (Objekt Nr. 15). Die meisten untersuchten Objekte verfügen über neuen Außenputz – entweder vollständig (Objekte Nr. 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 16, 17) oder teilweise (Objekte Nr. 1, 10, 13), und viele von ihnen auch Innenputz sowie die dazugehörigen Anstriche (Objekte Nr. 2, 5, 7, 10, 11, 12, 14, 15).

Fundamentisolierung, Tiefe und Art der Entwässerung usw. Dies betrifft nicht nur unterirdische Arbeiten, sondern alle Arbeiten, deren Überprüfung aufgrund ihrer Überdeckung durch weitere Schichten oder ihrer besonderen Beschaffenheit nicht möglich ist, wie z. B. bei Isolierungsarbeiten, bei denen hydrophobe Substanzen in Öffnungen eingefüllt werden, die zwar oberirdisch durchgeführt werden, aber nach ihrer Fertigstellung nicht mehr überprüft werden können.

Aufgrund der Informationen aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen lässt sich feststellen, dass die Außenputze größtenteils als Sanierungsarbeiten ausgeführt wurden (vor allem im unteren Sockelbereich).

An einigen Objekten sind bereits Anzeichen von Verfall zu erkennen – Ausbrüche, Blasenbildung, Feuchtigkeitsflecken, sogar Versalzung und Stellen mit mikrobiologischem Befall, vor allem lokal, u. a. an den Sockeln (Objekte Nr. 4, 5, 10, 13, 18), sowie an einigen Stellen haarartige Risse (z. B. Objekt Nr. 12). Es gibt auch eine Kirche mit in der Vergangenheit beschädigtem, heute jedoch bereits trockenem Putz (nach Dämmmaßnahmen – Objekt Nr. 9)¹¹

Am anderen Ende des Spektrums gibt es einige Fälle, in denen die Wände in gutem Zustand/Aussehen sind, obwohl Messungen eine recht hohe Feuchtigkeit ergeben haben (Objekte Nr. 3, 11, 12).

In einem anderen Fall (Objekte Nr. 7, 18 und teilweise 8 sowie 7 – ebenfalls mit Fragmenten der Ziegelverkleidung) wurde nach dem Abklopfen des Putzes eine sekundäre Freilegung der Steinverkleidung von Fassadenfragmenten vorgenommen. Fassaden mit Stein- oder Ziegelverkleidung, die nur an wenigen Objekten vorkommen (Objekte Nr. 2, 6, 8), wurden gereinigt, verfugt und möglicherweise hydrophobiert.

Bemerkenswert ist die Einführung eines neuen Sockels aus Steinplatten an einem Objekt entlang des gesamten Umfangs (Objekt Nr. 16) und an einem zweiten Objekt auf einem Teilabschnitt (Objekt Nr. 17). Der Erhaltungsgrad der älteren Innenputze ist deutlich höher, obwohl dies aufgrund fehlender ausreichender Daten schwer eindeutig festzustellen ist; dem Abnutzungsgrad nach zu urteilen, sind die alten Verputze in den Objekten Nr. 9, 16, 17, 18 sowie teilweise in den Objekten Nr. 1, 3, 4, 10 und 13 erhalten; in den Objekten Nr. 6 und 7 ist der Putz stellenweise abgeklopft und wartet (vermutlich nach dem Trocknen) auf einen neuen Anstrich.

Die heutigen Fassadenanstriche wurden mit Farben der neuen Generation ausgeführt, worauf ihr Aussehen hindeutet, manchmal auch Angaben in den Planungs- und Ausführungsunterlagen sowie vor Ort gewonnene Informationen (z. B. bei den Objekten Nr. 3, 11, 12, 14, 16, teilweise 7 und 13).

3.3.3. Wärmedämmungen

Diese Dämmungen stehen in indirektem Zusammenhang mit dem Hauptgegenstand der Studie, beeinflussen jedoch in gewisser Weise das Raumklima. Dies betrifft die Wärmedämmung von Decken/Gewölben sowie Fußböden.

In den Fällen, in denen dies festgestellt werden konnte, wurde in weniger als einem Viertel der Objekte eine Wärmedämmung der Deckenkonstruktion mit Mineralwolle verzeichnet (Objekte Nr. 2, 11, 16), während die Fußböden nur vereinzelt über eine solche Dämmung (aus Polystyrol) verfügten – vermutlich nur die neu verlegten.

In Gebäuden mit älteren Fußböden (die größtenteils noch im Originalzustand sind) ist es ohne genauere Untersuchungen nicht möglich, die Art ihrer Herstellung zu bestimmen.

¹¹ Das Fehlen von Ausgangswerten lässt jedoch nicht zu, festzustellen, ob und inwieweit dieser Zustand tatsächlich eine Folge der Injektionsarbeiten ist.

3.3.4. Regenwasserableitung

Hier kommen folgende Lösungen in Frage:

- Dachrinnen und Blechverkleidungen (die bei unsachgemäßem Zustand oder unsachgemäßer Ausführung das Risiko von Wandüberflutungen bergen), die grundsätzlich (nach Angaben der Hausverwalter und eigener Besichtigung) trotz unterschiedlicher Ausführung (Blechmaterial – Kupfer, Titanzinkblech) und Form (überwiegend hängende Dachrinnen, Fallrohre, die in vielen Fällen in die Regenwasserkanalisation münden), die jedoch manchmal einen zu kleinen Querschnitt aufweisen, und bei den Öffnungs- und Gesimsverkleidungen einen zu geringen Überstand (bei Blech-Tropfkanten) oder eine falsch geformte Tropfkante (bei Stein- oder Ziegelbrüstungen) sowie lokale Undichtigkeiten an kritischen Stellen;
- Regenwasserkanalisation, die in fast allen Objekten vorhanden ist (Objekte Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18), jedoch manchmal ohne Schacht-Kontroll- und Revisionsschächte (Objekte Nr. 1, 2, 3, 7, 10, 14, 17) und in einem Fall sogar verstopft (Objekt Nr. 15);
- Entwässerung, die in fast der Hälfte der Fälle (Objekte Nr. 2, 4, 5, 11, 12, 16, 17), deren Wirksamkeit jedoch ungewiss ist (was sowohl auf die ungewisse Qualität der Ausführung als auch auf die Planungsvorgaben zurückzuführen ist), da nicht überall Kontrollschächte vorhanden sind und die Unvollständigkeit der vorliegenden Planungsunterlagen keine Beurteilung der Richtigkeit der gewählten Lösungen zulässt.

3.3.5. Geländegestaltung

Betrifft vor allem das an die Gebäudewände angrenzende Gelände sowie die Lage des Objekts auf dem Grundstück.

In den allermeisten Fällen wurden neue Wandstreifen (mit einer Breite von ca. 40–60 cm) mit unterschiedlicher Oberfläche (innerhalb eines einzigen Steinmaterials) angelegt (nur bei zwei Objekten blieb die alte Betonoberfläche erhalten – Objekte Nr. 9, 10). Meist handelt es sich um feinen Kies aus Geröll oder Schotter (Objekte Nr. 3, 5, 7, 12, 13, 17, 18), es kommt aber auch eine gröbere Variante vor (Objekte Nr. 4, 11, 14, 15, 16, teilweise 1); in einigen Fällen wurde Pflaster aus flachen, unregelmäßigen Steinen oder Granitpflastersteinen verlegt (Objekte Nr. 2, 6, 8, teilweise 4). Mehr als die Hälfte der Einfassungen wird durch Betonbordsteine begrenzt (Objekte Nr. 2, 5, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18), die meist hervorstehen (außer bei den Objekten Nr. 2 und 12); bei den übrigen endet die Oberfläche der Randstreifen bündig mit dem angrenzenden Rasen; manchmal wurden die Arbeiten am Randstreifen nur teilweise ausgeführt (nicht über den gesamten Umfang oder mit unvollständiger Endverfüllung – Objekt Nr. 8). Hinter der Einfassung befinden sich in der Regel Rasenflächen und dahinter ein Verkehrs-/Zugangsweg – fast immer aus Betonpflastersteinen verschiedener Art.

Die Kirche befindet sich meist in der Mitte des Grundstücks, mit altem Baumbestand entlang der Umzäunung; eine direkte Beschattung der Wände (d. h. eine große Nähe zu den Bäumen)

wurde nur in wenigen Fällen festgestellt, und zwar nicht an allen Fassaden (z. B. Objekte Nr. 1, 3, 5, 6, 7).

Das Gelände ist selten flach oder weist sogar Gefälle auf (höchstens lokal), doch ist die Neigung des Geländes vom Gebäude weg meist gering und resultiert meist weitgehend aus dem (früher oder kürzlich) angehobenen Bodenniveau rund um das Gebäude.

3.3.6. Raumklima

Es wird durch Empfindungen bestimmt: Feuchtigkeit/Trockenheit, Wärme/Kälte, Luftzug/Stickigkeit, Geruch sowie durch messbare Parameter beschrieben: relative Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Belüftung (dargestellt im Forschungsteil der Studie – **Anhang Nr. 2**). Diese Empfindungen ergeben sich aus den beschriebenen Messparametern sowie natürlich aus dem individuellen Befinden des Menschen, der den jeweiligen Innenraum nutzt.

Den größten Einfluss auf den Zustand eines Gebäudes hat die Luftfeuchtigkeit, die (bei übermäßiger Konzentration) zu Kondensation von Wasserdampf und mikrobiologischem Befall führen kann (was unter anderem unangenehme Gerüche zur Folge hat), ganz zu schweigen von der Beeinträchtigung der Ästhetik des Innenraums. Ein wesentlicher Aspekt ist daher die Notwendigkeit ihrer Regulierung, wozu eine angemessene Raumlüftung sicherlich beiträgt. Die natürliche Belüftung in Kirchen und anderen historischen Innenräumen erfolgt entweder kontinuierlich (durch ständig offene Öffnungen in den Gewölben) oder zeitweise (durch Lüften). In den untersuchten Innenräumen wurde in mehr als der Hälfte der Fälle (Objekte Nr. 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 16) Öffnungen in den Gewölben/Decken (meist zu einem undichten Dachgeschoss), die jedoch manchmal im Winter verschlossen oder für einen wirksamen Luftstrom zu klein waren (Objekte Nr. 3, 7, 9); außerdem war der Zufluss von Frischluft durch kippbare Fensterflügel oder Türen nicht immer möglich (u. a. aufgrund ihrer festen Konstruktion). Die Belüftung der Kirchen (durch ständig geöffnete Türen, meist die Haupttüren) erfolgt im Sommer an sonnigen Tagen.

Die Hälfte der untersuchten Gebäude (Nr. 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17) verfügt über eine Heizung; diese wird nur sporadisch (während Messen und Gottesdiensten, meist sonntags) und im Grunde nur im Winter in Betrieb genommen. Die verzeichneten Heizungsarten sind unterschiedlich – lokale und zentrale Heizungen (aus eigenen Heizräumen – mit Kohle, Pellets, Gas oder in einem Fall sogar aus geothermischen Quellen), von alten Rippenheizkörpern in Fußkanälen über elektrische Flächenheizkörper oder Speicheröfen bis hin zur Warmluftzufuhr. Die damit verbundenen Versuche, die Wärmedämmung der Gebäude zu verbessern, bestehen in der Nachdämmung der Gewölbe/Decken mit einer Schicht Mineralwolle.

3.3.7. Dokumentation

Dank der Bereitstellung durch die Eigentümer der Objekte oder durch die Denkmalschutzbehörden der Woiwodschaften war es möglich, die Dokumentation für 12 Objekte einzusehen (Objekte Nr.

4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18). Es handelte sich um Planungs- und Programmunterlagen, die nur in fünf Fällen einigermaßen vollständig war (Objekte Nr. 5, 10, 11, 12, 16).

In den übrigen Fällen lagen nur kleine Ausschnitte vor, und nur in einem Fall (Objekt Nr. 16) wurde eine vorentwurfsbezogene Bewertung des Erhaltungszustands vorgelegt.

Das separat untersuchte neunzehnte Objekt verfügte über einen „Bauplan für die vertikale Fundamentabdichtung...“, doch seine Allgemeinheit und Unvollständigkeit (ohne Darstellung detaillierter technischer Lösungen), zweifelhafte technologische und materialbezogene Lösungen und vor allem das Fehlen einer Diagnose, die die Planungsvorgaben begründet, lassen es nicht als zuverlässige Grundlage für die Trocknungsarbeiten gelten.

3.4. Zusammenfassung der Feldarbeiten

Die Zusammenfassung der Felduntersuchungsphase ermöglicht eine umfassende Analyse der Thematik, die in den folgenden Abschnitten der Studie dargestellt wird – darunter u. a. die Bewertung der Angemessenheit, Wirksamkeit und Folgen der Mauerentfeuchtung, die Bedeutung der Diagnose im Kampf gegen das Feuchtigkeitsungleichgewicht sowie Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen. Die Messungen ergaben unterschiedliche Zustände der einzelnen Objekte hinsichtlich der Feuchtigkeitsparameter ihrer Bausubstanz und des Innenraumklimas. Die Ortsbesichtigungen bestätigten diesen Zustand der Objekte und machten gleichzeitig die Umstände deutlich, die Einfluss auf die oben genannten Parameter haben.

Ergänzende Messungen (2. Untersuchungsphase) ergaben eine starke Durchfeuchtung der Mauermassen, die überwiegend in einem Großteil der Wanddicke auftrat und mit zunehmender Höhe über dem Boden-/Fußbodenniveau abnahm. In den Objekten, die einer horizontalen Abdichtung (Injektion) unterzogen wurden, wurde Folgendes festgestellt: In Objekt Nr. 15 war der Mauerzustand oberhalb der Injektionshöhe trocken (allerdings lassen die fehlenden Ausgangswerte keine Aussage darüber zu, ob dieser Zustand tatsächlich auf die Injektion zurückzuführen ist), und in Objekt Nr. 18 sowie teilweise in Nr. 6 ein stark feuchter Zustand auf beiden Seiten des Injektionsstreifens. In einem Teil der Objekte, insbesondere in den oberen Wandbereichen, ist eine stärkere Feuchtigkeitsansammlung an der Oberfläche als im Inneren des Mauerwerks charakteristisch. Es ist auch zu beachten, dass unter den untersuchten Objekten nur eines (Objekt Nr. 6) einen Bodenbelag hat, der über dem umgebenden Gelände liegt; die übrigen sind (teilweise) versenkt, was zu einer erheblichen Feuchtigkeit in den unteren Wandbereichen von innen führt.

Die Messungen des Nitrat-, Chlorid- und Sulfatgehalts ergaben überwiegend einen niedrigen bis mittleren Salzgehalt (55 % der Proben), nur vereinzelt einen hohen, oft gar keinen. Die Wahrscheinlichkeit der Wasserdampfkondensation in den Innenräumen ist unterschiedlich – in Objekt Nr. 13 wurde ein Wert festgestellt, der nahe am kritischen Wert von drei Grad Unterschied zwischen der Wandtemperatur und dem Taupunkt (in den Objekten Nr. 6, 14 und 18) und relativ sicher in den Objekten Nr. 2 und 15 (mit Ausnahme der Sakristei, wo der kritische Wert erreicht wird).

Die wichtigsten Erkenntnisse aus den Feldarbeiten lauten wie folgt: Es fehlte eine genaue Diagnose der Ursachen für die Feuchtigkeit in den Gebäuden vor Beginn der Entfeuchtungsarbeiten. In den einzelnen Gebäuden variierte der Umfang der Bestandsaufnahme und anschließend der Durchführung der

, umfasste jedoch meist nicht den gesamten erforderlichen Maßnahmenkatalog, was zum Teil auf die fehlende Notwendigkeit oder das fehlende Bewusstsein für deren Notwendigkeit, zum Teil sicherlich auf begrenzte finanzielle und ausführende Möglichkeiten und möglicherweise auch auf zufällige Entscheidungen der Bauherren zurückzuführen sein könnte.

Die Unterlagen, die als Grundlage für die Ausführung der Arbeiten dienen oder hätten dienen sollen und die zum Vergleich mit dem tatsächlich ausgeführten Umfang herangezogen werden könnten, befinden sich bei den Verwaltern der Objekte in eher unvollständigem Zustand oder fehlen gänzlich. Dort, wo Unterlagen zur Verfügung gestellt wurden, waren diese nie vollständig, d. h. sie umfassten nicht den gewünschten Umfang der Vorentwurfs-, Entwurfs- und Bestandsunterlagen. Eine einigermaßen vollständige Projektdokumentation lag lediglich für fünf Objekte vor (Objekte Nr. 5, 10, 11, 12, 16), während für sechs Objekte keine Unterlagen beschafft werden konnten (Objekte Nr. 1, 2, 3, 8, 14, 17). Ein vollständiger Satz wurde wahrscheinlich nirgendwo erstellt, was auch für das später in die Analyse einbezogene Objekt Nr. 19 galt.

Bemerkungen zu den durchgeführten (oder nicht durchgeführten) Arbeiten sowie zur Nutzung:

- Bei vielen Objekten wurde das Niveau der an die Fassade angrenzenden Fläche angehoben (teilweise sogar über den Innenboden hinaus, meist jedoch mit einem erkennbaren Gefälle);
- Die Dämmarbeiten waren nicht immer vollständig (d. h. durchgehend über den gesamten Umfang durchgeführt);
- Die Außenwandbänder wurden in den meisten Kirchen ausgetauscht (im Wesentlichen durch Kiesbänder, häufig begrenzt durch einen hervorstehenden Bordstein);
- häufige Verwendung einer starren „Noppenfolie“ als Schutzschicht für die Dämmung oder als Dämmung selbst an den Fundamentwänden, die über die Wand hinausragt und nur selten mit einer PVC-Systemleiste abgeschlossen wird;
- die unzureichende Berücksichtigung der Belüftung der Kirche, die sowohl im Sommer als auch im Winter belüftet werden sollte, wobei die Zufuhr von Frischluft gewährleistet sein muss;
- die teilweise ungeeignete Wahl der Arbeitstechniken, was in Verbindung mit einer nicht immer sorgfältigen Ausführung zur Wirkungslosigkeit der Maßnahmen führt.

Beobachtungen zum Raumklima und zum aktuellen Erscheinungsbild der Objekte:

- In den meisten Gebäuden wurden keine Schimmelgerüche festgestellt (höchstens lokal);
- begrenzte Nutzung der Innenraumheizung (höchstwahrscheinlich aufgrund technischer Möglichkeiten und nutzungsbedingter Entscheidungen);
- das aktuelle Erscheinungsbild der Kirchen, d. h. das visuell bewertbare Aussehen sowie die Angemessenheit hinsichtlich ihrer Funktion, ihres Wertes und ihrer Bedeutung, ist im Prinzip glaubwürdig. Die visuelle Wahrnehmung ist hingegen unterschiedlich, in den meisten Fällen

zufriedenstellend — Die Betreiber der Gebäude kümmern sich im Rahmen ihrer Möglichkeiten um deren Erscheinungsbild. Die Fassaden (wenn auch nicht immer alle) und/oder die Innenräume (die manchmal für die nächste Bauphase zurückgestellt werden) sowie die unmittelbare Umgebung (die ebenfalls nicht immer aufgeräumt und gepflegt ist) machen einen guten Eindruck. Hingegen wird die für das Raumklima so wichtige Frage der richtigen Belüftung des Gebäudes – also die Gewährleistung des Zu- und Abflusses von Luft sowie die notwendige Durchlüftung – oft unterschätzt.

Analyse der angewandten technischen Lösungen und der Dokumentation im Hinblick auf die Wirksamkeit und die Folgen der Mauerentfeuchtung

4.1. Diagnose des Feuchtigkeitszustands vor Beginn der Entfeuchtungsarbeiten

Die Unterlagen zu den durchgeführten Entfeuchtungsarbeiten an den Wänden der untersuchten Objekte sind zwar entweder in den zuständigen Denkmalschutzbehörden oder in den Pfarrämtern erhalten geblieben, jedoch in verstreuter und fragmentarischer Form. In der Regel handelt es sich dabei um Entwürfe, die den Beginn von Bau- oder Restaurierungsarbeiten vorwegnahmen, oder um Dokumente zur Abnahme dieser Arbeiten. Es wurden keine Dokumente gefunden, die als Grundlage für die Durchführung invasiver Feuchtigkeitsschutzmaßnahmen dienen könnten, wie beispielsweise Gutachten, die das Ausmaß der beobachteten Phänomene und deren Ursachen ermitteln und die Wahl der weiteren und korrekten Vorgehensweise aufzeigen. Es wurden auch keine Unterlagen gefunden, die die durchgeführten Arbeiten dokumentieren, sei es in Form von Beschreibungen, Zeichnungen oder Fotos. Es fehlen zudem die Bestandsunterlagen, und es sind lediglich die Abnahmeprotokolle erhalten geblieben. Zum Wohle und im Interesse der Denkmäler sowie ihrer Verwalter und Investoren muss dieser Zustand unbedingt geändert werden.

