Dipl.-Ing. Dr. Michael Balak
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger

Sanierung von denkmalgeschützten Objekten (Teil I)

1. Einleitung

Im Zuge der Sanierung von denkmalgeschützten Objekten sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Erhaltung der Bausubstanz;
- Materialkonformität;
- möglichst geringer Substanzverlust durch Sanierungsmaßnahmen;
- Zerstörungsprozesse stoppen und verhindern;
- nur erprobte Sanierungsmaßnahmen durchführen;
- möglichst nur nachhaltige Sanierungsmethoden verwenden.

In der Praxis ist immer wieder zu beobachten, dass die letzten drei angeführten Grundsätze nicht eingehalten werden.

2. Wohngebäudezustand in Österreich

Im Zuge des Forschungsprojekts „Zukunftssicheres Bauen“ (finanziert vom Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, 2014 bis 2015) haben wir (OFI) gemeinsam mit der Technischen Universität Wien, Institut für Hochbau und Technologie (Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. *Andreas Kolbitsch*), den Projektteil „Wohngebäudezustand in Österreich“ bearbeitet. Die Wohngebäude aus folgenden Bauperioden wurden begutachtet:[1]

- Bauperiode vor 1919 – Romanik;
- Bauperiode vor 1919 – Mittelalter;
- Bauperiode vor 1919 – Barock;
- Bauperiode vor 1919 – Gründerzeit;
- Bauperiode von 1919 bis 1944;
- Bauperiode von 1945 bis 1960;
- Bauperiode von 1961 bis 1980.

In Abbildung 1 ist ein Überblick über den Wohngebäudebestand in Österreich, in Abbildung 2 ein Überblick über den Wohngebäudebestand in Wien ersichtlich. Daraus ist ersichtlich, dass die Wohngebäudeanzahl vor dem Zweiten Weltkrieg in Österreich sehr groß ist und volkswirtschaftlich betrachtet der Erhalt dieser Bausubstanz von eminenter Bedeutung ist.

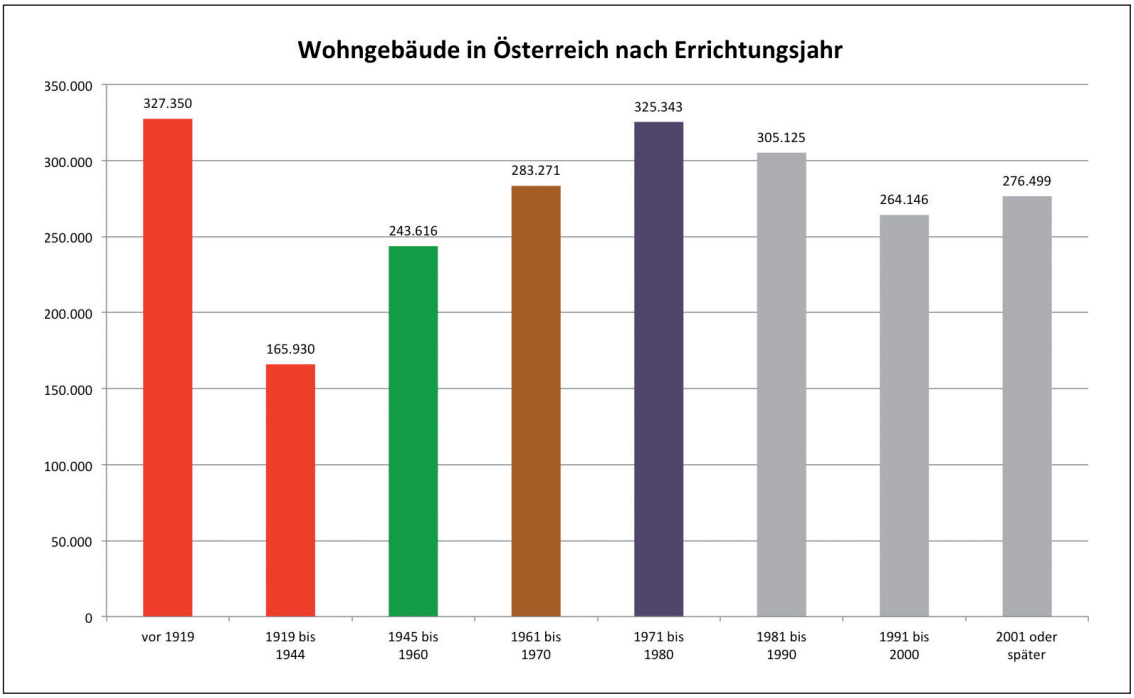

Abbildung 1: Wohngebäudebestand in Österreich nach Errichtungsjahr (Quellle: *Balak/Kolbitsch*, Forschungsprojekt „Zukunftssicheres Bauen“)