Infolgedessen ist es nicht möglich, eine Verbesserung oder Verschlechterung des Feuchtigkeitsgrades festzustellen und damit die Wirksamkeit der Maßnahmen zu beurteilen, da objektive Unterlagen fehlen, die den Zustand vor der Durchführung der Entfeuchtungsarbeiten belegen. Die einzige Informationsquelle kann die Aussage des Eigentümers sein, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die subjektive Wahrnehmung der Ergebnisse der durchgeführten Arbeiten glaubwürdig ist.

4.2. Durchführung, Dokumentation und Überwachung der Ausführungsarbeiten

Aufgrund der in Punkt 3 beschriebenen Beobachtungen ist festzustellen, dass der Erhaltungszustand eines historischen Objekts objektiv und präzise überwacht und dokumentiert werden sollte, damit es in jeder Phase möglich ist, die Auswirkungen früherer Arbeiten zu bewerten, mögliche Gefahren zu diagnostizieren und angemessene weitere Konservierungs- oder Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen.

Zur Diagnose sollten Gutachten herangezogen werden, die von Fachleuten erstellt wurden, die über umfangreiche Erfahrung bei der Durchführung von Konservierungs- und Sanierungsarbeiten verfügen. Tritt eine übermäßige Feuchtigkeit im Gebäude auf, die in der Vergangenheit nicht beobachtet wurde, sollte zunächst ermittelt werden, welche Arbeiten im Gebäude oder in dessen Umgebung durchgeführt wurden und ob diese einen Einfluss auf die Veränderung des Mikroklimas im Innenraum und die Feuchtigkeitsbildung an den Wänden gehabt haben könnten.

Dazu gehören insbesondere:

- Veränderungen der Geländebeschaffenheit, die häufig im Umfeld von Kirchen auftreten, bedingt durch die Anhebung des Geländeniveaus des Kirchplatzes (Bestattungen, in der Vergangenheit nicht beseitigte Laubablagerungen, Renovierungsarbeiten); unüberlegte Maßnahmen, die die Bedingungen für den Regenwasserabfluss verändern, insbesondere die Fallrichtung des kirchlichen Geländes, der Bau einer Prozessionsstraße, meist ohne Beseitigung der alten Fahrbahn, und in der Folge die Blockierung des Regenwasserabflusses vom Gebäude nach außen; bei weltlichen Gebäuden sind die Ursachen für Veränderungen der Geländebeschaffenheit zwar andere, die Auswirkungen sind jedoch analog;
- der Austausch von Fenstern und Türen durch dichte Elemente, was den Luftstrom im Inneren einschränkt und infolgedessen zu einem Anstieg der Luftfeuchtigkeit führt;
- die Beseitigung der ursprünglichen Luftzufuhrsysteme (in Kirchen durch Krypta);
- die Unterbindung der Luftzirkulation im Innenraum durch das Verschließen von Öffnungen, über die früher „verbrauchte“ Luft abgeführt wurde (Öffnungen in Gewölben und Decken über Kronleuchtern, Türen zum Dachgeschoss oder zu Kirchtürmen usw.);
- Erneuerung der Dacheindeckung mit einer neuen, dichten Schicht, was zu einem Verlust des Luftaustauschs im Dachgeschoss führt;
- die Beschädigung historischer Dämmschichten (meist aus Lehm) beim Freilegen der Kirchenmauern von außen; solche Arbeiten gingen oft mit dem Bau eines durch einen Bordstein begrenzten Streifens um die Außenwände einher, was dazu führte, dass die ehemalige Lehmisolationsschicht und der stabilisierte Boden in einen saugfähigen und wasseraufnehmenden Graben entlang der Wände verwandelt wurden;
- die Rodung des Baumbestands rund um das Gebäude;
- Beschädigung oder Mängel an den Blechverkleidungen, die zu einer Durchfeuchtung der Wände von oben, von der Traufseite her, führen, insbesondere im Bereich der Dachkörbe.

Erst nach einer eingehenden Analyse der relativ jüngsten Maßnahmen sowie nach der Erkennung und gegebenenfalls der Beseitigung der dadurch verursachten Mängel ist es sinnvoll, Maßnahmen zur Verbesserung der Feuchtigkeitsbedingungen zu ergreifen.

Zunächst sollte angestrebt werden, die Ursachen der Feuchtigkeit durch die Behebung der oben genannten, festgestellten Mängel zu beseitigen. Erst nach deren Beseitigung ist es im Rahmen der weiteren Überwachung des Zustands des Denkmals

ist es möglich, invasive Maßnahmen wie das Anbohren von Mauern, das Freilegen von Fundamentwänden usw. durchzuführen.

Zur Verbesserung des Zustands des historischen Objekts, unter anderem im Hinblick auf die Aufrechterhaltung einer angemessenen Feuchtigkeit im Innenraum und an den Wänden, sollten bestimmte Maßnahmen dienen, die seinen Zustand dokumentieren.

Diese sind:

- Ein technisches Gutachten, das alle physikalischen Phänomene in einem historischen Gebäude diagnostiziert, die sich auf dessen „Zustand“ auswirken, und das von einem hochqualifizierten Fachmann oder einem Team von Fachleuten erstellt wird. Eine gewisse Gefahr kann die Einseitigkeit einer Bewertung darstellen, die beispielsweise nur von einem Bauingenieur durchgeführt wird; daher die Empfehlung, Bewertungen im Team durchzuführen, wobei die Sensibilität eines Kunstkonservators für historische Werte und die ingenieurwissenschaftlichen Kenntnisse eines Bauphysikers, der zur selbstständigen Ausübung einer technischen Funktion im Bauwesen befugt ist, einfließen. Eine einseitige technische oder ausschließlich konservatorische Bewertung kann zu falschen Schlussfolgerungen führen.

Ein unverzichtbarer Bestandteil der Beurteilung des Feuchtigkeitsgrades eines Denkmals sollte eine Untersuchung sein, deren Umfang den in den ausgewählten achtzehn Objekten durchgeführten Untersuchungen entspricht.

- Die Projektdokumentation, die unter umfassender Berücksichtigung der Kenntnisse über das Denkmal, seiner Baugeschichte und der bei seiner Errichtung verwendeten Technologien erstellt wurde, basierte somit auf architektonischen Untersuchungen sowie einer Analyse der aus geotechnischen Untersuchungen resultierenden Rahmenbedingungen.

Die Durchführung von Entfeuchtungsarbeiten ohne vorherige genaue Ermittlung des Ausmaßes und der Ursachen der Feuchtigkeit ist als unzulässig anzusehen. Bei den im Rahmen dieser Studie analysierten Entfeuchtungsprojekten fällt besonders die zurückhaltende Herangehensweise an invasive Arbeiten auf, die das Freilegen von Fundamenten, das Verlegen von Drainagen und das Anbringen neuer Abdichtungen umfassen. Der Umfang der geplanten Injektionen wird vom Planer in der Regel nicht genau vorgegeben, was nicht zur Schaffung einer horizontalen Dämmschicht in den Mauern führt; die Verlegung der Drainagerohre ist auf unbestimmten Schichten mit ungenauen Gefällen vorgesehen. Die Dokumentation sollte jedoch alle genau festgelegten Maßnahmen enthalten, die zur Verbesserung der Feuchtigkeitsbedingungen des Denkmals führen, und sich nicht nur auf fragmentarische, invasive und kostspielige Vorgehensweisen beziehen.

- Ausführungs- und Bestandsunterlagen – ein bisher vernachlässigter Schritt. Der Abschluss der Arbeiten wird lediglich durch Abnahmeprotokolle dokumentiert. Diese werden von einem Vertreter der Denkmalschutzbehörde, dem Bauherrn, dem Auftragnehmer (Bauleiter) und dem Bauaufsichtsinspektor (sofern ernannt) bei Besprechungen unterzeichnet, bei denen der Ausschuss nicht über Unterlagen verfügt, die die ausgeführten Arbeiten veranschaulichen, sondern lediglich eine Besichtigung des Objekts vornimmt. Die Arbeiten der sogenannten

die verschwinden, verdeckt werden, und es bleibt kein Dokument zurück, das ihren Verlauf dokumentiert. Infolgedessen war das Team, das achtzehn ausgewählte Denkmäler untersuchte, nicht in der Lage, Informationen darüber zu erhalten, welche Technologie tatsächlich zur Isolierung der Mauern verwendet wurde, ob und welche wasserabweisende Substanz in die Bohrlöcher eingebracht wurde, auf welche Weise und in welcher Menge, oder ob in Fällen mangelnder Wirksamkeit auf eine falsch gewählte Technologie, eine unsachgemäße Ausführung oder eine unvollständige bzw. fehlerhafte Diagnose zurückzuführen ist.

In dieser Situation **sollten bei allen invasiven Entfeuchtungsmaßnahmen zwingend Teilabnahmen der „verschwindenden“, also verdeckten Arbeiten sowie die Erstellung einer Dokumentation der laufenden Arbeiten durch den Auftragnehmer vorgeschrieben sein. Diese sollte als verbindlicher Anhang im Abnahmeverfahren dienen.**

4.3. Wirksamkeit von Entfeuchtungsmethoden und -arbeiten in der Denkmalpflege

Invasive Entfeuchtungsmaßnahmen, bei denen in die bestehenden Mauern eines historischen Gebäudes eine horizontale Feuchtigkeitssperre eingebracht wird, werden seit den 1980er Jahren durchgeführt. Anfangs wurde die Elektroosmose angewendet. Wie bei den heutigen Technologien wurden Löcher in die Mauern gebohrt, jedoch wurden in die Öffnungen keine wasserabweisenden Substanzen eingebracht, sondern Elektroden, die miteinander durch ein Kabel verbunden und an den Strom angeschlossen wurden. Eine so funktionierende Barriere war so lange wirksam, wie die Durchgängigkeit des das Gebäude umlaufenden Kabels und der in die Mauer eingebrachten Elektroden erhalten blieb. Die Methode erforderte neben dem Bohren der Löcher eine horizontale Rille, in die das elektrische Kabel verlegt wurde.

Eine weitere Neuerung war die Technologie, die keinen ständigen Stromfluss erfordert – die Elektroinjektion. Es wurde eine Anlage wie oben beschrieben verwendet, jedoch wurde nach der elektrischen Trocknung des Mauerwerks eine wasserabweisende Substanz in die gebohrten Löcher eingebracht, die nach dem Polwechsel nach oben transportiert wurde und in den Mikroporen des Mauerwerks erstarrte, wodurch eine horizontale Isolationsschicht entstand. Die Substanz war ausschließlich in der Lage, trockene Mauern zu durchdringen. Nach ihrem Erstarren konnte die elektrische Anlage demontiert werden.

Einen bedeutenden Fortschritt stellten Methoden dar, bei denen kristallisierende Substanzen in das Mauerwerk eingebracht wurden, die die Mikroporen feuchter Mauern verschließen. Die Bewertung der Wirksamkeit dieser Methode wird dadurch erschwert, dass die Ausführenden das Funktionsprinzip häufig nicht verstehen und infolgedessen die Bohrhöhen fehlerhaft festlegen oder die Mauern nicht ausreichend mit der kapillarverschließenden Substanz füllen. Die Durchführung der Injektion sollte daher während der Ausführung einer besonders genauen Überwachung unterliegen.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass im mittelalterlichen Bauwesen sehr häufig die Technik des „*opus emplectum*“ angewendet wurde, bei der die Außenflächen

Mauerflächen aus Stein oder Ziegel bestehen, während sich dazwischen eine eher zufällig angeordnete Füllung aus Kalk, Stein und Ziegel mit zahlreichen Luftporen befindet. Bei solchen Mauern kann auch die Injektionsmethode möglicherweise nicht die erwarteten Ergebnisse bringen.

Die im modernen Bauwesen empfohlenen vertikalen Dämmungen von Wänden, insbesondere von Außenwänden, werden auch in historischen Gebäuden umgesetzt. Bei Neubauten ist es erforderlich, eine durchgehende Dämmung zu erzielen, d. h. eine dichte Verbindung zwischen horizontaler und vertikaler Dämmung. Die vertikale Wanddämmung dient dem Schutz vor horizontalem Eindringen von Wasser aus dem Boden in die Fundamentwände.

In einigen der untersuchten Objekte wurden auch vertikale Dämmmaßnahmen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die Fundamentwände von außen freigelegt und mit einer Dämmschicht versehen, wobei in der Regel Feuchtigkeitsschutzschlämme aus dem auf dem Markt erhältlichen Sortiment verwendet wurden. Auf die Dämmschicht wird eine extrudierte Hartfolie aufgebracht, deren Aufgabe es ist, einen Spalt zwischen dem Boden und der Mauer zu schaffen und zu belüften. Die Mauern wurden von innen (zumindest in den untersuchten Objekten) nicht freigelegt, sodass keine vollständige Isolierung der Fundamentwände erreicht wurde. Die Ausführung vertikaler Isolierungen ging häufig mit der Verlegung einer Drainage um die Kirche herum sowie der Kanalisierung des Regenwasserabflusses aus den Dachrinnen einher.

Während die Ausführung einer horizontalen Abdichtung trotz einer Reihe von Bedenken gelegentlich die erwarteten Ergebnisse bringen kann, führt der Einsatz einer vertikalen Abdichtung in der Regel ausschließlich zu einer Verschlechterung des Zustands des Denkmals, ohne dass sich die Feuchtigkeitsbedingungen für den Betrieb des Gebäudes verbessern.

4.4. Folgen der durchgeführten Entfeuchtungsarbeiten und Anforderungen des laufenden Betriebs

4.4.1. Erörterung der Wirksamkeit der durchgeführten Abdichtungen und Entwässerungen in den untersuchten Objekten

Die Feststellung des Zustands, wie in Punkt 3 der Studie dargelegt, in dem sich die Objekte vor den Dämmarbeiten oder der Durchführung der Entwässerung befanden, ist nicht vollständig möglich, da dieser vor Beginn der Arbeiten nicht dokumentiert wurde. Es standen lediglich die Beobachtung eventueller Spuren früherer Feuchtigkeit und mündliche Informationen vor Ort zur Verfügung. Dagegen war eine Bewertung der Funktionsfähigkeit der Objekte hinsichtlich ihrer Feuchtigkeit aus anderen Gründen als denen, denen durch die Durchführung von Isolierungsarbeiten vorgebeugt werden sollte, möglich und wurde durchgeführt.

Auf der Grundlage der durchgeführten Messungen und Vor-Ort-Untersuchungen wurde festgestellt, dass in keinem der untersuchten Fälle trotz der durchgeführten Dämmarbeiten ein vollständig zufriedenstellender, korrekter und ausgeglichener Feuchtigkeitszustand erreicht wurde.

Von den achtzehn untersuchten Objekten war und ist Objekt Nr. 1 trocken – die dort durchgeführten Arbeiten betrafen lediglich die Abdichtung des unterirdischen Teils der Krypta, und ihre Wirksamkeit lässt sich heute mangels Dokumentation des Ausgangszustands nicht beurteilen. Bei Objekt Nr. 3 sind die Feuchtigkeitsprobleme im Grunde gelöst, jedoch stellt die mangelnde Belüftung eines Teils der Räume weiterhin eine Gefahr dar, und es treten bereits Auswirkungen von Spritzwasser auf. In Objekt Nr. 7 ist die Situation trotz der Durchführung sehr komplexer Entfeuchtungsarbeiten nicht eindeutig positiv und erfordert Aufmerksamkeit. Der Zustand von Objekt Nr. 9 ist komplex, da es praktisch nicht genutzt wird, was bestimmte Konsequenzen nach sich zieht. Die Objekte Nr. 10 und 12 können als teilweise trocken, teilweise weiterhin feucht eingestuft werden. Objekt Nr. 11 kann als trocken angesehen werden, doch die Grenzwerte des Innenraumklimas deuten darauf hin, dass selbst kleinste Abweichungen von der ordnungsgemäßen Nutzung (z. B. das Verstopfen von Lüftungsöffnungen) die Gefährdung wiederherstellen werden. In Objekt Nr. 14 betrifft die starke Feuchtigkeit eine der Kapellen. In Objekt Nr. 16 ist es gelungen, die Außenwände wirksam zu sichern, während das Innere durch Kondensations- und hygroskopische Feuchtigkeit befallen ist. Bis zur Hälfte der untersuchten Objekte – die Objekte Nr. 2, 4, 5, 6, 8, 13, 15, 17, 18 – weist nach wie vor schwerwiegende oder sogar sehr schwerwiegende Feuchtigkeitsprobleme auf. In dieser Gruppe ist beispielsweise das Objekt Nr. 17 deutlich durch Kondenswasser befeuchtet, das sich durch Dämmmaßnahmen nicht beseitigen lässt!

Die Ursachen für diese Situation sind zweifellos: eine unzureichende Diagnose, die vor Beginn der Dämmarbeiten erstellt wurde und die gesamte Komplexität der mit Feuchtigkeit verbundenen Phänomene nicht berücksichtigt, falsch gewählte Methoden zur Wanddämmung, möglicherweise mangelhafte Ausführung der Arbeiten sowie eine unsachgemäße laufende Nutzung der Gebäude.

4.4.2. Unzureichende Diagnose

Im Rahmen der Untersuchungen wurde in keinem einzigen Fall auf Gutachten gestoßen, die das gesamte Spektrum der Ursachen für das Feuchtigkeitsungleichgewicht erfassten. Es liegen keine Berichte über Feuchtigkeitsmessungen an den Mauern vor, und der Bodenspiegel wurde nicht bestimmt, um seitliche Infiltration als wichtige Ursache für die Feuchtigkeit auszuschließen. Nur in einem einzigen Fall (Objekt Nr. 8) ist von einer durchgeführten Neuprofilierung und Absenkung des Bodenniveaus an den Außenmauern die Rede (was jedoch keine positiven Ergebnisse brachte, da die Mauern im Rahmen der Arbeiten mit einem harten Randstreifen aus Granitpflastersteinen umgeben wurden). Generell fehlt eine Bewertung des Anteils von Spritzwasser an der Entstehung von Feuchtigkeit in den Mauern. Es fehlen Untersuchungen zum Klima und zur Belüftung sowie eine sorgfältige Bewertung von Kondensationserscheinungen und des Einflusses hygroskopischer Feuchtigkeit.

In der untersuchten Gruppe von Objekten waren die Planungen ausschlaggebend für die Durchführung invasiver Dämmmaßnahmen, diese basierten jedoch nicht auf einer fundierten Beurteilung der Ursachen für die übermäßige Feuchtigkeit. Es wurden Fälle festgestellt, in denen Injektionen in Granitblöcke geplant und durchgeführt wurden, was zweifellos darauf zurückzuführen war, dass der Planer das Material, aus dem das Mauerwerk bestand, nicht erkannt hatte. In einigen Fällen (z. B. Objekt Nr. 18) wurde nicht berücksichtigt, dass die Schichtung der Wände heterogen ist, und im Falle von *Opus emplectum* ist der Einsatz von Injektionen geradezu zum Scheitern verurteilt.

Angesichts der unvollständigen Diagnose hinsichtlich der Ursachen der Feuchtigkeit wurden nur punktuelle Maßnahmen ergriffen, die darauf abzielten, lediglich eine der möglichen Ursachen für die Durchfeuchtung der Mauern zu beseitigen; daher fiel das endgültige Ergebnis hinsichtlich der Wirksamkeit der durchgeführten Arbeiten nicht besonders positiv aus.

4.4.3. Angewandte Methoden

In den untersuchten Objekten wurden größtenteils Arbeiten durchgeführt, die in der Injektion als horizontale Feuchtigkeitsisolierung der Außenwände bestanden. Darüber hinaus wurden in einigen von ihnen die Fundamentwände freigelegt, eine vertikale Isolierung – meist mit Schlamm (verschiedener Hersteller) – eingebracht und diese mit einer „Pilzfolie“ abgedeckt, leider oft ohne obere Abdichtung. Im untersten Bereich der Aushubarbeiten wurde gelegentlich eine Drainage verlegt; im Zuge der Erdarbeiten wurde auch eine Regenwasserkanalisation gebaut, an die die Ausläufe der Fallrohre angeschlossen wurden. Nur in einem Objekt (Nr. 11) wurde ausdrücklich festgelegt, dass das Wasser aus den Dachrinnen separat abgeleitet werden sollte, ohne es in die Drainage einzuleiten. Die vertikale Abdichtung wurde an den Außenflächen der Mauern ausgeführt, an den Innenflächen jedoch nicht.

In einigen Fällen waren sowohl innen als auch außen an den Wänden Bohrlöcher von Injektionen zu sehen, was darauf hindeutet, dass die Bohrhöhen nicht immer übereinstimmten und die von beiden Seiten durchgeführte Injektion möglicherweise keine einheitliche, dichte Barriere bildete.

Die durchgeführten Dämmarbeiten zielten darauf ab, die aus dem Boden stammende Feuchtigkeit durch die Dämmung der horizontalen und vertikalen Wände zu beseitigen. Andere Ursachen für die Feuchtigkeit wurden dabei nicht berücksichtigt, und diese wurden, obwohl sie in der Regel am einfachsten zu beheben sind, in den Arbeitsplänen nicht berücksichtigt.

Richtigkeit

Diagnose und Umsetzung im Kampf gegen Feuchtigkeitsungleichgewichte

Auf der Grundlage von Untersuchungen an achtzehn historischen Gebäuden, an denen Dämmarbeiten durchgeführt wurden, wurde festgestellt, dass in keinem Fall Materialien und Unterlagen erhalten blieben, die darauf hindeuten, dass vor Beginn der Trocknungsarbeiten Anstrengungen unternommen wurden, alle schädlichen Erscheinungen im Zusammenhang mit dem Eindringen unerwünschter Feuchtigkeit in die historischen Kirchen zu erkennen; somit wurden die invasiven Arbeiten durchgeführt, ohne dass die Gesamtheit der mit dieser Problematik verbundenen Aspekte erkannt wurde. Die fachlichen Entscheidungen wurden durch die Einhaltung korrekter Verfahren sowohl bei der Einholung von Genehmigungen für Konservierungs- als auch für Sanierungsarbeiten gemäß dem Baugesetz und dem Gesetz über den Denkmalschutz und die Denkmalpflege in die Tat umgesetzt. Es ist daher nicht möglich, die diagnostische Korrektheit der an den untersuchten achtzehn Objekten durchgeführten Arbeiten zu bewerten (da diese nicht stattfand); es ist jedoch möglich, auf die Gesamtheit der Fragen hinzuweisen, die im Rahmen der Diagnose der Ursachen für das Feuchtigkeitsungleichgewicht in Gebäuden zu berücksichtigen sind.

5.1. Entscheidungsprozess zur Feststellung und Durchführung von Entfeuchtungsarbeiten

Das Auftreten von Anzeichen übermäßiger Feuchtigkeit sollte für den Betreiber der Anlage das Signal sein, Maßnahmen zu ergreifen. Unabdingbar sind dann eine zuverlässige Diagnose der Ursachen sowie die Vorhersage der Folgen eines Unterlassens von Maßnahmen. Die Erstellung einer Diagnose kann auf eigene Initiative des Eigentümers/Nutzers des Gebäudes oder auf Anordnung der Denkmalschutzbehörden erfolgen. In dieser Phase ist es nicht erforderlich, den vollen Umfang an Untersuchungen durchzuführen; eine vorläufige Erkundung reicht aus – z. B. gemäß dem für die oben genannten achtzehn Objekte durchgeführten Verfahren unter Verwendung der für diesen Zweck erarbeiteten Mustervorlagen: *Mustervorlage für die Methodik zur Untersuchung der Ursachen von Feuchtigkeit* und *Mustervorlage für die Vor-Ort-Erkundung* (**Anhänge Nr. 1 und 3** der Studie). In organisatorischer Hinsicht sollte der Verfasser der Diagnose zweifellos völlige Unabhängigkeit wahren und keine Verbindungen zum potenziellen Auftragnehmer sowie zum Organisator der Bemühungen um die Beschaffung

externer Finanzmittel für die Arbeiten am Objekt – um vor allem das erwartete konservatorische Ergebnis im Blick zu behalten.

Die Diagnose bildet die Grundlage für die Durchführung zunächst einfacher „instandhaltender“ Maßnahmen im Zusammenhang mit der Nutzung des Gebäudes (z. B. Freimachen der Lüftungsanlagen, Reinigung der Dachrinnen, Beseitigung von Gefällefehlern im Gelände rund um die Wände), und anschließend (je nach Ergebnissen und Bedarf) zur Durchführung des gewünschten Umfangs an Untersuchungs- und anschließend Planungsarbeiten (beschrieben in Punkt 7.3.1. – Dokumentationsstandard). Sowohl invasive Untersuchungen als auch Bau- und Konservierungsarbeiten sollten der Genehmigung durch den zuständigen Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft unterliegen. Es ist sinnvoll, parallel dazu Anstrengungen zur Sicherung der finanziellen Mittel zu unternehmen, die dem Umfang des zuvor erarbeiteten Entwurfs entsprechen (mit der Möglichkeit einer stufenweisen Durchführung). Die Auswahl des Auftragnehmers sollte in einem Verfahren erfolgen, das der Zuständigkeit des Auftraggebers entspricht, wobei zu berücksichtigen ist, dass dieser über die entsprechenden Befugnisse (im Bereich Denkmalpflege und Bauwesen) zur Durchführung von Arbeiten an Denkmälern verfügt. Während der Durchführung sind die durchgeführten Arbeiten zu dokumentieren und eine fachliche denkmalpflegerische Aufsicht sicherzustellen; nach Abschluss der Arbeiten ist eine Bestandsdokumentation zu erstellen.

5.2. Die Rechtmäßigkeit des Vorgehens im Hinblick auf das *Baugesetz* und das *Gesetz über den Denkmalschutz und die Denkmalpflege (uoozionz)*

Die sich ändernden Gesetze, darunter die oben genannten, erfordern eine laufende Überwachung, um die Maßnahmen der Bauherren an deren aktuellen Wortlaut anzupassen.

Derzeit (März 2022) ist für die Durchführung jeglicher Arbeiten an denkmalgeschützten Objekten, die im Register eingetragen sind, eine Genehmigung erforderlich. Bei Objekten, die in das Verzeichnis aufgenommen wurden und sich in einem Gebiet befinden, das nicht unter einen lokalen Bebauungsplan fällt, bedürfen Bauarbeiten einer Abstimmung. Es empfiehlt sich daher, vor Beginn der Arbeiten die zuständige Denkmalschutzbehörde der Woiwodschaft zu kontaktieren, um den Umfang der erforderlichen Genehmigungen, Abstimmungen oder Gutachten zu klären.

Der Denkmalschutzbeauftragte der Woiwodschaft erteilt die Genehmigung für die Durchführung von: „Konservierungs-, Restaurierungs- oder Bauarbeiten an einem im Register eingetragenen Denkmal sowie für die Durchführung von konservatorischen, architektonischen und archäologischen Untersuchungen sowie für die Durchführung anderer Maßnahmen, die zu einer Beeinträchtigung der Substanz oder einer Veränderung des Erscheinungsbildes des Denkmals führen könnten“. Diese Bestimmung deutet darauf hin, dass grundsätzlich alle Entfeuchtungsarbeiten in den erforderlichen Umfang fallen; besonders wichtig ist hier die Formulierung „sonstige Maßnahmen“, die an der Schnittstelle zwischen Bau- und Konservierungsarbeiten stehen und Zweifel hinsichtlich ihrer Einstufung aufwerfen können (z. B. Geländeglättung). Diejenigen, die diese Arbeiten und Untersuchungen durchführen, sind verpflichtet, die entsprechenden Anforderungen gemäß Art. 37a–h uoozionz zu erfüllen. Dem Antrag auf Durchführung der Arbeiten sind entsprechend beizufügen

Arbeits- oder Forschungsprogramme (im Bereich Denkmalpflege, Restaurierung, Architektur, Archäologie, Bauwesen) und/oder ein Bauvorhaben bzw. einen Teil eines Bauvorhabens in dem Umfang, der für die Beurteilung der Auswirkungen der geplanten Arbeiten auf das Denkmal erforderlich ist¹².

Das Baugesetz schreibt wiederum vor, dass für die Durchführung von Bauarbeiten an einem in das Denkmalregister eingetragenen Bauwerk eine Baugenehmigung eingeholt werden muss und dass Bauarbeiten in einem in das Denkmalregister eingetragenen Gebiet angemeldet werden müssen (unter Beifügung der Genehmigung des zuständigen Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft). Die Baugenehmigung wird von der Bauaufsichtsbehörde auf Antrag des Bauherrn erteilt, der u. a. einen Bebauungsplan für das Grundstück oder Gelände sowie einen Architektur- und Bauplan mit den gemäß gesonderten Vorschriften erforderlichen Genehmigungen (darunter insbesondere die Genehmigung des Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft zur Durchführung von Bauarbeiten an einem Denkmal). Ein solcher Entwurf muss von Personen erstellt werden, die entsprechende selbstständige technische Funktionen im Bauwesen ausüben. Es ist auch zu beachten, dass der Bauherr vor Beginn der Bauarbeiten verpflichtet ist, die Erstellung eines technischen Entwurfs sicherzustellen, der einen wesentlichen Bestandteil des Gesamtentwurfs darstellt. Von entscheidender Bedeutung ist die korrekte Definition der geplanten Arbeiten und deren Einstufung als Bau-, Restaurierungs- oder Bau- und Restaurierungsarbeiten, da jeder dieser Bereiche unterschiedliche Qualifikationen der Ausführenden erfordert. Während die Reparatur von strukturellen Rissen in den Mauern einer gotischen Kirche als Arbeit einzustufen ist, die Fachwissen und technische Befugnisse erfordert, sind Arbeiten an den gotischen Ziegeln selbst (Reinigung, Verstärkung, Ergänzung) Arbeiten, die das Fachwissen und die Qualifikation eines diplomierten Restaurators erfordern.

5.3. Allgemeine Verhaltensregeln für Objekte, die einer Entfeuchtung bedürfen

Die in der Dokumentation zur Gebäudetrocknung behandelten Aspekte sind nur ein Teil der Gesamtheit der Fragen, die im Rahmen des Planungsprozesses berücksichtigt werden sollten. Der Zeitplan für alle Maßnahmen, die das Denkmal erfordert, sollte invasive Entfeuchtungsarbeiten, sofern diese tatsächlich notwendig sind, vor dem Beginn von beispielsweise konservatorischen Arbeiten im Innenbereich an Wandflächen, architektonischen Gestaltungselementen und Einrichtungsgegenständen vorsehen. Dem sollte ein unabhängiges Gutachten vorausgehen, das die Ursachen der Feuchtigkeit ermittelt. Auf dieser Grundlage sollten alle nicht-invasiven Maßnahmen am Objekt durchgeführt werden, wie z. B. die laufende Wartung der Dachrinnen, die Erhöhung des Luftaustauschs im Innenraum durch die Freimachung von Öffnungen, die für die Schaffung von Möglichkeiten

¹² Eine gewisse Komplexität ergibt sich aus der Notwendigkeit, Genehmigungen an einzelne Auftragnehmer, z. B. für Gutachten, zu erteilen, die als Verfasser ihrer jeweiligen Programme fungieren sollten. Zum Zeitpunkt der Erstellung eines umfassenden Arbeitsprogramms sind die Auftragnehmer für die einzelnen Bestandteile des Gesamtprojekts noch nicht bekannt.

freie Luftzirkulation, Sanierungsarbeiten zur Gewährleistung der ordnungsgemäßen Funktion von Dächern und Dachrinnen, Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Ableitung von Regenwasser usw. Erst nach der Umsetzung des Basismaßnahmenprogramms und nach Durchführung von Kontrolluntersuchungen (in Abständen von einem, zwei und drei Jahren), die belegen, dass kein Trocknungsprozess stattfindet, kann gegebenenfalls ein Zeitplan für invasive Trocknungsarbeiten erstellt werden. Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung für solche Arbeiten muss jedoch die Überprüfung und der Nachweis (gestützt auf entsprechende Berechnungen) ihrer Notwendigkeit im Zusammenhang mit den zuvor erzielten Ergebnissen sein. Es ist zu beachten, dass die Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Abflusses des Regenwassers aus dem angrenzenden Gelände eine komplexe Aufgabe sein kann, die eine archäologische Untersuchung erfordert. Erst nach Erreichen einer dauerhaften Entfeuchtung der Außenmauern ist es möglich, weitere Sanierungs- und Konservierungsarbeiten an den Fassaden des Gebäudes sowie Arbeiten an den Wandmalereien im Innenbereich durchzuführen.

Wichtig ist auch, dass das zu entfeuchtende Gebäude unter der Aufsicht eines Fachmanns für Denkmalpflege und Restaurierung steht, der sich bei Bedarf beispielsweise um die kontrollierte Salzauswaschung kümmert, wodurch die Sicherheit von historischen Putzen, Wandmalereien usw. gewährleistet wird.

5.4. Folgen der gängigen Methoden

Die größte Gefahr, wie Untersuchungen an achtzehn Objekten gezeigt haben, ist die unzureichende Wirksamkeit der durchgeführten Trocknungsmaßnahmen.

5.4.1. Systemische Gefahren

Die Wirkungslosigkeit von Entfeuchtungsmaßnahmen ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die tatsächliche Ursache der Feuchtigkeit nicht berücksichtigt wird, was beispielsweise dazu führt, dass Dämmarbeiten in feuchten Gebäuden, sowie auf den Einsatz ungeeigneter Technologien, z. B. die Verwendung von Noppenfolie ohne obere Abdichtung und/oder die Ausführung „harter“ Wandmanschetten, die meist zusätzlich durch hervorstehende Randleisten abgeschlossen werden (Abb. 1a, b, c, d, e, f, g; Abb. 2a, b, c). Hinzu kommt, dass Kies- und Randstreifen nicht den erwarteten Schutz vor Abplatzungen bieten.

5.4.2. Kulturelle Gefahren

Isolierungsarbeiten, die mit Aushubarbeiten rund um das Denkmal verbunden sind – bei Kirchen in der Regel auf dem Gelände des Friedhofs –, erfordern das Aufbrechen und die dauerhafte Zerstörung der um das Bauwerk herum abgelagerten Kulturschichten. Diese Schichten stellen die grundlegende und manchmal einzige Informationsquelle für die Datierung des Gebäudes, die frühere Nutzung des Grundstücks, die Funktionsweise des Friedhofs, Renovierungen und die Technologie der Fundamenterrichtung dar. Das vollständige Freilegen des Gebäudes, was für Isolierungsarbeiten in der Regel unerlässlich ist, hat irreversible Folgen und zerstört Schichten, die zukünftige Untersuchungen und die Erforschung der Baugeschichte des Denkmals ermöglichen würden. Zudem kommt es vor, dass das Aufbrechen der an Gebäude angrenzenden Schichten dazu führt, dass



Abb. 1a, b, c, d, e, f, g Beispiele für die Einschränkung des Regenwasserabflusses durch die Ausführung einer Wandumrandung aus hartem Material, mit einem hohen Bordstein, der den Wasserabfluss blockiert, sowie durch fehlendes Gefälle



Abb. 2a, b, c Beispiele für die Ausführung einer vertikalen Abdichtung mit absteigender Noppenbahn, an der das Wasser herunterläuft, was zu einer Durchfeuchtung statt zu einer Entfeuchtung führt

Beschädigung der Fundamentwände (Abb. 2). Manchmal werden rund um die Fundamente Aushubarbeiten durchgeführt, bei denen schmale Gräben angelegt und mit lose verlegten, unverfugten Steinen verfüllt werden. Diese Steine fallen während der Entwässerungsarbeiten unter den Gebäudewänden hervor. Die in solchen Fällen angewandte nachträgliche Verfestigung der Steine mit Mörtel birgt eine ganze Reihe von Gefahren – von Veränderungen der Bauphysik über die Beeinträchtigung der Statik bis hin zur Wahrscheinlichkeit, dass in den zur Fundamentverstärkung verwendeten Mörteln selbst kapillare Phänomene ausgelöst werden. In der Praxis gibt es Beispiele für Bohrungen in Mauern, die nicht zur tatsächlichen Schaffung einer wasserabweisenden Barriere führen, sondern lediglich die historische Substanz unnötig beeinträchtigen (Abb. 3a, b). Aufgrund mangelnder Kenntnis der Mauerstruktur werden beispielsweise Bohrungen in Steinmauern vorgenommen, und die Löcher finden sich manchmal mitten in einem romanischen Granitblock! Ein solches Vorgehen konnte nicht zum erwarteten Ergebnis führen, sondern zerstörte einen wertvollen Teil des ursprünglichen Details. Entscheidungen über die Durchführung solcher Arbeiten sollten, sofern alle anderen Methoden und Wege zur Beseitigung übermäßiger Feuchtigkeit versagen, durch eine gründliche Analyse der möglichen Folgen einer Beeinträchtigung der Struktur des Denkmals untermauert werden.

Eine weitere invasive Maßnahme, die jedoch von den Autoren dieser Studie vorgeschlagen wird, ist die **Neuprofilierung** des an das historische Gebäude angrenzenden Bodens. In der Regel lagern sich im Laufe der Zeit weitere kulturelle Schichten um die Mauern herum ab

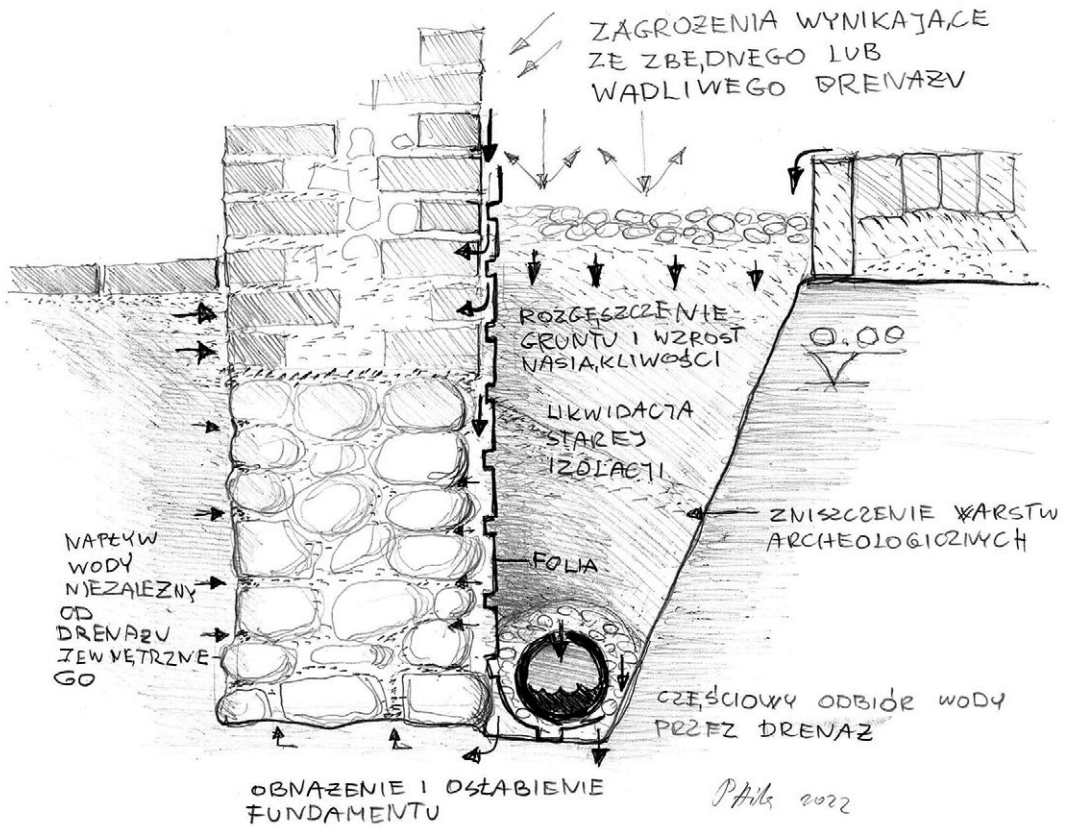


Abb. 2 Querschnitt durch die Fundamentmauer, an der eine Drainage angelegt wurde. Markiert ist der Umfang der Schäden, die durch das Freilegen des Gebäudes, die Beseitigung der historischen Isolierung und die Zerstörung der an die Mauer angrenzenden archäologischen Schichten entstanden sind. Die fehlerhafte Anwendung moderner Lösungen schützt die Mauer nicht vor eindringender Feuchtigkeit, sondern erhöht im Gegenteil die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens direkt am Fundament, schwächt die Fundamente und verändert den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in einer Weise, die nicht kontrollierbar und korrigierbar

verursachen eine Änderung der Abflussrichtung des Regenwassers, lenken es manchmal sogar direkt auf die Wände zu oder verhindern durch die Begrenzung durch Bordsteine den Abfluss (Abb. 3). Die Folge des erhöhten Bodenniveaus ist das seitliche Eindringen von Wasser in die Wände und damit deren Durchfeuchtung. Die Rückkehr zu einer älteren, ordnungsgemäß funktionierenden Gestaltung des angrenzenden Platzes kann natürlich auch kulturelle Schichten beeinträchtigen, die für die Erforschung der Baugeschichte des historischen Ortes von Bedeutung sind. Es besteht jedoch die Möglichkeit, die Stratigraphie des geschichteten Bodens mit archäologischen Methoden korrekt zu erfassen und eine Neuprofilierung im Bereich des ermittelten und gewünschten Niveaus durchzuführen, was mögliche Verlustrisiken begrenzt

Abb. 3a, b Auch horizontale Abdichtungen sind oft lückenhaft, inkonsequent und manchmal sogar schädlich für die historische Substanz



der historischen Werte, die im an das Denkmal angrenzenden Boden enthalten sind. Die archäologische Untersuchung beschränkt sich in diesem Fall auf punktuelle Eingriffe in die Kulturschichten. Das Reprofilierungsprojekt muss sehr gut durchdacht sein und in jedem Fall individuell unter Einsatz bewährter Technologien erstellt werden – von leeren Abstandsrohren über die Schaffung einer Art „Graben“, aus dem das Wasser effizient und effektiv abgeleitet wird, bis hin zur vollständigen Wiederherstellung des „sicheren Ausgangszustands“. Die Wahl der Lösungsmethode hängt von den Gegebenheiten des Bauwerks selbst, seiner Lage, der Höhe des Erdüberhangs usw. ab (Abb. 4).

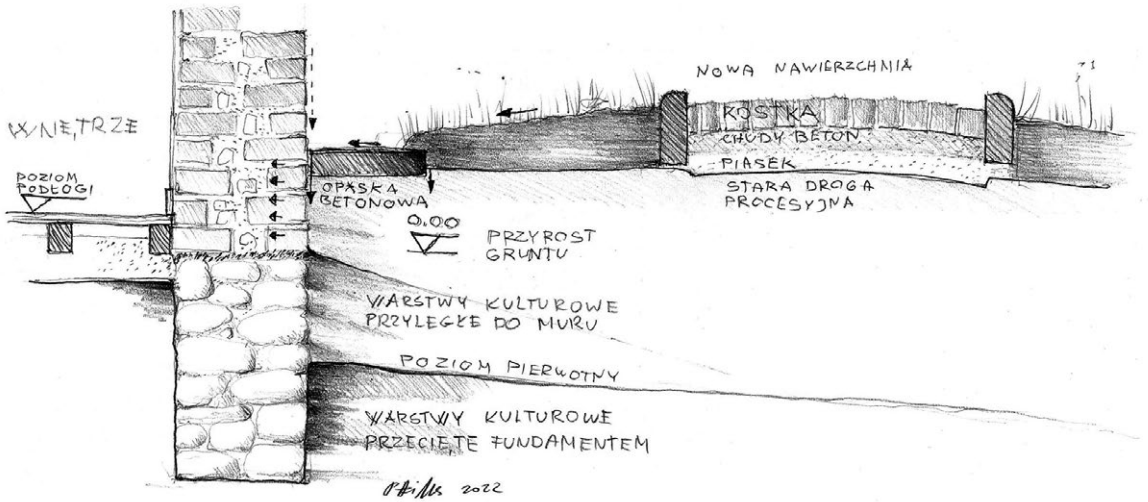


Abb. 3 Beispiel für ein erhöhtes Geländeniveau um das Gebäude herum mit einer fehlerhaften Ableitung des Regenwassers, was zu einer Durchfeuchtung der Erdgeschossmauern führt. Eine neue Straße mit Betonunterbau und hohen Bordsteinen blockiert den Wasserabfluss von der direkt an die Gebäudewände angrenzenden Bodenfläche vollständig.

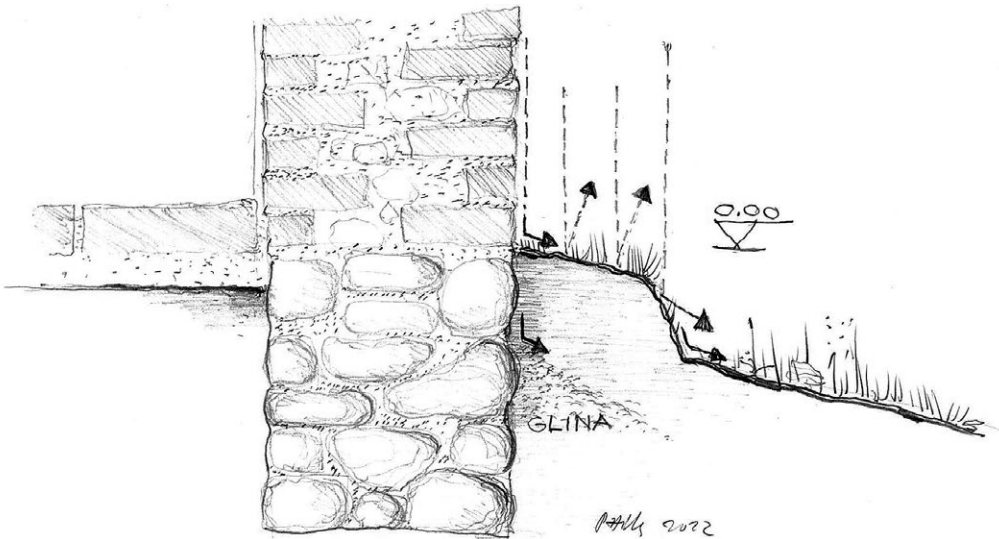


Abb. 4 Beispiel für eine optimale Gestaltung des an die Erdgeschossmauer angrenzenden Bodens, die die Wände vor dem Eindringen von Regenwasser aus dem hinteren Bereich sowie vor Wasser schützt, das an der Außenfläche der Mauer abfließt, wobei ein sehr scharfer, genau auf die Falllinie der Tropfen abgestimmter Absatz den Abprall in die entgegengesetzte Richtung „von der Wand weg“ lenkt.

Historische Dämmschichten bleiben unberührt

5.4.3. Technische Gefahr

Das Ausgraben und erneute Vergraben von Fundamentwänden ist ein Vorgang, der nicht ohne Auswirkungen auf die ordnungsgemäße Funktion des Fundaments als Bauteil bleibt. Neben der oben erwähnten Beeinträchtigung der stabilisierten Bodenschichten, einschließlich der teilweise erhaltenen ursprünglichen vertikalen Dämmschichten, beispielsweise aus gestampftem Lehm, kommt es zu einer dauerhaften Beeinträchtigung der Bodenkonsistenz und damit zu einer Erhöhung der Wasseraufnahmefähigkeit. Die Arbeiten gehen oft mit einer mechanischen Bodenverdichtung einher, die schwerwiegende Folgen haben kann.

Bei den Fundamentmauern der meisten mittelalterlichen Kirchen kann es bei Isolierungsarbeiten dazu kommen, dass Findlinge in die Baugrube rutschen und die Fundamente beschädigen, da die Steine historisch gesehen nicht verfugt sind. Die Methode, Fundamente aus lose in die Baugrube geschütteten Steinen zu errichten, war damals üblich, und das Fehlen von Fugen ist weder ein Fehler noch ein Mangel der alten Fundamente!

Die Mauer und der Streifenfundament haben die Aufgabe, die vertikale Last der Wände auf den Boden zu übertragen, auf dem sie ruhen. Dies geschieht unter anderem dank der natürlichen Tragfähigkeit des natürlichen Bodens, der durch die Fundamente vom Gebäude belastet wird. Boden, dessen Mikroporen ab einer bestimmten Tiefe in der Regel mit Wasser gesättigt sind, weist eine höhere Tragfähigkeit auf als derselbe Boden mit Mikroporen, die mit Luft oder einer Mischung



Abb. 4a, b, c Wandleisten, die das Eindringen von Wasser hinter die Folie verhindern, werden uneinheitlich eingesetzt, sind oft unvollständig und sind daher unwirksam



Abb. 5a, b, c, d Fehlende Gefälle, Vertiefungen, harte Oberflächen und zufällige Hindernisse sind ebenfalls häufige Ursachen für Feuchtigkeitsprobleme

, die eine wesentlich höhere Schrumpfung aufweisen als Wasser. Daraus folgt, dass in manchen Fällen **eine übermäßige Austrocknung des Bodens durch die Anlage einer Entwässerung um das Gebäude herum schwerwiegende bauliche Folgen haben kann**. Fundamentwände übertragen die Last auf den Boden unter den Fundamenten, aber auch dank der Reibungskräfte zwischen der Fundamentwand und dem angrenzenden Boden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn **der an das Fundament angrenzende Boden ungestört** ist. Ein gestörter Boden, der nur lose an der Mauer anliegt, erzeugt keine Reibung als eine der Kräfte, die die Last des Gebäudes übertragen; daher **verringert das Ausgraben und erneute Einbetten der Mauer die Festigkeitsparameter der Fundamentierung**.

Eine weitere Gefahr besteht in der Anwendung falscher Bautechniken, was zu einer Verschlechterung der Feuchtigkeitsbedingungen im Gebäude führt, z. B.: die Verwendung von Noppenfolie an senkrechten Wandabschnitten unterhalb des Erdreichs (sei es als Dämmung oder als Schutz der Feuchtigkeitsisolierung), ohne eine wasserdichte obere Abdichtung, die das an den Wänden herabfließende Wasser auffängt, was zur Durchfeuchtung der unteren Gebäudeteile führt (ein separates und optisch umstrittenes Thema ist die Verwendung einer oberen Andruck- und Abschlussleiste) (Abb. 4a, b, c); die zu großflächige Ausführung von „harten“

Abb. 6a, b, c Ungeeignet ausgewählte oder ausgeführte Putzarbeiten und Anstriche, die mit dem Originalmaterial nicht kompatibel sind – z. B. mit zu hoher Dichtigkeit – sowie die häufige Vernachlässigung des Problems der sind die häufigsten Ursachen für die schnelle Zerstörung von Objekten, an denen kürzlich Arbeiten durchgeführt wurden





Abb. 7a Fehler bei der Ausführung von Dachrinnen- und Regenwasserableitungssystemen, verstopfte Abflüsse – sind leider keine Seltenheit

Wandabschlüsse (aus Beton, Steinplatten, Pflastersteinen oder sogar Kies), was dazu führt, dass die Mauern durch Spritzwasser durchnässt werden; die Ausführung von Randstreifen, die durch hervorstehende Bordsteine begrenzt sind und auf wasserabsorbierenden Schichten verlaufen, was eine schnelle und effiziente Ableitung des Wassers vom Gebäude verhindert und keinen Schutz vor Spritzwasser bietet (Abb. 5a, b, c, d; Abb. 6a, b, c).

Eine weitere Gefahr stellen unterirdische Wasserleitungen dar, insbesondere dort, wo häufig die Entwässerung mit der Dachentwässerung verbunden ist, was bei fehlenden regelmäßigen Überprüfungen des Zustands dieser unterirdischen Anlagen zu unkontrollierten Wasseraustritten führt (Abb. 7a).

Schlussfolgerungen, Empfehlungen, Standards

Auf der Grundlage des gesammelten Materials und der durchgeführten Analysen legt das Team Schlussfolgerungen und Empfehlungen vor, die sowohl als Grundlage für die Festlegung korrekter, empfohlener oder vorgeschriebener Verfahren als auch für sachlich angemessene Vorgehensweisen dienen können.

Eine wichtige Erkenntnis ist die Feststellung, dass Maßnahmen zur Isolierung und Abdichtung (die manchmal gleichwertig eingesetzt werden) eine unterschiedliche, oft geringe Wirksamkeit aufweisen. Dies ist ein kostspieliger und riskanter Weg. Von der romanischen über die gotische bis hin zur späteren Architektur lässt sich dort, wo die ursprünglichen Lösungen erhalten geblieben sind, deutlich erkennen, dass der Schutz der Bauwerke vor Feuchtigkeit nicht auf Abdichtung beruhte, sondern auf einer schnellen und effizienten Wasserableitung und der Begrenzung ihrer schädlichen Auswirkungen auf das Bauwerk! Gleichzeitig wurde das Wasser niemals so abgeleitet, dass es zu einer Austrocknung des Bodens unter und um das Gebäude herum führte. Verschiedene Teiche und Tümpel in der Nähe dienten als Rückhalte- und Löschwasserreservoirs, und die stets vorhandenen Bäume trugen dazu bei, das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Boden und Luft in der Umgebung aufrechtzuerhalten. Aus diesem Grund sollte man heute im Kampf gegen Feuchtigkeit so weit wie möglich eine Strategie der „Rückkehr zum sicheren Ausgangszustand“ verfolgen, anstatt eine Strategie des Aufsichtens wirkungsloser Dämme¹³.

Die durchgeführten Analysen haben zudem gezeigt, dass Feuchtigkeitsprobleme nicht punktuell, ohne Messungen, ohne umfassende Untersuchungen und ohne Berücksichtigung aller Faktoren sowie der Reaktionen aller Bauteile und vor allem ohne eine ganzheitliche Betrachtung der Struktur des Denkmals gelöst werden können.

¹³ Vgl. B. J. Rouba, *Feuchtigkeit – ein Problem für den Kirchenverwalter*, „Renowacje i Zabytki“ 2021, 1 (77), S. 122–137 (https://renowacjeizabytki.pl/data/file/default/1/8317_9094c8ccd340861d5034fed2bdec0d46.pdf).

6.1. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1.1. Zur Vorbereitung und Durchführung der Arbeiten

Angesichts der festgestellten Unregelmäßigkeiten lässt sich auf der Grundlage der Beobachtungen feststellen, dass zur Verbesserung der Wirksamkeit bei der Wiederherstellung des Feuchtigkeitsgleichgewichts in historischen Gebäuden die folgenden Vorgehensregeln beachtet werden müssen:

- Erstellung einer umfassenden und vollständigen Diagnose in Form einer präzisen Bewertung der physikalischen Vorgänge in feuchten Objekten sowie Feststellung des Ausmaßes der erkannten Phänomene (technisches Gutachten und dessen konservatorische Interpretation); vor Beginn der Planungs- und Ausführungsarbeiten;
- Ermittlung der geeigneten Technologien für die Errichtung von Mauern und Fundamenten von Bauwerken, damit die durchgeführten Arbeiten optimal auf die jeweilige Situation abgestimmt sind;
- Erstellung vollständiger Vorentwurfs- und Entwurfsunterlagen (Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes, Notwendigkeit einer objektiven Beurteilung des Gebäudezustands durch Feuchtigkeitsmessungen, Notwendigkeit der Archivierung von Dokumenten);
- Wahrung der konservatorischen Sorgfalt (Aufsichtsanforderung, Abnahmeanforderung);
- Vermeidung fragwürdiger (manchmal fehlerhafter, manchmal veralteter) Ausführungstechnologien;
- Umfassende und vollständige Durchführung der Entfeuchtungsarbeiten;
- vollständige Dokumentation der einzelnen Ausführungsphasen, einschließlich der Bestandsdokumentation;
- Einführung eines Mechanismus zur Überprüfung der Wirksamkeit der durchgeführten Arbeiten;
- Berücksichtigung archäologischer Aspekte, insbesondere bei Maßnahmen, die zu einer Beeinträchtigung der Kulturschichten rund um das zu entwässernde Objekt führen;
- Beseitigung aller negativen Umstände, die zu einem Feuchtigkeitsungleichgewicht im Gebäude führen könnten, durch reversible, nicht-invasive Methoden;
- Durchführung invasiver Dämmungsarbeiten nur unter der Voraussetzung, dass zuvor nicht-invasive Arbeiten durchgeführt wurden, vollständige Dokumentation der „verschwindenden“ Arbeiten, archäologische Überwachung sowie Dokumentation der freigelegten Außenflächen der Wände im Rahmen der architektonischen Untersuchungen.

6.1.2. Zur Nutzung und zum Erscheinungsbild des Objekts

Es wurden zahlreiche Fälle einer nachteiligen oder inkonsequenten Anpassung der Geländegestaltung festgestellt (Aufschüttung von Erde, falsche Gefälle, Bordsteinbarrieren); es wurde ein Mangel an ausreichender Sorgfalt für die ordnungsgemäße Funktion des Regenwasserableitungssystems (Abschlüsse, Dachrinnen, Regenwasserkanalisation, Entwässerung) (Abb. 7b, c). In vielen Fällen ist ein unzureichendes Bewusstsein für die Bedeutung der Wärme- und Lüftungstechnik (Wärmedämmung, Heizung, Lüftung – ständige und punktuelle) zu beobachten. Oft fehlt auch die Übereinstimmung des Erscheinungsbildes der neuen

mit dem historischen Erscheinungsbild des Gotteshauses, manchmal besteht auch kein Zusammenhang zwischen dem Feuchtigkeitszustand und dem guten/schlechten Erscheinungsbild des Objekts. Es ist daher unerlässlich, die Maßnahmen zur Verbesserung dieser Situation zu intensivieren.

6.2. Empfehlungen und Ratschläge

6.2.1. Ordnungsgemäße Nutzung

Die Gestaltung des umliegenden Geländes, insbesondere des direkt an die Denkmalmauer angrenzenden Streifens, sollte eine ordnungsgemäße Ableitung des Regenwassers sowie die Aufrechterhaltung eines korrekten, die Sicherheit des Gebäudes gewährleistenden Grundwasserspiegels ermöglichen. Am günstigsten ist es, wenn die Bedingungen gegeben sind, die eine Wiederherstellung der früher bestehenden Nutzflächen ohne negative Folgen ermöglichen.

Die Grünflächen rund um Kirchen und andere historische Gebäude sollten unabhängig von den mit dem Laubfall im Herbst verbundenen Nutzungsbeeinträchtigungen gepflegt oder wiederhergestellt werden.

Es ist notwendig, die Belüftung der Innenräume und einen angemessenen Luftaustausch aufrechtzuerhalten bzw. wiederherzustellen sowie für angemessene klimatische Bedingungen zu sorgen. Die Hauptursachen für Störungen und Unregelmäßigkeiten sind: die Einführung von Heizungen in Kirchen und der daraus resultierende Versuch, Kosten zu senken, indem der Abfluss erwärmter Luft eingeschränkt wird; das Schließen von Kirchen außerhalb von Feiertagen, was häufig den Zustrom von Außenluft einschränkt; die Beseitigung oder Abdeckung von Öffnungen in den Gewölbekapiteln; die übermäßige Abdichtung von Fenster- und Türöffnungen (z. B. durch den Austausch gegen Metallfenster oder moderne, hermetisch schließende Fenster); Renovierung der Dacheindeckung in Verbindung mit dem Einbau dichter Schichten, die das Eindringen von Luft durch die Dachfläche verhindern; Beseitigung der ursprünglichen Luftzufuhrsysteme durch Krypta; Beseitigung der Belüftung von Kirchen durch Türme, Glockentürme und Öffnungen in den Giebeln.

In Gebäuden, in denen Anzeichen eines mikrobiologischen Befalls sichtbar sind (Schimmelpilzkolonien, holzfressende Insekten usw.), ist eine Überwachung des Raumklimas und die Behebung von Mängeln erforderlich.

Erforderlich ist auch die Überwachung des Regenwasserableitungssystems, einschließlich: regelmäßiger Überprüfung der Durchgängigkeit der Regenwasserkanalisation und der Entwässerung, laufender Instandhaltung – Reinigung von Dachrinnen und Fallrohren, Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion der Dachanschlüsse sowie Überprüfung der Dichtheit des Daches und der Dachrinnen.

6.2.2. Korrektheit der Maßnahmen des Bauherrn und des Auftragnehmers bei Feststellung von Feuchtigkeit

Bau- und Konservierungsmaßnahmen an einem historischen Gebäude sollten in einem ordnungsgemäßen organisatorischen Ablauf durchgeführt werden: Auftreten eines Problems → gründliche Diagnose → Einwerbung von Finanzmitteln für die notwendigen Untersuchungen und die Ausarbeitung eines Entwurfs →



Abb. 7b, c Fehler bei der Ausführung von Dachrinnen- und Regenwasserkanalisationen, verstopfte Abflüsse – sind leider keine Seltenheit

fachübergreifende (je nach Bedarf) Projektdokumentation → solide Ausführung (nicht unbedingt die billigste) → laufende Überwachung der durchgeführten Arbeiten → vollständige Abnahme (denkmalpflegerisch, baulich, finanziell).

Um die technische Integrität des Gebäudes zu gewährleisten, sollten bei den Sanierungsarbeiten Materialien verwendet werden, die mit den Originalmaterialien kompatibel sind; Die Verwendung moderner Baumaterialien, die für ein historisches Gebäude ungeeignet sind (z. B. mit anderen Dampfdurchlässigkeitsparametern), sollte auf das unbedingt notwendige Minimum beschränkt werden, und zwar ausschließlich unter der Voraussetzung, dass sie der historischen Bausubstanz keinen Schaden zufügen. Alle Materialien und Technologien sollten über die entsprechenden Zulassungen und Zertifikate verfügen, um die Sicherheit des weiteren Bestehens des Denkmals und seiner Nutzer zu gewährleisten.

Artikel 10 *der Charta von Venedig* besagt: „Wo sich traditionelle Techniken als unwirksam erweisen, kann die Stabilisierung eines Baudenkmals unter Verwendung beliebiger moderner Konservierungs- und Bautechniken erreicht werden, **deren Wirksamkeit wissenschaftlich nachgewiesen und durch Erfahrung bestätigt wurde.**“ Praxis und Erfahrung zeigen, dass sich in sehr vielen Fällen moderne Materialien, aber auch Lösungskonzepte nicht bewähren¹⁴.

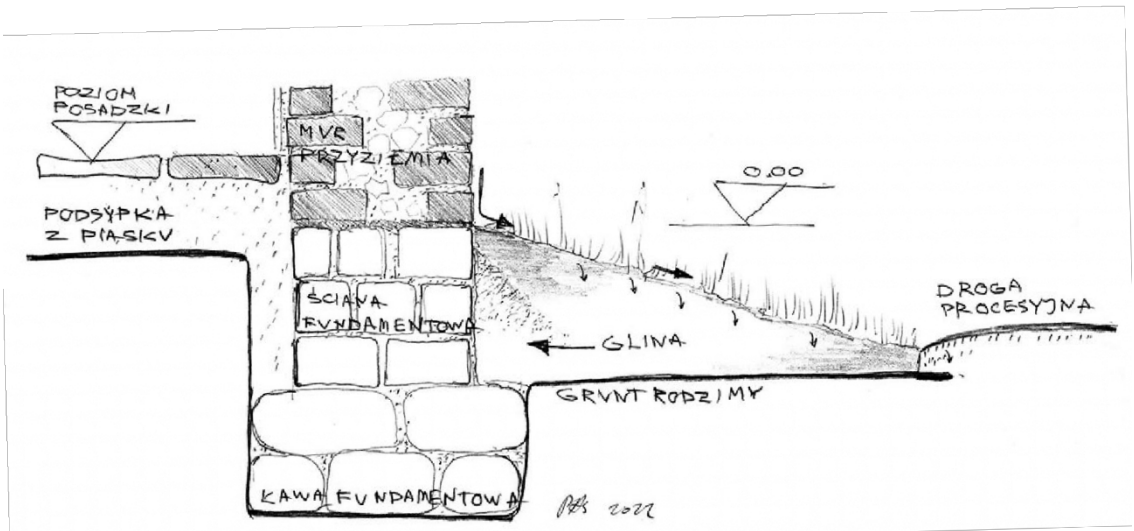
¹⁴ Als Beispiel seien hier Dutzende von Projekten aus den 60er, 70er und 80er Jahren genannt, als für die Instandsetzung historischer Mauern üblicherweise maschinell hergestellte, bindige, wenig wasseraufnehmende Ziegel und Kalk-Zement-Mörtel mit noch schlechteren Eigenschaften verwendet wurden. Infolge der mangelnden Kompatibilität

6.2.3. Empfehlungen für nicht-invasive Methoden zur Aufrechterhaltung des Feuchtigkeitsgleichgewichts des Bauwerks

Die ergriffenen Maßnahmen sollten dazu führen, das ursprüngliche Feuchtigkeitsgleichgewicht des Denkmals wiederherzustellen, das es ja hatte, da es bis in unsere Zeit überdauert hat, teilweise über viele Jahrhunderte hinweg (Abb. 5). Ursache für die Feuchtigkeit ist in der Regel eine Veränderung der Betriebsbedingungen des Denkmals im Vergleich zum früheren Zustand, daher kann die Nachverfolgung der eingetretenen Veränderungen in seiner Umgebung der beste Weg sein, um eine korrekte Diagnose zu stellen und die Feuchtigkeit zu beseitigen, indem (soweit möglich) die eingeführten nachteiligen Veränderungen rückgängig gemacht werden und anschließend eine laufende, sorgfältige Pflege erfolgt. Es ist zu beachten, dass **die am häufigsten diagnostizierte Ursache für die Feuchtigkeit in den Mauern der Anstieg des Geländeeniveaus um das Gebäude herum, die Versiegelung der Oberfläche sowie Hindernisse ist, die den Wasserabfluss einschränken (erhöhte Straßen, Bordsteine usw.)** (Abb. 3).

Wenn in der Kirche eine Heizung installiert wurde, sollte man darauf achten, die Innentemperatur so niedrig wie möglich zu halten, insbesondere wenn die Außenwände keine ausreichenden thermischen Eigenschaften aufweisen (dünne Wände, Mauern aus Materialien mit geringer Wärmedämmung, z. B. Stein).

Abb. 5 Beispiel für eine ordnungsgemäß funktionierende Grundmauer mit ungestörten Höhenverhältnissen zwischen dem Gebäude und seiner Umgebung. Durch die erhaltene ursprüngliche Feuchtigkeitssperre der Grundmauer aus Lehm



Aufgrund der Wasseraufnahmefähigkeit der historischen Ziegel wird diese zu einem Filter, durch den Wasser verdunstet und sich in der Folge Salze ansammeln. Dies führt zu einer beschleunigten Zerstörung des ursprünglichen Baumaterials, was wir heute beispielsweise an den Stadtmauern historischer Städte, Burgen und Kirchen beobachten können.

Grundsätzlich gilt, dass die Entscheidung für invasive Methoden zur Gebäudetrocknung erst getroffen werden sollte, nachdem die erforderlichen Untersuchungen durchgeführt und alle möglichen Ursachen für die Feuchtigkeit mit nicht-invasiven Methoden beseitigt wurden.

6.3. Geforderte Standards

6.3.1. Dokumentationsstandard

Denkmalgeschützte Objekte, deren Erhalt im öffentlichen Interesse als verbindliches Ziel gilt, erfordern ständigen Schutz und Pflege.

Für die ordnungsgemäße Erfüllung dieser Aufgaben ist es unerlässlich, Wissen über alle in diesen Objekten ablaufenden Prozesse und durchgeführten Arbeiten zu sammeln, und die nach Abschluss der Arbeiten hinterlassene Dokumentation sollte in Zukunft ein vollständiges Material darstellen, das für ihre künftigen Betreuer und Nutzer unverzichtbar ist.

Eine Analyse von achtzehn historischen Gebäuden hinsichtlich der dort durchgeführten Arbeiten ergab, dass die Unterlagen, auf deren Grundlage die Arbeiten durchgeführt wurden, häufig nicht mehr vorhanden oder unvollständig sind und dass Informationen darüber, aus welchem Grund die Entfeuchtungsarbeiten durchgeführt wurden, nicht verfügbar sind. Es scheint zwar offensichtlich, dass Entfeuchtungsarbeiten dort durchgeführt wurden, wo unerwünschte Feuchtigkeit aufgetreten war. Die Besichtigung und Untersuchung ausgewählter Objekte bestätigte diesen scheinbar so offensichtlichen Zusammenhang jedoch nicht.

Aus dieser Analyse ergibt sich die allgemeine Schlussfolgerung, dass die Dokumentation bei allen Maßnahmen an einem Denkmal (nicht nur bei Entfeuchtungsarbeiten) folgende Rolle spielt:

1. Die Dokumentation des Entscheidungsprozesses, der die Durchführung bestimmter Arbeiten rechtfertigt – bei Entfeuchtungsarbeiten müssen dies umfassende Gutachten sein, gegebenenfalls ergänzt durch zusätzliche Fachuntersuchungen, die **alle möglichen Ursachen für das gestörte Feuchtigkeitsgleichgewicht des Denkmals** ermitteln, mit folgendem Umfang:
 - geotechnische Untersuchungen (vor allem hinsichtlich des Vorkommens und des Pegels von Grund- oder Oberflächenwasser, aber auch hinsichtlich der Bodenart und des Bodenniveaus);
 - Bewertung des Ausmaßes und des Umfangs der Feuchtigkeit sowie des Ausmaßes und des Grades der Versalzung;
 - mykologisches Gutachten – bezüglich des Ausmaßes und des Grades des mikrobiologischen Befalls;
 - Bewertung der Klima- und Belüftungsparameter des Objekts;
 - technisch-bauliches Gutachten zur statischen Bewertung, einschließlich der Fundamentierung des Objekts samt Aufgrabungen (unter Einbeziehung von Bodenuntersuchungen sowie in Abstimmung mit bzw. im Vorfeld von archäologischen Untersuchungen/Beaufsichtigungen);
 - konservatorische Untersuchungen der Oberflächenbeschichtungen und in Verbindung mit deren Ergebnissen festgelegte Bereiche für architektonische Untersuchungen;
 - vorläufige architektonische Untersuchungen;
 - vorläufige Bewertung des Objekts.

Bestandteil dieser Erkundung kann *die* in der Studie verwendete *Karte zur Geländekundung (Anhang Nr. 3)* sein.

2. Auf der Grundlage der in Punkt 1 beschriebenen vorläufigen Erkundung sind Maßnahmen zu planen, die zur Erlangung der entsprechenden Genehmigungen für die Durchführung der Arbeiten führen. Auf der Grundlage **des strategischen Konservierungsplans**¹⁵ und unter Berücksichtigung der Gesamtheit der sich aus dem Maßnahmenplan für das Objekt ergebenden Erfordernisse kann mit der Erstellung **eines** multidisziplinären **Konservierungsentwurfs** begonnen werden, der je nach den individuellen Bedürfnissen jedes Objekts folgende Bestandteile enthält:

- ein Programm für konservatorische Untersuchungen;
- ein Programm für architektonische Untersuchungen;
- ein Programm für archäologische Untersuchungen;
- ein Programm für die erforderlichen bautechnischen und konservatorischen Gutachten;
- ein Programm für sonstige Maßnahmen am Denkmal.

Erst auf der Grundlage der Ergebnisse dieser umfassenden Erkundungsmaßnahmen kann **ein Konservierungsentwurf** erstellt werden, der sowohl Konservierungsmaßnahmen als auch bauliche Konservierungsmaßnahmen (sofern erforderlich) und gegebenenfalls auch andere (fachspezifische) Maßnahmen am Denkmal umfasst.

Jeder Teil des **multidisziplinären, gemeinsamen Entwurfs** muss den Umfang und die detailliert geplante Art der Ausführung der Arbeiten angeben und von Personen mit entsprechenden Befugnissen erstellt werden. Jeder der Projektmitarbeiter ist individuell für den von ihm erarbeiteten Bereich verantwortlich und bleibt gleichzeitig für das gesamte Werk verantwortlich¹⁶. Sowohl das Gesamtprojekt als auch jeder einzelne Teil des Projekts sollte zu gegebener Zeit mit dem zuständigen Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft abgestimmt werden.

3. Dokumentation der durchgeführten Arbeiten – Ausführungsunterlagen, die die tatsächliche Umsetzung des Projekts und die Art und Weise seiner Durchführung bestätigen. Diese Unterlagen sollten sich insbesondere auf sogenannte verdeckte Arbeiten beziehen, zu denen beispielsweise der Großteil der Dämmarbeiten gehört. Sie sollte auch die Elemente des Denkmals dokumentieren, die während der Arbeiten sichtbar werden und nach deren Abschluss wieder verdeckt werden (z. B. die Außenflächen der Fundamentmauern).
4. Die Nachbau-Dokumentation, die alle vor Beginn und während der Durchführung des Prozesses gewonnenen Informationen zusammenfasst und die Grundlage für die Abnahme der Arbeiten bildet.

15 Definitionen und Festlegungen zum Umfang eines Konservierungsprojekts finden sich auf der Website des Nationalen Instituts für Kulturerbe: https://nid.pl/wp-content/uploads/2022/03/Definiowanie-projektowania-konserwatorskiego_Postulaty_202203.pdf.

16 J. Tajchman, *Standards für die Planung, Durchführung und Überwachung von Konservierungsarbeiten an Architektur- und Baudenkmalern*, Warschau–Toruń 2014.

Daraus folgt, dass für die Erteilung der Genehmigung zur Durchführung der Arbeiten die in den Punkten 1 und 2 genannten Unterlagen und für die Abnahme der Arbeiten die in den Punkten 3 und 4 genannten Unterlagen vorliegen müssen.

Die Anforderungen an die Dokumentation für ein denkmalgeschütztes Gebäude sind wesentlich umfassender als beim Bau moderner Gebäude. Es besteht daher eine Diskrepanz zwischen den aktuellen Tendenzen – einerseits dem Bestreben, den Projektumfang im modernen Bauwesen zu minimieren, andererseits der Notwendigkeit einer umfassenden Untersuchung, Planung und Dokumentation der Maßnahmen, die an historischen Gebäuden durchgeführt werden. Dies ist jedoch eine unverzichtbare Voraussetzung für die Gewährleistung der Sicherheit und des Fortbestands des kulturellen Erbes. In diese Richtung geht der Standard zur Untersuchung von Feuchtigkeit.

6.3.2. Standard für Feuchtigkeitsuntersuchungen

Der im Rahmen der Aufgabe festgestellte Mangel an Informationen zur Diagnose der Ursachen von Mauerfeuchtigkeit in Objekten, die einer Entfeuchtung unterzogen werden, sowie das Bewusstsein für die Notwendigkeit, solche Arbeiten durchzuführen, bevor Entscheidungen über die Verbesserung der Betriebsbedingungen des Objekts getroffen werden, machen eine detaillierte Festlegung der Messmethode erforderlich, um die Korrektheit des Vorgehens zu gewährleisten. Aufgrund der Einzigartigkeit jedes Denkmals und der mit seiner Erhaltung verbundenen Probleme kann *der* vorliegende *Standard* Änderungen unterliegen; der Umfang der Erkennung, den *der Standard* beschreibt und präzisiert, sollte jedoch nicht eingeschränkt werden. Der Erkennung von Feuchtigkeit dient die Bewertung von sieben wesentlichen Parametern:

- 1) Messung der Feuchtigkeit der Gebäudewände und der Ausdehnung der Feuchtigkeitszone,
- 2) Bewertung des Salzgehalts der Gebäudewände,
- 3) Messungen der Höhe des Bodenniveaus im Verhältnis zur Höhe des Fußbodens (Nullpunkt),
- 4) Messung der Luftparameter (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) im Innen- und Außenbereich,
- 5) Messungen der Wahrscheinlichkeit der Wasserdampfkondensation,
- 6) Messung des vertikalen Temperaturgradienten,
- 7) Messung der Luftströmungsgeschwindigkeiten.

Der Standard ermöglicht die Erfassung aller notwendigen Daten über das Objekt, die korrekte Schlussfolgerungen und folglich, sofern erforderlich, wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Feuchtigkeits- und Klimabedingungen im Denkmal ermöglichen.

Der empfohlene Standard sowie vorgefertigte Vorlagen für die erforderlichen Tabellen und Beschreibungen der Messmethodik sind in **Anhang Nr. 1** der Studie enthalten. **Anhang Nr. 5** enthält hingegen *einen Aufgabenplan*, der als praktische Hilfe für den Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft dienen soll.

Das Bildmaterial enthält Zeichnungen, die Möglichkeiten zur Gestaltung des Geländes an den Gebäudewänden aufzeigen, wodurch eine schnelle Wasserableitung ermöglicht und die Benetzung der Wände durch Spritzwasser begrenzt wird.

Zusammenfassung

Probleme im Zusammenhang mit der Entfeuchtung von Gebäuden sind ein wichtiger Bestandteil der Gesamtproblematik, die die ordnungsgemäße Pflege von Denkmälern betrifft. Dazu kann die vorliegende Studie beitragen, der Untersuchungen zum Zustand und eine Analyse der Situation in achtzehn Objekten sowie einem zusätzlichen neunzehnten vorausgingen, ebenso wie die aus dem Forschungsmaterial gewonnenen Schlussfolgerungen.

Das ursprüngliche Ziel des durchgeführten Forschungsprogramms bestand darin, optimale Lösungen und Methoden für die wirksame Entfeuchtung von historischen Gebäuden zu ermitteln und dieses Wissen in die restauratorische Praxis zu übertragen. Das Endergebnis ist die traurige Feststellung, dass das Problem weder gut noch wirksam gelöst wird. Bei der Suche nach den Ursachen muss festgestellt werden, dass in keinem der untersuchten Fälle von Entfeuchtungsmaßnahmen an historischen Mauern die grundlegende logische Abfolge der Schritte eingehalten wurde, die aus der Erkennung des Phänomens, der Diagnose und anschließend der Durchführung sowie der Dokumentation dieser Maßnahme und ihrer Ergebnisse besteht.

Aus der Analyse aller untersuchten Objekte wurde versucht, Zusammenhänge abzuleiten, die die Rolle bestimmter Faktoren aufzeigen, die für das Feuchtigkeitsgleichgewicht einzelner Denkmäler oder dessen Verlust verantwortlich sind. Die Komplexität der Denkmäler, die Verschiedenartigkeit der Materialien und ihrer Herstellungstechniken sowie die Vielfalt der Umgebungsbedingungen erschweren die Feststellung und Aufzeigung einfacher Zusammenhänge. Sicherlich lassen sich jedoch Faktoren benennen, die der Aufrechterhaltung des Feuchtigkeitsgleichgewichts förderlich sind, sowie solche, die es schnell zerstören. Sie alle sind das Ergebnis menschlicher Aktivitäten – der täglichen Arbeit der Denkmalpfleger.

Zu den schädlichen Faktoren zählen – neben mangelnder täglicher Pflege und der Unterlassung laufender Reparaturen – unter anderem: ein Anstieg des Bodenniveaus über den Nullpunkt und die daraus resultierende seitliche Infiltration, harte Einfassungen (einschließlich Kies), die für das Überfluten der Wände mit Spritzwasser verantwortlich sind, unzureichende Entwässerung (insbesondere solche, die die Entwässerung von Dachflächen und Erdgeschoss verbinden), hohe Straßen und Bordsteine, die den Wasserabfluss blockieren, Beeinträchtigung der Belüftung (z. B. Blockierung des Luftstroms durch Krypta oder undichte Fenster und Türen,

Verlegung dichter, moderner Fußböden), ungeeignete, nur gelegentlich funktionierende Heizsysteme, zerstörter Baumbestand usw.

Zu den Faktoren, die sich positiv auf das Feuchtigkeitsgleichgewicht auswirken, gehört in erster Linie die Erhaltung der ursprünglichen Lösungen und Systeme, die von den ersten Erbauern geplant wurden – das System der Selbstregulierung d e r Feuchtigkeitsbedingungen durch atmungsaktive Fußböden auf einem Sandunterbau, das System der Luftzufuhr durch die Krypta und die ordnungsgemäße Belüftung des Innenraums, das ursprüngliche System zur Ableitung von Regenwasser von den Wänden (starkes Gefälle des mit Gras bewachsenen Geländes, Fehlen harter Oberflächen) sowie den in gutem Zustand erhaltenen Baumbestand¹⁷.

Die durchgeführte Analyse des Zustands der entfeuchteten Objekte – die mitunter mit hochentwickelten modernen Methoden, in gutem Glauben und unter großem Aufwand durchgeführt wurde – hat erneut gezeigt, wie enorm wichtig es ist, **die Integrität der Denkmäler** zu bewahren – also die Einheitlichkeit der für die Entstehungszeit typischen Lösungen. Neue Materialien und Lösungen, die in die alte Struktur eingebracht werden, können nur dann gut mit ihr koexistieren, wenn sie sich hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften dem ursprünglichen Material unterordnen, aber auch, wenn sie im Einklang mit einer Art „Philosophie“ des Bauwerks, dem Gedanken und dem Konzept seiner Schöpfer stehen.

Betrachtet man die Ergebnisse der Bekämpfung von Feuchtigkeit in Gebäuden, fällt unweigerlich auf, dass einige der Lösungen, ungeachtet ihrer anfänglichen Wirksamkeit, den Test der Zeit nicht bestanden haben. Sie haben sich abgenutzt. Heute sehen wir, dass entweder die Verkabelung der einst revolutionären Elektroosmose ihre Leitfähigkeit verloren hat (Abb. 8) oder dass die erbsengroße Isolierfolie, die möglicherweise UV-empfindlich ist, über der Erde zerfallen ist und sich zudem als unbeständig gegen mechanische Beschädigungen erwiesen hat (Abb. 9). Dabei sollten wir von invasiven Methoden besondere Zuverlässigkeit und Langlebigkeit verlangen, damit nach einigen oder mehreren Jahren nicht nur Reihen von Löchern in den Mauern zurückbleiben und eine eventuelle Nachbesserung nicht mit dem Bohren weiterer Löcher verbunden ist. Die Antwort auf die Frage nach der Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit der Dämmung ist von entscheidender Bedeutung, wenn wir sie auf die Lebensdauer eines Gebäudes beziehen, die manchmal mehrere hundert Jahre beträgt.

17 Vgl. A. Boczoń, *Wasserverbrauch von Eichen im Feuchtwald*, Warschau 2004, Monographien des Komitees für Wasserwirtschaft der Polnischen Akademie der Wissenschaften, Band 23. Die vom Autor untersuchte Eiche im Białowieża-Urwald nahm während ihrer Vegetationsperiode – von Mai bis Oktober – fast 21,5 m³ Wasser im Jahr 1999 und fast 28 m³ im Jahr 2000. Die größte monatliche Wasseraufnahme wurde im August 1999 (5,8 m³) und im Juni 2000 (7,6 m³) verzeichnet. Das bedeutet, dass der Baum im Juni **täglich 253 Liter Wasser** aufnahm.

Das Thema des Beitrags von Bäumen zum Wasserhaushalt stößt auf immer größeres Interesse, weshalb man sogar in der Boulevardpresse Informationen findet, dass z. B. eine 10 m hohe und 30 Jahre alte Birke täglich ca. 150 l Wasser aufnimmt, wovon ca. 142,5 l verdunsten und nur 5 % für die Photosynthese verbraucht werden, siehe: <https://www.gdansk.pl/wiadomosci/gdanskie-ogrody-deszczowe-spelniaja-swoja-role-gdzie-i-jak-wchlaniaja-nadmiar-wody,a,148526>.



Abb. 8 In der gotischen Kirche ein einzigartiges Beispiel für die frühere Anwendung der Elektrosmose-Methode mit sichtbarem Heizelement und einer heute nicht mehr in Betrieb befindlichen Leitung, die die Heizelemente verband



Abb. 9 Im selben Gebäude – korrekt verlegte Pilzfolie, abgeschlossen mit einer Abschlussleiste. Doch nach Jahren haben Alterungsprozesse des nicht beständigen Kunststoffes dazu geführt, dass die Folie bereits zerfallen ist und zwischen ihr und der Leiste ein deutlicher Spalt zu sehen ist. Infolgedessen dringt bei jedem Regen Wasser hinter die Leiste und befeuchtet zusätzlich den Fundamentbereich dieses 700 Jahre alten Bauwerks

Die heute allgemein angewandten Methoden erfüllen leider nicht das Prinzip der Reversibilität. Die nach den Arbeiten verbleibenden Löcher werden für künftige Generationen lediglich ein Zeugnis der Hilflosigkeit und Unwirksamkeit der Arbeiten sein, die wir derzeit ausführen.

Daher sollten wir von allen Technologien zur Feuchtigkeitsisolierung von Denkmälern sowohl Langlebigkeit als auch die Möglichkeit einer rückstandsfreien Beseitigung der eingesetzten Lösungen zugunsten neuer, besserer verlangen, die wir vielleicht noch nicht kennen, die aber die Zukunft sicherlich bringen wird.

All diese Erkenntnisse eröffnen ein Feld dringend notwendiger, nach wissenschaftlichen Standards durchgeführter Untersuchungen — von der Suche nach wirksamen Methoden zum Schutz von Bauwerken vor Spritzwasser über die Bewertung der tatsächlichen Wirksamkeit von Feuchtigkeitssperren, die bisher in alte Bauwerke eingebaut wurden, bis hin zur Bewertung der tatsächlichen Wirkung von wasserabweisenden Substanzen und der Ermittlung der „Grenzbedingungen“ für deren Anwendung usw.

ANHANG Nr. 1

Muster für die Methodik zur Untersuchung der Ursachen von Feuchtigkeit*

UNTERSUCHUNG DER URSACHEN FÜR DIE FEUCHTIGKEIT IN DEN MAUERN (Objekt, Standort)

KURZE BESCHREIBUNG DES OBJEKTS

Datierung:

Architektonische Form, Bauweise, Baumaterial, Wandstärke:

Ermitteln Sie nach Möglichkeit das Material, aus dem die Mauer besteht, und im Falle *eines Opus emplectum* das Material, aus dem die Außen- und Innenflächen bestehen. Messen Sie die Dicke der Mauern oder fügen Sie das Ergebnis einer bereits vorhandenen Vermessung des Objekts bei.

Abmessungen, Rauminhalt:

Umgebung des Objekts (Art der Bodenoberfläche, Geländeneigung usw.):

Frühere Entfeuchtungsarbeiten wurden im Objekt im Jahr durchgeführt. Sie umfassten:

Tab. 1

Maßnahme	Nein	Ja, Jahr	Angewandte Methoden und Technologien – kurze Beschreibung der Lösungen
Horizontale Abdichtung			
Vertikale Abdichtung			
Austausch von salzhaltigen Putzen (Art der verwendeten)			
Neugestaltung des angrenzenden Geländes			
Schutz vor Spritzwasser			

* Das Muster ist in einer editierbaren elektronischen Version auf der Website des Nationalen Instituts für Kulturerbe unter der Rubrik „Buchhandlung“ verfügbar.

Verbesserung des Regenwasserableitungssystems (Dachrinnen, Fallrohre)			
Schutz vor direkter Überflutung durch Niederschlagswasser – Abdeckungen, Hydrophobierung usw.			
Schutz vor dem Eindringen von Grund- und Oberflächenwasser (Entwässerungssysteme)			
Verbesserung des Lüftungssystems			
Einbau/Optimierung des Heizungssystems (Art der derzeitigen Heizung), maximale Temperatur im Winter			

Hinweis – Falls Unterlagen zu früheren Arbeiten vorliegen (sofern möglich), sind diese als separater Anhang beizufügen.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit der angewandten Lösung dienten der Expertenbesuch am und die durchgeführten Messungen.

Durchführender der Messungen:

Messverfahren, verwendete Geräte:

Vertrag Nr.

MESSUNGEN – METHODIK

Die geltende Norm EN 16682:2017 (E) berücksichtigt die Durchführung von Feuchtigkeitsuntersuchungen mit direkten und indirekten Methoden. Bei der Untersuchung von Denkmälern werden nicht-invasive Methoden bevorzugt, und Eingriffe in das Denkmalgut sollten auf das absolut notwendige Minimum beschränkt werden¹. Die Zuverlässigkeit der Feuchtigkeitsbewertung erfordert jedoch die Wahl einer für die jeweilige Situation geeigneten Messmethode. Das Risiko einer Verfälschung der Feuchtigkeitsbewertung durch den Einsatz indirekter Methoden steigt mit zunehmender Salzkonzentration im Mauerwerk.

Zur Beurteilung des Zustands des Objekts sind eine direkte Besichtigung sowie Feuchtigkeitsmessungen an Außen- und Innenwänden, eine Beurteilung des Salzgehalts der Mauern und Messungen des Bodenniveaus im Außenbereich im Verhältnis zum **Nullpunkt** oder (annähernd)

¹ Invasive Untersuchungen dürfen ausschließlich nach Einholung der Genehmigung des Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft durchgeführt werden.

Bodenhöhe im Innenraum, Messungen der Klimaparameter (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) im Innen- und Außenbereich, Messungen des Taupunkts und des Risikos der Oberflächenkondensation sowie der Luftströmungsparameter zur Beurteilung der Belüftungssituation im Innenraum.

In einfachen Bauwerken werden alle Messungen im Uhrzeigersinn durchgeführt, beginnend im Osten (in Kirchen im Presbyterium), über die Süd- und Westseite bis zur Nordseite. Bei komplexen Bauwerken (separates Presbyterium, Zwischenpfeiler, Kapellen, Querschiff, Sakristei usw.) wenden wir denselben Grundsatz an und betrachten jede der architektonischen Strukturen als Einheit im Gesamtkontext des Objekts.

Am Tag der Messungen sind die Wetterbedingungen zu notieren, einschließlich einer Beschreibung des Wetters in der mindestens einwöchigen Vorperiode (regnerisch, trocken, kühl, heiß usw.). Auch die Windgeschwindigkeit ist zu notieren.

Vor Beginn der Messungen sind die ausgewählten Messstellen auf einem Grundriss (oder zumindest einer Skizze) einzutragen und fortlaufend zu nummerieren. Die Messpunkte sind an den Innenwänden zu bestimmen, insbesondere an Stellen mit sichtbaren Schäden am Putz und an den Polychromie-Schichten, sowie an allen Fassaden unter Berücksichtigung der Ecken, und zwar in Bereichen, die den Messpunkten im Innenraum möglichst entsprechen. Es ist eine allgemeine Fotodokumentation des Objekts sowie eine detaillierte Dokumentation der Messpunkte anzufertigen.

Die Auswertung der gewonnenen Daten in Verbindung mit einer Sichtprüfung des Zustands des Objekts ist ein wesentlicher Faktor für die Festlegung des weiteren Vorgehens. Liegen keine sichtbaren Anzeichen für Schäden vor, die für eine übermäßige Feuchtigkeit der Mauern charakteristisch sind, und wurde keine Gefahr durch Oberflächenkondensation festgestellt, und liegen die Anzeigen der für nicht-invasive Messungen eingesetzten Geräte im für trockene Mauern typischen Bereich gemäß den Anforderungen der geltenden Norm EN 16682:2017 (E) zu berücksichtigen, dass die Feuchtigkeit an der Oberfläche und in den tieferen Schichten der Mauern erheblich variieren kann. Aus diesem Grund sollte die Untersuchung gegebenenfalls unter anderen Wetterbedingungen (im Abstand von mindestens 30 Tagen), optimalerweise zu einer anderen Jahreszeit, wiederholt werden. Sind auch dann die Ergebnisse positiv, kann das Objekt als trocken/erfolgreich getrocknet angesehen werden.

Wird eine hohe Feuchtigkeit festgestellt, muss die Feuchtigkeitsverteilung an der Maueroberfläche sowie die Höhe der Feuchtigkeitszone ermittelt werden. Dies ist von entscheidender Bedeutung für die Bestimmung des wahrscheinlichen Feuchtigkeitsmechanismus und damit für die richtige Interpretation sowie die Festlegung des Umfangs eventueller weiterer Untersuchungen. Die Höhe des Messprofils wird durch die für den Zustand eines feuchten Mauerwerks charakteristische Anzeige des Geräts bestimmt, die vom Hersteller im Kalibrierungsverfahren festgelegt wurde. Wenn das Gerät bis zu einer bestimmten Höhe eine hohe Feuchtigkeit linear anzeigt und die Anzeige anschließend rapide bis zum Verschwinden abnimmt, ist davon auszugehen, dass das Mauerwerk bis zu dieser Höhe feucht geworden sein könnte und auf der anderen Seite bis zu einer ähnlichen Höhe eine entsprechende Reaktion auftreten sollte. In einer Situation, in der das Mauerwerk in der Vergangenheit stark

Wenn der Mörtel feucht geworden ist und versalzt hat, kommt es selbst nach dem Abtrocknen zu einer Reaktion des dielektrischen Geräts oder des Widerstandsmessgeräts. In diesem Fall ist der Messwert in dem Bereich am höchsten, in dem der Mörtel trocknet und sich Salzkonzentrationen bilden, die Wasser aus der Luft aufnehmen. Eine punktuelle, lokale Anzeige des Geräts ohne Kontinuität vom Mauerfuß in einem bestimmten Bereich und ohne entsprechende Reaktion auf der anderen Seite der Mauer deutet auf eine mögliche lokale Salzkonzentration oder lokale Feuchtigkeit aufgrund einer lokal wirkenden Wasserquelle (z. B. ein technischer Defekt) hin. Dagegen weisen hohe Feuchtigkeitswerte, die vom Gerät über die gesamte Mauerfläche (bis zur Decken-/Gewölbehöhe) angezeigt werden, insbesondere in Verbindung mit einer durch Taupunktmessung festgestellten Kondensationsgefahr, auf das Vorhandensein von Kondensationsfeuchtigkeit hin. Die oben genannten Zusammenhänge treten in Situationen auf, die typisch für eine einzige Feuchtigkeitsquelle sind. In der Praxis treten diese Quellen häufig parallel auf, weshalb die Ergebnisse der nicht-invasiven Messungen unter Berücksichtigung der Gesamtsituation sowie der Ergebnisse der Begutachtung und der begleitenden Untersuchungen zu interpretieren sind.

Die von nicht-invasiven Geräten angezeigten hohen Feuchtigkeitswerte der Mauern erfordern bereits in der Voruntersuchungsphase eine vorläufige Beurteilung des Salzgehalts. Erst auf dieser Grundlage kann die für das jeweilige Objekt geeignete weitere Vorgehensweise ausgewählt werden. **Bei der Einstufung eines Objekts für weitere Untersuchungen mit invasiven Methoden sollte man aufgrund des Risikos einer Beschädigung wertvoller dekorativer Elemente oder architektonischer Details den möglichen Anwendungsbereich dieser Methoden abwägen**, sei es ausschließlich oder in Kombination, als Kalibrierungsuntersuchungen zur ergänzenden Anwendung nicht-invasiver Methoden².

Je nach den Ergebnissen der ersten Begutachtung wird in der zweiten Phase empfohlen, invasive Untersuchungen durchzuführen, z. B. nach der Darr-Methode unter Verwendung eines Feuchtigkeitsmessgeräts, nach der CM-Methode (Karbide-Methode) oder einer anderen Methode. Es kann auch geprüft werden, ob eine genaue Untersuchung des Salzgehalts der Mauern sinnvoll ist.

1. MESSUNGEN DER MAUERFEUCHTIGKEIT DES OBJEKTS UND DER HÖHE DER FEUCHTIGKEITSSZONE

Untersuchungsmethodik

Die Messungen dienen der Ermittlung der aktuellen Feuchtigkeit der Mauern.

Empfohlene Methode – nicht-invasive Voruntersuchung nach der in der Norm EN 16682:2017 (E) Punkt C.2 beschriebenen Methode (Mikrowellen-, dielektrische, Widerstandsmessung oder andere normkonforme Verfahren).

Vorläufige Feuchtigkeitsmessungen an Mauern, bei denen das Messgerät Werte anzeigt, die dem Zustand „trockene Mauer“ entsprechen, sind in gleicher Höhe von ca. 0,3 m (A), 1 m (B) und ca. 1,5 m (C) über dem Boden-/Bodenbelagsspiegel durchzuführen.

² Vgl. J. Adamowski, *Methodik zur Untersuchung feuchter Mauern*, „Baustoffe“ 2005, 7(395), S. 40–42.

Wenn das Messgerät hingegen „feuchte Wand“ anzeigt, sind die Messungen in einer Höhe von 30 cm über dem Boden/dem Erdreich zu beginnen und alle 30 cm nach oben fortzusetzen, bis die vom Gerät angezeigte Messung dem Wert entspricht, der für den Zustand „trockene Wand“ gilt. Die Ergebnisse sind in die entsprechend angepasste Tabelle einzutragen.

Zur besseren Veranschaulichung der Messergebnisse empfiehlt es sich, diese nach dem folgenden Schema farblich zu kennzeichnen, wobei die Empfehlungen des Herstellers des Messgeräts zu beachten sind, die es ermöglichen, die relativen Werte zu interpretieren und sie einem bestimmten Feuchtigkeitsgrad der Wand zuzuordnen:

Der Wert auf dem Display des Geräts				
TROCKENE MAUER	WENIGER TROCKEN	FEUCHT	SEHR FEUCHT	NASS
0-....-....-....-....	>

Ergebnisse der Untersuchungen zur Feuchtigkeit der Mauern innen und außen sowie zur Höhe der Feuchtigkeitszone (Objekt) – am, um Uhr

Wetterbedingungen in der mindestens vorangegangenen Woche (regnerisch, trocken, kühl, heiß usw.).

Tab. 2

1.1 Innenbereich: Presbyterium				
Messpunkt	1.1a. Ostwand	1.1b. Südwand	1.1c. Nordwand	
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

1.2 Innenraum: Kapelle				
Messpunkt	1.2a. Ostwand	1.2b. Südwand	1.2c. Westwand	
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

1.3 Innenwände des Querschiffs				
Messpunkt	1.3a. Südwand des südlichen Querschiffs	1.3b. Nordwand des nördlichen Querschiffs		
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

1.4 Innenwände des südlichen Kirchenschiffs				
---	--	--	--	--

Messpunkt	1.4a. Wand des ersten Jochs (von Osten nach Westen gezählt)	1.4b. Wand des zweiten Jochs	1.4c. Wand des dritten Feldes	
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

1.5 Innenwände des nördlichen Seitenschiffs				
Messpunkt	1.5a. Wand des ersten Jochs (von Osten nach Westen gezählt)	1.5b. Wand des zweiten Jochs	1.5c. Wand des dritten Jochs	
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

1.6 Innenwand West				
Messpunkt	1.6a. Westwand von der Südseite	1.6b. Westwand von der Nordseite		
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

1.7 Innenbereich: Die südlichen Zwischenpfeiler von Osten nach Westen				
Messpunkt	1.7a. Erster Pfeiler (von Osten nach Westen gezählt)	1.7b. Zweiter Pfeiler	1.7c. Dritter Pfeiler	
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

1.8 Innenseite der nördlichen Zwischenpfeiler von Ost nach West				
Messpunkt	1.8a. Erster Pfeiler (von Osten nach Westen gezählt)	1.8b. Zweiter Pfeiler	1.8c. Dritter Pfeiler	
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

Außenwände

2.1 Außenbereich des Presbyteriums				
Messpunkt	1.1a. Ostwand	1.1b. Südwand	1.1c. Nordwand	
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

2.2 Außenbereich des Kirchenschiffs				
Messpunkt	2.2a. Ostwand	2.2b. Südwand	2.2c. Westwand	2.2d. Nordwand
C Höhe 1,5 m				
B Höhe 1,0 m				
A Höhe 0,3 m				

usw. — wir wiederholen die entsprechenden Tabellen entsprechend, wobei wir lediglich die Bezeichnung **innen** durch **außen**

2. BEURTEILUNG DER SALZBELASTUNG DER GEBÄUDEWÄNDE

Untersuchungsmethodik

In der ersten Phase der Begutachtung sollte lediglich eine vorläufige Einschätzung des Salzgehalts vorgenommen werden. Die Arten und die Beschaffenheit der Ausblühungen sind beschreibend und fotografisch zu dokumentieren. Die geschätzte Größe der von Versalzungen betroffenen Fläche ist zu notieren, der Zustand des Putzes in den versalzten Bereichen ist zu beurteilen (Blasen, Blasen mit Neigung zum Abfallen auf großen Flächen, Zerstörung des Putzes in Verbindung mit einer Schwächung seiner Festigkeit usw.).

Die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Salze kann durch eine Laboranalyse der Proben bestimmt werden. In diesem Fall kann das aus den Bohrlöchern entnommene, entsprechend gekennzeichnete und gesicherte Material an das Labor weitergeleitet werden.

Hinweis – Bei Feststellung einer starken Versalzung dürfen Feuchtigkeitsmessungen an Mauern, die mit nicht-invasiven Methoden durchgeführt wurden, nicht als direkter Hinweis auf den aktuellen Feuchtigkeitszustand der gesamten Mauern angesehen werden, sie haben jedoch einen informativen Wert. Sie liefern wichtige Daten zur Verteilung der Feuchtigkeit, was oft die Identifizierung der Quelle ermöglicht (z. B. Spritzwasser oder Wasser aus undichten Dachrinnen), und sie liefern auch Informationen über die Befeuchtung der Oberflächenschichten durch von Salzen absorbiertes Wasser, was beispielsweise bei mit Polychromien verzierten Putzen von wesentlicher Bedeutung ist.

3. MESSUNGEN DER HÖHE DES BODENSPIEGELS IM VERHÄLTNIS ZUR BODENHÖHE

Untersuchungsmethodik

Die Messung soll den Höhenunterschied zwischen dem Innenboden und dem entsprechenden Außenboden an verschiedenen Stellen des Gebäudes ermitteln.

Die Messung dient dazu festzustellen, ob im Gebäude eine Erhöhung des Bodenniveaus vorliegt, die an die Mauer oberhalb des Fundaments (oberhalb **des Punktes 0** – der Kontaktstelle zwischen dem wasserundurchlässigen Fundament und der porösen Mauer)³ angrenzt und für das seitliche Eindringen von Wasser in die Mauer verantwortlich ist, oder ob ein solches Problem nicht besteht.

Die Messung ist mit einem Entfernungsmesser, einem Maßband oder einem Nivelliergerät durchzuführen, wobei der Abstand (in cm) von der Unterkante, z. B. des Fensterrahmens oder der Fensterbank, bis zur Außenbodenhöhe sowie von demselben Element bis zur Bodenhöhe zu ermitteln ist. Soweit möglich, ist zu vermerken, ob es sich um den ursprünglichen oder einen nachträglich verlegten Boden handelt. Vergleichen Sie die Daten mit denen aus der Bestandsaufnahme des Objekts, sofern vorhanden, oder aus der Dokumentation früherer Untersuchungen, um festzustellen, ob die Bodenhöhe mit der Höhe des Nullpunkts übereinstimmen kann.

Wenn möglich, die Lage des Nullpunkts notieren und die Geländehöhe darauf beziehen.

3 In der Architektur gilt üblicherweise die Höhe der Eingangsschwelle oder des Erdgeschossbodens als „0“-Ebene, für die im Grundriss ein absoluter Wert angegeben wird (0,00 = 126,35 m ü.d.M.), während für die nachfolgenden Ebenen (z. B. +0,05) kein Bezug mehr auf die absolute Höhe genommen wird. Mit Hilfe eines Nivelliergeräts und eines Referenzpunkts oder einer Grundkarte lässt sich jeder Höhenunterschied zwischen dem Bodenbelag und dem Erdreich auf der anderen Seite der Wand präzise angeben. In historischen Gebäuden ist die Situation oft wesentlich komplizierter; manchmal findet man im Inneren sogar bis zu drei Bodenebenen, was das Ablesen der Höhenverhältnisse zwischen Innen und Außen erschwert. Die Grenze zwischen Fundamentmauer und Erdgeschossmauer muss nicht unbedingt erkennbar sein und muss nicht unbedingt der Boden- oder Sockelabsatz sein. Man muss sich dann auf eine genaue Erkundung der Struktur des Fundamentstreifens und der Fundamentmauer stützen, um die Kontaktstelle mit der wasseraufnehmenden Wand des Gebäudes zu finden. Bei historischen Gebäuden sprechen wir **nicht** von der **Höhe 0**, sondern vom **Punkt 0** – der Kontaktstelle zweier Strukturen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften – nicht wasseraufnehmend und wasseraufnehmend. Eine sehr genaue Bestimmung des Punktes 0 ist beispielsweise vor der Erstellung eines Entwurfs zur Bodenprofilierung erforderlich. Fehlen hingegen Bestandsdaten, so lässt sich meist bereits durch eine einfache Messung mit einem gewöhnlichen Maßband feststellen, ob im Bauwerk ein Problem mit seitlicher Infiltration vorliegt oder ob dieses ausgeschlossen werden kann.

Tab. 3

Messort	Im Außenbereich – Höhe vom Boden bis zum Fenster	Innen – Höhe vom Nullpunkt oder vom Boden bis zum selben Fenster	Höhenunterschied zwischen dem Außenboden und dem Nullpunkt oder dem Fußboden in der Kirche/dem Gebäude [cm] (das Zeichen + bedeutet einen Erdhub, das Zeichen – bedeutet, dass das Bodenniveau unterhalb des Nullpunkts oder des Fußbodens liegt)
Chorraum – erstes Fenster auf der Südseite			
Chorraum – erstes Fenster auf der Nordseite			
Querschiff – Fenster auf der Südseite			
Querschiff – Fenster auf der Nordseite			
Südschiff – erstes Fenster von Osten			
Nördliches Seitenschiff – erstes Fenster von Osten			
usw.			

4. MESSUNGEN DER LUFTPARAMETER (TEMPERATUR UND RELATIVE LUFTFEUCHTIGKEIT) IM INNEN- UND AUSSENBEREICH

Die Messübersicht wurde auf der Grundlage von Untersuchungen erstellt, die einmalig am ... um ... Uhr oder im Zeitraum vom ... bis zum ... durchgeführt wurden. Die Daten wurden mit einem Messgerät/Messgeräten der Firma ... erfasst — im Außenbereich, im Innenbereich, im Gebäude/in der Kirche, in der Sakristei, in der Kapelle usw. Die Ergebnisse der Messungen der Klimaparameter im Außenbereich, im Gebäude/in der Kirche, in der , Kapellen usw. sind in einer Tabelle zusammenzufassen. Feiertage und Sonntage sind rosa zu markieren.

Liegen Daten vor, die über einen längeren Zeitraum erhoben wurden, sind die Tagesamplituden (ΔT , ΔRH) zu berechnen und die Ergebnisse zusätzlich in Form eines Diagramms darzustellen, das die Dynamik der Klimaveränderungen in der Kirche veranschaulicht. Bei längeren Messungen ist es sinnvoll, das Innenklima im Vergleich zum Außenklima zu messen.

Notieren Sie die Daten zu den Gottesdienstzeiten sowie die geschätzte Anzahl der teilnehmenden Gläubigen.

Tab. 4

Datum, Uhrzeit	Außentemperatur [° C]	RH außen [%]	T innen Mittelschiff [° C]	RH innen Mittelschiff [%]	T Innenbereich [° C]	RH Innenbereich [%]	ΔT Schiff [° C]	ΔRH Schiff. [%]	ΔT Sakristei [° C]	ΔRH Sakristei [%]

5. MESSUNGEN DER WAHRSCHEINLICHKEIT VON WASSERDAMPFKONDENSATION

Die Messungen sind direkt an den Wänden an mehreren Stellen in einer Höhe von ca. 30 cm und 100 cm über dem Boden sowie in den Ecken durchzuführen.

Empfohlenes Messgerät zur Bestimmung des Taupunkts und der Luftparameter – ein digitales Messgerät von entsprechender Qualität.

Tab. 5

Messort (30 cm über dem Boden)	Datum, Uhrzeit	Relative Luftfeuchtigkeit im Innenraum [%]	Lufttemperatur im Innenraum [° C]	Taupunkttemperatur [° C]	Wandtemperatur [° C]	Wandstärke am Messort gemäß Bestandsaufnahme oder Schätzung (ca.)	Wahrscheinlichkeit der Wasserdampfkondensation – Abweichung vom Taupunkt [° C]
Chorraum – Ostwand							
Chorraum – Südwand							
Chorraum – Nordwand							
Kapelle – südwestliche Weste							
Querschiff – Südwand							
Querschiff – Nordwand							
Das Kirchenschiff – die Südwand unterhalb des Ostfensters							
Kirchenschiff – Südwand unter dem Westfenster							
Schiff – Westwand von der Südseite aus gesehen							
Schiff – Westwand von der Nordseite							

Schiff – Nordwand unter dem Westfenster							
Schiff – Nordwand unter dem Ostfenster							
Eingangsvorhalle							
usw.							

An der Messstelle, an der der geringste Abstand zur Taupunkttemperatur festgestellt wurde (am nächsten zum Auftreten von Kondensation), ist die Messung dreimal zu wiederholen, und zwar:

- A — eine Stunde vor der Messe (vorzugsweise bei möglichst hoher Anwesenheit von Gläubigen, am besten an einem Tag mit Niederschlag),
- B — unmittelbar nach deren Ende,
- C — eine Stunde nach der Messe.

Beachten Sie den Parameter der Schimmelbildungstemperatur⁴.

Tab. 6

Messort (30 cm über dem Boden)	Datum, Uhrzeit	Relative Luftfeuchtigkeit im Innenraum [%]	Lufttemperatur im Innenraum [°C]	Taupunkttemperatur [°C]	Wandtemperatur [°C]	Wahrscheinlichkeit der Wasserdampfkondensation – Differenz zum Taupunkt [°C]
Z. B. Presbyterium – Ostwand	A					
	B					
	C					

6. MESSUNG DES VERTIKALEN TEMPERATURGRADIENTEN

Eine orientierende Messung des vertikalen Temperatur- und relativen Feuchtigkeitsgradienten im Inneren der Kirche sollte eine Stunde vor der Messe, unmittelbar nach deren Ende und eine Stunde nach der Messe durchgeführt werden. Die Messung ist im Winter von besonderer Bedeutung

⁴ Diese Aspekte werden durch die Norm PN-EN ISO 13788:2013-05 – polnische Fassung „*Thermische, feuchtemäßige und thermohygrometrische Eigenschaften von Bauprodukten und Bauteilen*“ geregelt. Die für die Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Zwischenschichtkondensation erforderliche Innenoberflächentemperatur. Berechnungsmethoden (<https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-13788-2013-05p.html>) und PN -EN ISO 13788:2013-05 — englische Fassung (<https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-13788-2013-05e.html>).

in beheizten Räumen, aber auch im Sommer liefert sie wichtige Informationen über die Dynamik der konvektiven Luftbewegungen im Innenraum.

Tab. 7

Datum, Uhrzeit	Außentemperatur [° C]	RH außen [%]	Messort	T intern [° C]	RH innen [%]	Anzahl der Gläubigen in der Kirche während der Messe
			Am Boden			7,00 Uhr – ca. ... Personen
			Auf der Kanzel – in einer Höhe von (Höhe in Metern angeben)			
			Auf der Orgelempore – in einer Höhe von (Höhe in Metern angeben)			
			F a l l s möglich, Messung unter dem Gewölbe (Höhe in Metern angeben)			

7. MESSUNGEN DER LUFTSTRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT

Untersuchungsmethodik

Die Messungen sollen es ermöglichen, die Luftbewegung im Gebäude zu bewerten, auch im Vergleich zur Situation im Außenbereich, sowie die Luftzirkulation an verschiedenen Punkten im Innenraum, die Gleichmäßigkeit der Temperaturverteilung und den Lüftungskomfort bzw. dessen Fehlen.

Empfohlenes Messgerät – Anemometersonde von entsprechender Qualität.

Als Hintergrundmessung sollte zunächst die Luftströmung im Außenbereich in einem Abstand von einigen Metern zur Gebäudefassade gemessen werden, anschließend im Innenbereich in einer Höhe von ca. 30 cm und ca. 100 cm; im Falle einer Kirche mit einem Altar *ad populum* in der Mitte des Hauptschiffs, an der Eingangstür zur westlichen Vorhalle, an der Türöffnung zur Sakristei sowie am Ausgang zum Treppenhaus der Orgelempore, auf der Orgelempore selbst, an der Tür zum Dachgeschoss der Kirche und (sofern möglich) an und in der Lüftungsöffnung bzw. den Lüftungsöffnungen an der Decke auf der Seite des Dachbodens.

Die vom Windmesser abgelesenen Werte (in m/s) sind unter Angabe des Messortes zu notieren. Die Messungen sind zunächst bei geschlossenen Eingangstüren des Gebäudes durchzuführen und anschließend bei geöffneten Türen zu wiederholen.

Die Messungen sollten mehrmals unter verschiedenen Wetterbedingungen durchgeführt werden – bei windstillen Bedingungen und an Tagen mit deutlichem Wind.

Messergebnisse

Datum und Uhrzeit der Durchführung

Tab. 8. Variante für die Kirche

Standort	Datum			
	Luftströmungsgeschwindigkeit [m/s]		Lufttemperatur [°C]	
Messung außerhalb der Kirche				
Vor dem Eingang zur Kirche				
Messungen im Innenraum bei geschlossenen Türen				
Höhe	30 cm	100 cm	30 cm	100 cm
Vor dem Altar				
In der Mitte des Hauptschiffs				
An der Haupteingangstür				
An der Tür zur Vorhalle				
An der Tür zur Sakristei				
An der Tür zum Treppenhaus der Orgelepore				
Auf der Orgelepore				
An der Tür zum Dachboden der Kirche				
Auf dem Dachboden an/in der Lüftungsöffnung im Gewölbe				
Messungen im Innenraum bei geöffneten Türen				
Vor dem Altar				
In der Mitte des Hauptschiffs				
An der Haupteingangstür				
An der Tür zur Vorhalle				
An der Tür zur Sakristei				
An der Tür zum Treppenhaus der Orgelepore				
Auf der Orgelepore				
An der Tür zum Dachgeschoss der Kirche				
Im Dachgeschoss in der Lüftungsöffnung im Gewölbe				

ANMERKUNGEN, BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE:

Zu 1. Messungen der Mauerfeuchte des Gebäudes und der Höhe der Feuchtigkeitszone

- Anmerkungen zum Feuchtigkeitsgleichgewicht des Gebäudes, zur Verteilung der Feuchtigkeit, sofern festgestellt, usw.

Zu 2. Bewertung der Versalzung der Mauern des Gebäudes

- Anmerkungen des Untersuchers.

Zu 3. Messungen der Höhe des Bodenniveaus im Verhältnis zur Fußbodenhöhe

- Anmerkungen zur Geländehöhe, zur Wahrscheinlichkeit des Eindringens von Wasser in die Wände durch überschüssigen Boden.
- Beurteilung der Geländebeschaffenheit in der Umgebung des Gebäudes/der Kirche — Beurteilung der Korrektheit der Geländeneigung und der Entwässerung (Auffangwannen unter Fallrohren, Querverläufe von Entwässerungsrinnen im Gehweg usw.); das Vorhandensein von Unebenheiten, Vertiefungen, harten Materialien in der Wasserabflusslinie oder graslosen Stellen, die zu Spritzwasser und Wasseraufprall an den Wänden führen, notieren; notieren, ob der Gehweg den Wasserabfluss ermöglicht oder behindert; den Beitrag des Baumbestands zur Verbesserung des Wasserhaushalts des Objekts bewerten.

Zu 4. Messung der Luftparameter (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) im Innen- und Außenbereich

- Das gewonnene Material – die im Zeitraum / am Tag durchgeführten Untersuchungen ermöglichten es, die im Inneren des Gebäudes ablaufenden Vorgänge zu verfolgen.
- Die wichtigsten Merkmale des Raumklimas bestimmen und, soweit möglich, den Zusammenhang zwischen Innen- und Außenklima bewerten (Einfluss der Fenstergröße, Sonneneinstrahlung usw. beurteilen); Notieren Sie, ob ein Heizsystem vorhanden ist, um welche Art es sich handelt und wie es funktioniert – ständig, zeitweise –, ermitteln und notieren Sie, **auf welche Temperatur der Innenraum im Winter beheizt wird** usw.

Zu 5. Messungen der Wahrscheinlichkeit von Wasserdampfkondensation

- Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Kondensationserscheinungen anhand von Messungen beurteilen, aber auch auf Spuren von an den Wänden herunterlaufendem Wasser achten, insbesondere unter den Fenstern.

Zu 6. Messung des vertikalen Temperaturgradienten

- Anhand von Messungen des vertikalen Temperaturgradienten soll nach Möglichkeit beurteilt werden, inwieweit Konvektionserscheinungen und ein „Entweichen“ der Wärme nach oben vorliegen.

Zu 7. Messungen der Luftströmungsgeschwindigkeiten

- Notieren Sie, ob sich im Gewölbe, in der Decke, in den Zugängen zu den Türmen usw. durchlässige und funktionierende Lüftungsöffnungen befinden, ob die Luftbewegung im unteren Teil der Kirche/des Objekts den Anforderungen der Normen (**PN-83/B-03430** und **PN-83/B-03430/Az3:2000**) entspricht, ob der Luftaustritt oder -zustrom in den Innenraum durch zu dichte Fenster, Türen, Abdichtungen der Kryptenzugänge, blockierte Lüftungswege usw. übermäßig eingeschränkt wurde; zu beurteilen, ob Anzeichen eines mikrobiologischen Befalls vorliegen – Schimmelpilzkolonien, Schimmelgeruch, Vorhandensein aktiver Insektenester usw.

ANHANG Nr. 2

Ergebnisblätter der Feuchtigkeitsmessungen in den untersuchten Objekten

Die Messergebnisse sind in elektronischer Form verfügbar
auf der Website des Nationalen Instituts für Kulturerbe unter der Rubrik „Buchhandlung“:
<https://ksiegarnia.nid.pl/produkt/optimalizacja-metod-konserwacji-zagadnienie-nierownowagi-wilgotnoscowej-w-objektach-zabytkowych/>



ANHANG Nr. 3

Muster für das Felderkundungsformular*

1	Objekt	— Identifizierung des Objekts.
2	Arbeiten am Objekt	<ul style="list-style-type: none"> — Angaben zu den geplanten Arbeiten – von verschiedenen Institutionen (Ministerium für Kultur und Nationales Erbe, Denkmalschutzbehörden, Marschallämter) eingeholt. — Unterlagen zu den geplanten Arbeiten (Stellungnahmen, Gutachten, Programme, Entwürfe, Abnahmen) – vom Eigentümer/Verwalter des Objekts und/oder von Denkmalschutzbehörden sowie Bauaufsichtsbehörden eingeholt. — Am Objekt im Rahmen der durchgeführten Bestandsaufnahme durchgeführte Arbeiten – die bei der Ortsbesichtigung festgestellt wurden und für eine direkte Besichtigung zugänglich sind und/oder durch Informationen des Eigentümers/Betreibers des Objekts bestätigt wurden.
3	Umgebung und äußere Gegebenheiten	— Außenanlagen – Lage und Erreichbarkeit des Objekts, Gestaltung der Umgebung, Vorhandensein von Grünflächen, Bodenbeschaffenheit, Vorhandensein von Grundwasser und Entwässerung.
4	Regenwasserableitung	<ul style="list-style-type: none"> — Gestaltung des Außenbereichs – Art und Form der Randstreifen, Art des Belags und Gestaltung des angrenzenden Geländes. — Regenwasserbewirtschaftung – Art der Regenwasserableitung vom Dach, Funktion der Dachanschlüsse, Gestaltung des angrenzenden Geländes.
5	Wände und Fußböden	<ul style="list-style-type: none"> — Wände – Dicke, Material und Ausführungstechnik (einschließlich der Gestaltung des Sockels), festgestellte Arbeiten am Bauteil (einschließlich Dämmarbeiten), visuelle Zustandsbeurteilung, Erörterung der durchgeführten Feuchtigkeits- und Salzgehaltmessungen. — Böden – Material und Verlegeart, festgestellte Arbeiten an dem Bauteil, visuelle Zustandsbewertung, Höhe im Verhältnis zum umgebenden Gelände.
6	Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> — Heizung – Vorhandensein, Art und Weise der Beheizung, durch Messungen ermittelte Temperatur (innen und außen), Vorhandensein einer Wärmedämmung des Gebäudes (Fußböden, Wände, Decke/Gewölbe). — Feuchtigkeit – durch Messungen festgestellt: relative Luftfeuchtigkeit innen und außen, Oberflächentemperatur der Wände mit Angabe des Abstands zum Taupunkt. — Lüftung – Vorhandensein von natürlicher Zu- und Abluft und/oder mechanischer Zu- und Abluft, Belüftung des Gebäudes, Lösungen im Bereich der Fenster und Türen (Dichtheit der Fenster), olfaktorische Beurteilung der Luftqualität.

* Die Vorlage in einer bearbeitbaren elektronischen Version ist auf der Website des Nationalen Instituts für Kulturerbe unter der Rubrik „Buchhandlung“ verfügbar.

ANHANG Nr. 4

Felduntersuchungsbögen der untersuchten Objekte

Die Messergebnisse sind in elektronischer Form
auf der Website des Nationalen Instituts für Kulturerbe unter der Rubrik „Buchhandlung“:
<https://ksiegarnia.nid.pl/produkt/optimalizacja-metod-konserwacji-zagadnienie-nierownowagi-wilgotnosciowej-w-objektach-zabytkowych/>



ANHANG Nr. 5

Praktische Hilfe für die Woiwodschaft Denkmalschutzbeauftragter – Arbeitsplan

Alle Maßnahmen in einem denkmalgeschützten Objekt (nicht nur im Zusammenhang mit dessen Entfeuchtung) sollten nach folgendem Ablauf durchgeführt werden:

- Feststellung des Problems,
- Beschaffung von Finanzmitteln für die erforderlichen diagnostischen Untersuchungen,
- Diagnose und Ausarbeitung eines strategischen Konservierungsentwurfs,
- (je nach Bedarf) fachübergreifende Projektdokumentation,
- Beschaffung von Mitteln für die Durchführung der Arbeiten,
- professionelle Ausführung,
- laufende Überwachung der durchgeführten Arbeiten (einschließlich fachlicher Begutachtung),
- vollständige Abnahme (konservatorisch, baulich, finanziell),
- Überwachung der Wirksamkeit der Arbeiten.

Zur Umsetzung solcher Maßnahmen kann der nachfolgend in Form einer Tabelle mit Erläuterungen dargestellte Arbeitsplan hilfreich sein, der sich auf die Problematik feuchter Gebäude bezieht.

Während der Arbeiten ist es ratsam, dass der Bauherr bzw. der Auftragnehmer den Denkmalschutzbehörden regelmäßig Berichte bzw. Informationen über den Abschluss jeder Arbeitsphase vorlegt und dabei deren Auswirkungen darlegt. Zudem ist zu beachten, dass der Umfang aller Maßnahmen, die das Denkmal erfordert, die Durchführung der Trocknungsarbeiten (insbesondere der invasiven, sofern diese tatsächlich notwendig sind) vor den weiteren Sanierungs- und Restaurierungsarbeiten (an Fassaden und im Innenbereich, betreffend Wandflächen, Elemente der architektonischen Ausstattung und des Einrichtungsmaterials), deren Aufnahme von der Erzielung einer dauerhaften Trocknung der Außenwände abhängig gemacht werden sollte.

ARBEITSPLAN

Nr.	AUFGABE	REALISIERUNGSREIHENFOLGE										ANMERKUNGEN	
1	Feststellung von Feuchtigkeit	■											
2	Feuchtigkeitsmessung (nicht-invasiv)		■										+ Dokumentation
3	Programm für invasive Untersuchungen			■									
4	Genehmigung für invasive Messungen												
5	Feuchtigkeitsmessung (invasiv)				■								+ Dokumentation
6	Diagnose auf der Grundlage eines Gutachtens					■							
7	Grundlegende, nicht-invasive Arbeiten						■						+ Dokumentation
8	Bewertung der Auswirkungen nicht-invasiver Arbeiten nach mindestens 3–5 Jahren							■					+ Dokumentation
9	Projekt und/oder Arbeitsprogramm, einschließlich invasiver Maßnahmen, sofern diese unbedingt erforderlich sind								■				
10	Genehmigung für invasive Arbeiten												
11	Invasive Arbeiten									■			+ Dokumentation
12	Abnahme der invasiven Arbeiten										■		
13	Bewertung der Auswirkungen der Eingriffsarbeiten nach mindestens 3–5 Jahren											■	+ Dokumentation

Zu 1. Das Auftreten von Flecken und Putzablösungen, Anzeichen von Schimmel, Feuchtigkeit (manchmal Wasser), unangenehmen Gerüchen usw. – deutet auf ein Feuchtigkeitsproblem im Gebäude hin, das eine schnelle Diagnose und Reaktion erfordert.

Zu 2. Die nicht-invasiven Messungen und Feststellungen umfassen: Messungen der Feuchtigkeit der Gebäudewände und der Ausdehnung der Feuchtigkeitszone mit Methoden, die die Struktur der Wände nicht beeinträchtigen, eine visuelle Beurteilung des Salzgehalts der Gebäudewände, die Bestimmung des Bodenniveaus im Verhältnis zum Fußbodenlevel im Gebäude, Messungen der Luftparameter (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) im Innen- und Außenbereich, der Messung der Wahrscheinlichkeit der Wasserdampfkondensation, der Messung des vertikalen Temperaturgradienten sowie der Messung der Luftströmungsgeschwindigkeiten. Diese Phase sollte mit einem sachlichen Bericht abgeschlossen werden, der bei der Denkmalschutzbehörde der Woiwodschaft eingereicht wird und als Grundlage für die Erteilung der Genehmigung für invasive Messungen dient.

Zu 3, 4, 5. Invasive Feuchtigkeitsmessungen sollten sich aus dem Ausmaß des Problems ergeben, das durch vorherige Messungen und nicht-invasive Untersuchungen ermittelt wurde. Sie sollten zudem einer entsprechenden Genehmigung durch die Denkmalschutzbehörden unterliegen und auf der Grundlage eines ausgearbeiteten Programms durchgeführt werden. Solche Messungen bestehen darin, den Umfang und den Grad der Durchfeuchtung der Mauern mittels der Feuchtigkeitsmessmethode oder einer anderen Methode zu ermitteln, die die Entnahme von Materialproben aus dem Inneren der Wände erfordert, um die Massenfeuchte der Mauer, den Umfang, den Grad und die Art ihrer Versalzung sowie die Wiederholung nicht-invasiver Messungen der Luftfeuchte, der Wahrscheinlichkeit der Wasserdampfkondensation sowie der Luftströmungsgeschwindigkeit

Zu 6. Umfassende Diagnose in Form einer präzisen Bewertung der physikalischen Phänomene, die in feuchten Objekten auftreten – in Form eines technischen Gutachtens und dessen konservatorischer Interpretation; diese sollte vor Beginn der Planungs- und Ausführungsarbeiten erstellt werden. Ziel des Gutachtens ist es, die Art des Feuchtigkeitsphänomens, dessen Ausmaß und Ursachen unter Verwendung objektivierter Feuchtigkeitsmessungen (Punkte 2 und 4) zu ermitteln. Das technische und restauratorische Gutachten sollte von Personen erstellt werden, die über die entsprechenden, in den derzeit geltenden Vorschriften festgelegten Befugnisse verfügen.

Zu 7. Die Durchführung grundlegender (nicht-invasiver) Arbeiten sollte der erste Schritt zur Beseitigung von Feuchtigkeit sein – sei es aufgrund eines aufgetretenen Problems oder auf Empfehlung der Denkmalschutzbehörden. Diese Arbeiten umfassen die laufende Pflege durch den Eigentümer im Rahmen der Instandhaltung und des Betriebs des Gebäudes. Zu den grundlegenden Arbeiten gehören unter anderem: die laufende Wartung der Dachrinnen, die Verbesserung des Luftaustauschs im Innenraum durch die Freimachung von Öffnungen, die für eine freie Luftzirkulation wichtig sind, Reparaturarbeiten zur Gewährleistung der ordnungsgemäßen Funktion von Dächern und Dachrinnen sowie die Überprüfung der ordnungsgemäßen Ableitung von Regenwasser. Zusätzlich kann (in Absprache mit den Denkmalschutzbehörden) eine Aufräumung des Geländes durchgeführt werden, bei der Müll, Schutt, Ablagerungen und Hindernisse für den Wasserabfluss beseitigt werden. Diese Arbeiten sollten so schnell wie möglich durchgeführt werden, ebenso wie **die Neuprofilierung** des an das historische Gebäude angrenzenden Geländes, auch wenn dies in bestimmten Fällen ein eingreifender Eingriff ist, der eine durchdachte Planung und die Genehmigung der Woiwodschaftsbehörde erfordert.

des Denkmalpflegers; ohne die Beseitigung des seitlichen Wassereintritts durch überschüssigen Boden lässt sich jedoch keine Trockenlegung erzielen.

Zu 8. Bewertung der Auswirkungen der grundlegenden (nicht-invasiven) Arbeiten sowie einer eventuellen Neuprofilierung – durch Besichtigungen und Kontrolluntersuchungen (in Abständen von einem Jahr, zwei Jahren sowie drei bis fünf Jahren). Diese Phase (unter Berücksichtigung der Maßnahmen der Phasen 4 und 5) sollte mit einem Bericht abgeschlossen werden, der beim Denkmalschutzamt der Woiwodschaft eingereicht wird und zusammen mit der Dokumentation die Grundlage für die Erteilung einer Genehmigung für invasive Arbeiten oder für die Entscheidung über deren Unterlassung und die Feststellung ihrer Unnötigkeit bildet.

Zu 9. Sollte sich herausstellen, dass die Durchführung von Grundarbeiten und die Neuprofilierung unwirksam (oder nur begrenzt wirksam) sind, kann ein Entwurf und/oder ein Programm für invasive Maßnahmen ausgearbeitet werden. Im Rahmen der Vorbereitung dieses Entwurfs ist (je nach Bedarf) Folgendes erforderlich: — die Technologie der Errichtung von Mauern und Fundamenten zu ermitteln und die Entwicklungsgeschichte der Beziehungen zwischen den Mauern und dem angrenzenden Boden festzustellen (hierzu sollten lokale Fundamentfreilegungen mit archäologischer Dokumentation der stratigraphischen Zusammenhänge dienen); — geotechnische Untersuchungen durchführen (vor allem hinsichtlich des Vorkommens und des Pegels von Grund- oder Oberflächenwasser, aber auch hinsichtlich der Art und des Niveaus des Mutterbodens); — den Umfang der Durchfeuchtung und Versalzung bewerten (als Ergänzung zu den vorangegangenen Untersuchungen); — Erstellung eines mykologischen Gutachtens (bezüglich Umfang und Ausmaß des mikrobiologischen Befalls); — Bewertung der Klima- und Belüftungsparameter im Innenraum des Objekts; – konservatorische Untersuchungen der Oberflächenbeschichtungen durchführen (in Abhängigkeit von deren Ergebnissen können Bereiche für architektonische Untersuchungen festgelegt werden). Der darauf folgende Entwurf sollte eine detaillierte Beschreibung der geplanten Maßnahmen in textlicher und grafischer Form enthalten, sodass alle geplanten Eingriffe eindeutig definiert sind. Bei den Material- und Technologievorgaben ist auf die Kompatibilität der verwendeten Materialien mit den Originalmaterialien zu achten sowie darauf, den Einsatz moderner Materialien und Technologien auf das notwendige Minimum zu beschränken und Maßnahmen zu ergreifen, die die historische Substanz nicht beeinträchtigen. Die vorbereitenden und planerischen Arbeiten sollten von Personen mit entsprechenden Befugnissen durchgeführt werden – entsprechend ihrem Tätigkeitsbereich (Bauwesen, Denkmalpflege, Archäologie). Diese Dokumentation bildet die Grundlage für die Erteilung der Genehmigung für Arbeiten am Denkmal und gegebenenfalls der Baugenehmigung.

Zu 10. Genehmigung für Arbeiten zur Wiederherstellung des Feuchtigkeitsgleichgewichts im Gebäude (einschließlich invasiver Entfeuchtungsarbeiten – wozu in bestimmten Fällen eine tiefgehende Geländegestaltung, das Freilegen von Fundamentwänden, Verlegung von Drainagen und Regenwasserkanalisationen, die Ausführung von Feuchtigkeitsisolierungen (vertikal und horizontal), das Aufbrechen alter und das Aufbringen neuer Putze sowie Anstriche) muss einer Analyse der vorgelegten Unterlagen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Bedürfnisse des Gebäudes vorausgehen. Unabhängig vom Umfang ist bei neuen Maßnahmen, die das Raumklima verändern, wie z. B. dem Einbau neuer Fenster und Türen oder der Installation einer Heizung, besondere Vorsicht geboten. Alle

Arbeiten an historischen Gebäuden bedürfen einer Genehmigung, die vom Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft erteilt wird, und Arbeiten, die unter die Definition von Bauarbeiten (einschließlich Renovierungsarbeiten) fallen, bedürfen zusätzlich einer Baugenehmigung.

Zu 11. Die Ausführung sollte unter der Leitung einer für Denkmalarbeiten zugelassenen Person erfolgen, wobei die Planungsvorgaben (hinsichtlich Material und Technik) einzuhalten sind, wobei Korrekturen im Rahmen der Bauausführung unter Beteiligung der Parteien – Bauherr, Planer/Denkmalpfleger, Denkmalschutzbeauftragter der Woiwodschaft, Bauunternehmer, Sachverständiger – möglich sind. Es ist darauf zu achten, dass die verwendeten Materialien dem Ort und ihrer Funktion angemessen sind und mit der bestehenden Bausubstanz harmonieren; der Einsatz moderner Materialien und Technologien ist auf das notwendige Minimum zu beschränken und auf Maßnahmen zu beschränken, die der historischen Bausubstanz keinen Schaden zufügen. Die Ausführung ist in jeder wesentlichen Arbeitsphase zu dokumentieren und mit einer vollständigen Bestandsdokumentation abzuschließen. Von besonderer Bedeutung ist die Dokumentation von „verdeckten“ Arbeiten, damit in Zukunft die Veränderungen am Denkmal sowie der Umfang der Eingriffe nachvollziehbar sind. Die Dokumentation sollte eindeutig Aufschluss darüber geben, welche Technologien zum Einsatz kamen und ob die Arbeiten streng unter Einhaltung der jeweiligen Vorgaben durchgeführt wurden; im Falle künftiger Zweifel an der Wirksamkeit der durchgeführten Arbeiten sollte sie als Informationsquelle dienen, um festzustellen, ob die Technologie, die Ausführung, Planungsfehler oder andere Ursachen versagt haben.

Zu 12. Die Abnahme der ausgeführten Arbeiten sollte nach den allgemein anerkannten Grundsätzen erfolgen; Voraussetzung für die Abnahme der Arbeiten sollte jedoch sein, dass die in Punkt 11 beschriebene Dokumentation dem Abnahmeprotokoll beigefügt wird.

Zu 13. Die Bewertung der Auswirkungen der invasiven Arbeiten sollte auf der Grundlage der Beobachtung des Zustands des Denkmals in den folgenden Jahren erfolgen, indem die Messungen vor den Arbeiten, die zur Herstellung des Feuchtigkeitsgleichgewichts des Objekts führten, mit den nach deren Durchführung in bestimmten Zeitabständen gewonnenen Messungen verglichen werden.

Nicht-invasive Untersuchungen zur Feuchtigkeit in Gebäuden – bestehen aus Messungen der Feuchtigkeit in den Wänden des Gebäudes und der Höhe der Feuchtigkeitszone mit Methoden, die die Struktur der Wände in keiner Weise beeinträchtigen, einer visuellen Beurteilung des Salzgehalts in den Wänden des Gebäudes, der Bestimmung der Höhe des Bodenniveaus im Verhältnis zum Fußboden oder zum „0“-Punkt im Gebäude (was eine Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines seitlichen Wassereintritts in die Mauern ermöglicht), Messungen der Luftparameter (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) im Innen- und Außenbereich, Messungen der Wahrscheinlichkeit von Wasserdampfkondensation, Messungen des vertikalen Temperaturgradienten sowie Messungen der Luftströmungsgeschwindigkeit.

Invasive Untersuchungen zur Feuchtigkeitsbelastung von Gebäuden – bestehen darin, den Umfang und den Grad der Feuchtigkeitsbelastung der Mauern mit Methoden zu ermitteln, bei denen Materialproben aus dem Inneren der Wände entnommen werden, um die Massenfeuchte der Mauer sowie den Umfang, den Grad und die Art ihrer Versalzung zu bestimmen. Die Entscheidung über die Zweckmäßigkeit der Durchführung invasiver Untersuchungen wird nach Auswertung der Ergebnisse nicht-invasiver Untersuchungen getroffen. Diesen Untersuchungen muss eine entsprechende Genehmigung der Denkmalschutzbehörden vorausgehen, die für ein konkretes Untersuchungsprogramm erteilt wird (Anzahl und Lage der Messpunkte, die auf dem Grundriss des Gebäudes eingezeichnet sind). Die wichtigste Information, die durch invasive Untersuchungen gewonnen wird, ist die Möglichkeit, die Feuchtigkeit im Kern des Mauerwerks zu beurteilen, was in der Praxis bedeutet, dass die Wirksamkeit bestimmter Lösungen bewertet werden kann. Beispielsweise deutet eine Konzentration der Feuchtigkeit an der Oberfläche bei einem trockenen oder nur leicht feuchten Kern des Mauerwerks darauf hin, dass die Durchführung horizontaler Abdichtungen nicht sinnvoll ist.

Feuchtigkeitsdiagnose – Ermittlung aller Ursachen für Feuchtigkeit (oder Trockenheit) eines Objekts auf der Grundlage einer genauen Bewertung der darin ablaufenden physikalischen Vorgänge – in Form eines technischen Gutachtens und dessen konservatorischer Auslegung; sie sollte vor Beginn der Planungs- und Ausführungsarbeiten erstellt werden. Ziel des Gutachtens und der darauf basierenden Diagnose ist es, die Arten der Feuchtigkeitserscheinungen (oder der Trockenheit), deren Ausmaß und Ursachen unter Verwendung objektiver Messungen zu ermitteln.

Vorbeugende Maßnahmen, grundlegende Arbeiten, Arbeiten zur Verbesserung des reibungslosen Wasserabflusses sowie **Sicherungsarbeiten** bestehen in der ständigen Sorge des Verwalters um die Instandhaltung und den ordnungsgemäßen Betrieb des Objekts. Dazu gehören: die laufende Wartung von Dachrinnen und Wasserabläufen, die Beseitigung von Stauungen und Hindernissen für abfließendes Wasser, die regelmäßige Überprüfung des Zustands der unterirdischen Entwässerungsanlagen, Reparaturarbeiten zur Gewährleistung der ordnungsgemäßen Funktion von Dächern, Dachüberständen, Abdeckungen und Schutzvorrichtungen sowie die Sicherstellung der Durchgängigkeit von Öffnungen

und Lüftungskanäle, um eine freie Luftzirkulation zu gewährleisten und einen angemessenen Luftaustausch im Innenraum sicherzustellen.

Punkt „0“ – an einem Bauwerk die Schnittstelle zweier Strukturen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften: wasserundurchlässiger (in der Regel aus Stein bestehender) Fundamente und wasseraufnehmender Mauern. Achtung: Architekten verwenden den Begriff „Nullpunkt“, der in der Regel die Höhe der Eingangsschwelle oder des Erdgeschossbodens bezeichnet, für die im Grundriss ein absoluter Wert angegeben wird (z. B. 0,00 = 126,35 m ü. NN), während für die nachfolgenden Ebenen (z. B. +0,05) bereits ohne Bezugnahme auf das absolute Niveau. Bei historischen Gebäuden verwenden wir neben dem Niveau „0“ den Begriff **des „0“-Punkts, d. h. der Stelle, an der die Mauer auf das Fundament trifft**. Die Bestimmung der Lage des „0“-Punkts im Verhältnis zum das Gebäude umgebenden Boden ermöglicht es festzustellen, ob ein Problem mit seitlichem Wassereintritt in die Mauern vorliegt oder ob dies ausgeschlossen werden kann. In der Praxis ist die Bestimmung der Lage des „0“-Punkts ohne Aufgrabungen und genaue Untersuchungen oft schwierig. In solchen Fällen kann man die Bodenhöhe als Bezugspunkt heranziehen, wobei jedoch zu prüfen ist, ob es sich um den ursprünglichen Boden handelt oder ob dessen Höhe durch die Überlagerung weiterer Bodenbeläge erhöht wurde.

Geländereprofilierung – Maßnahmen, die ergriffen werden, wenn eine übermäßige Erdansammlung festgestellt wird (die an den Mauern anliegt und deren ständige Durchfeuchtung verursacht), wenn Fehler in der Geländegestaltung festgestellt werden (Vertiefungen, Unebenheiten, Gegengefälle) übermäßiger Versiegelung der Oberfläche, insbesondere solcher, die für das Auftreten von Spritzwasser an den Wänden verantwortlich sind. Je nach Art und Ausmaß der Mängel kann die Neuprofilierung entweder vom Verwalter der Anlage durchgeführt werden (Auffüllen von Unebenheiten, Beseitigung von Hindernissen, die den Wasserabfluss behindern, usw.), oder erfordert einen durchdachten Entwurf, der die Notwendigkeit berücksichtigt, die Begrünung direkt an den Wänden zu erhalten, sehr steile Gefälle entlang der Tropflinie zu gestalten, angemessene Gefälle am gesamten Umfang des Bauwerks beizubehalten usw. Die Reprofilierung ist eine vorrangige Aufgabe bei der Wiederherstellung des Feuchtigkeitsgleichgewichts in Fällen von überschüssigem Boden. Das Konzept und die Methoden zur „Entfernung“ des feuchten Bodens von den Gebäudewänden (Abstandhalter, Entwässerungskanäle, Nivellierung, sofern der Boden keine archäologische Bedeutung hat) müssen in jedem Fall individuell, abhängig von den vor Ort herrschenden Bedingungen, ausgewählt werden. Die Neuprofilierung des an ein historisches Gebäude angrenzenden Bodens ist zwar in komplexen Fällen ein invasiver Eingriff, der eine Planung und die Genehmigung des Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft erfordert, stellt jedoch eine vorrangige Maßnahme dar, da man sich bewusst sein muss, dass ohne die Beseitigung der seitlichen Wasserinfiltration aus dem überschüssigen Boden niemals eine Trockenlegung erreicht werden kann.

Überwachung – Bewertung der Auswirkungen der Entfeuchtungsarbeiten durch Beobachtung des Zustands des Denkmals in den folgenden Jahren sowie durch den Vergleich der vor den Arbeiten durchgeführten Messungen mit den nach deren Abschluss (in bestimmten Zeitabständen) gewonnenen Messwerten.

Verdeckte Arbeiten – als verdeckte Arbeiten werden Tätigkeiten bezeichnet, die nach Abschluss des gesamten Projekts nicht mehr sichtbar sind; daher lassen sich weder ihr Umfang noch ihre Ausführung bestimmen, beispielsweise mit Erde bedeckte Fundamentisolierungen, die Tiefe und Art der Entwässerung usw. Dies gilt nicht nur für unterirdische Arbeiten, sondern für alle Arbeiten, deren Überprüfung aufgrund ihrer Abdeckung durch weitere Schichten oder aufgrund ihrer besonderen Beschaffenheit nicht möglich ist (zum Beispiel Isolierungsarbeiten – das Einfüllen einer wasserabweisenden Substanz in Öffnungen, die zwar oberirdisch durchgeführt werden, aber nach ihrer Fertigstellung nicht überprüft werden können).