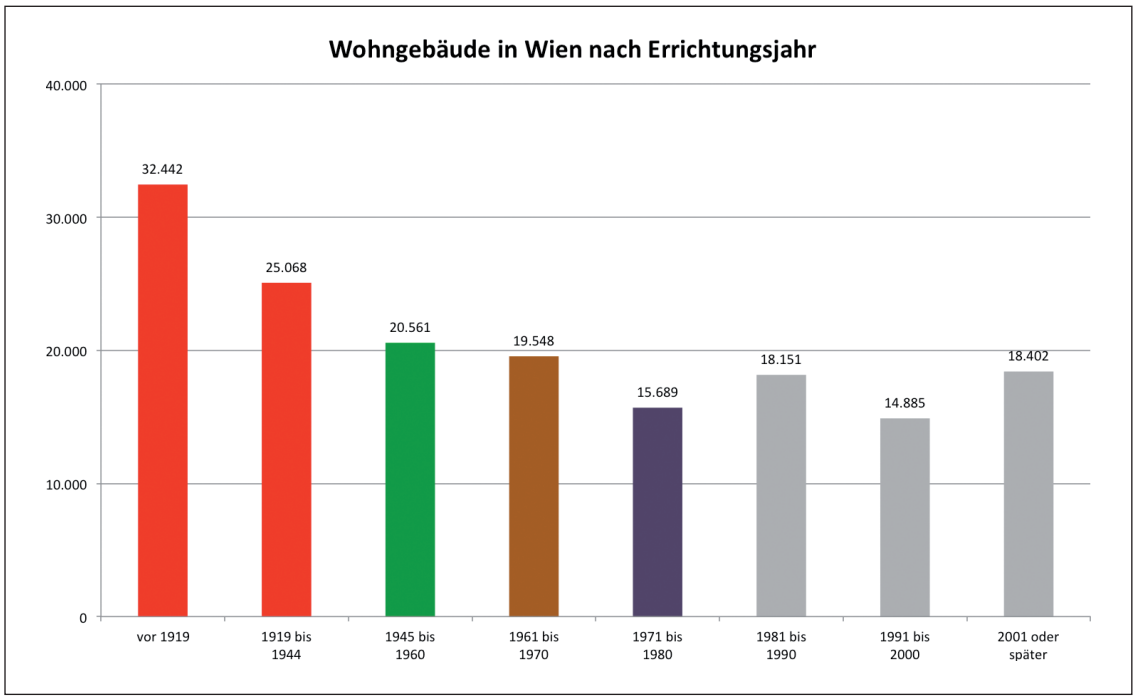

Abbildung 2: Wohngebäudebestand in Wien nach Errichtungsjahr (Quellle: *Balak/Kolbitsch*, Forschungsprojekt „Zukunftssicheres Bauen“)

Laut den vorgenommenen Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts haben sich die in Abbildung 3 ersichtlichen Lebensdauern von Bauteilen ergeben.

Hauptteil	Unterteilung	Beobachtete Lebensdauer
Gesamtobjekt		>> 100
Rohbau	tragende Elemente	>> 100
	nicht tragende Elemente	> 80
	erdberührte Elemente	>> 100 *
Gebäudehülle	Dach	> 40
	Fassade ohne Fenster	40 – 70
	Fenster	20 – 60
Haustechnik	E-Installation	40
	Heizung	20 – 40
	Sanitärinstallation	20 – 50
Innenausbau		> 10

Abbildung 3: Lebensdauer von Bauteilen laut vorgenommenen Untersuchungen (Quellle: *Balak/Kolbitsch*, Forschungsprojekt „Zukunftssicheres Bauen“)

Die Hauptschadensursachen für die Reduktion der Lebensdauer sind:

- Feuchtigkeit;
- Risse;
- Schädlingsbefall;
- vernachlässigte Instandhaltung und Instandsetzung.

In Abbildung 4 sind typische bauepochenabhängige Schadensbilder und Mängel angeführt.

Aus den von uns durchgeführten Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts „Zukunftssicheres Bauen“ ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

Wohngebäude in Massivbauweise weisen deutlich längere Nutzungsdauern auf als in der Norm vorgesehen. Einschränkend muss jedoch angeführt werden, dass dies nur gilt, wenn

- kein Feuchtigkeitseintritt in die Tragstruktur und in die nicht tragenden Bauteile stattfand bzw stattfindet und
- eine regelmäßige Instandhaltung und Instandsetzung erfolgt sind.

3. Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk

3.1. Allgemeines

Grundsätzlich sind im Hinblick auf die langfristige und nachhaltige Erhaltung der Bausubstanz sowohl die Vermeidung der Feuchtigkeitseinwirkung als auch die Reduktion der Feuchtigkeit in den Bauteilen unumgänglich. Eine von uns unter Punkt 2. beschriebene durchgeführte Studie zur Erfassung des Wohngebäudezustands in Österreich zeigt, dass die Bausubstanz weit über die prognostizierte und kaufmännisch angesetzte Gebäudenutzungsdauer von 50 Jahren hochwertig nutzbar ist (mehrere 100 Jahre), allerdings hauptsächlich nur dann, wenn die Feuchtigkeitszufuhr unterbunden wurde. Dies bedeutet, dass wir in Zukunft ein sehr großes Augenmerk auf die Feuchtigkeitseinwirkung auf die Bausubstanz legen müssen. Je früher diesbezügliche Sanierungsmaßnahmen getroffen werden, umso geringer ist der Kostenaufwand. Weiters ist wichtig, dass die Objekteigentümer, Planer und Ausführenden in dieser Richtung zB durch Schulungsmaßnahmen sensibi-

Bauepoche	Tragende/ aussteifende Wände	Deckenkonstruktion	Stiegen
Romanik	Schäden infolge von Wasserzutritt nach Bindemittelauswaschung, seltener Rissschäden nach Bauteilverformung zB infolge von Setzungen	An den massiven Gewölbekonstruktionen sind Rissschäden nur infolge von Widerlagerverschiebungen zu konstatieren	Schäden nach Gebrauchsabnutzung oder als Risse in den Natursteinstufen infolge von Setzungen der tragenden Mauern einzustufen
Späteres Mittelalter/Gotik	An den Steinkonstruktionen Schäden nach Verformung der Widerlager oder nach unterschiedlichen Setzungen der Fundamente	An den Gewölben in den unteren Geschoßen Schädigungen in den meisten Fällen auf Bindemittelauswaschung nach Feuchtigkeitszutritt oder auf Widerlagerverschiebung zurückzuführen	An den Gewölben in den unteren Geschoßen Schädigungen in den meisten Fällen auf Bindemittelauswaschung nach Feuchtigkeitszutritt oder auf Widerlagerverschiebung zurückzuführen
Barock	Schäden in erster Linie als Folge von Bindemittelauswaschung durch eingedrungene Feuchtigkeit (Niederschlagswasser oder aufsteigende Bodenfeuchtigkeit)	Besonders Kreuzgewölbe zeigen sich als empfindliche gegenüber ungleicher Setzung der Widerlager, Rissbildungen an den Graten und/oder an den begrenzenden Schildmauern	Schäden nach Gebrauchsabnutzung oder als Risse in den Natursteinstufen infolge von Setzungen der tragenden Mauern einzustufen; teilweise auch Verformungsschäden an den tragenden Mauerwerksbögen zum Spindelraum
Biedermeier	Aufgrund der großen Wandstärken Schäden in erster Linie nur nach Feuchtezutritt und Bindemittelauswaschung	An den Massivdecken Schäden nur nach Widerlagerverschiebung; bei Dippelbaumdecken Schäden nach Feuchtigkeitszutritt	Schäden nach Gebrauchsabnutzung oder als Risse in den Natursteinstufen infolge von Setzungen der tragenden Mauern einzustufen
Gründerzeit	Schäden am Mauerwerk in den Untergeschoße nach Bindemittelauswaschung infolge von Feuchtezutritt, Rissschäden nach Setzungen	Schäden in erster Linie an den Holzdecken unter Nassräumen oder unter dem Dachgeschoß nach Feuchtezutritt	Schäden nach Gebrauchsabnutzung oder als Risse in den Natursteinstufen infolge von Setzungen der tragenden Mauern einzustufen
Zwischenkriegszeit 1919 – 1944	Schäden an den massiven Wandkonstruktionen meist nur als Folge von lokalen Überbeanspruchungen nach baulichen Veränderungen	Korrosionsschäden an den Stahlbetondecken meist im Bereich des Kellergeschoßes nach Feuchtezutritt als Folge der geringen Betonüberdeckung der Bewehrung	Schäden sind nur selten, meist als Abnutzungsfolge festzuhalten; als Mangel (aus aktueller Anforderungssicht) ist die durchgehend fehlende schalltechnische Trennung einzustufen
Wiederaufbau 1945 – 1960	Gleiche Schadensbilder und Mängel wie an Konstruktionen der Zwischenkriegszeit	Korrosionsschäden an Decke über dem Kellergeschoß, teilweise zu geringe Dimensionierung	Gleiche Schadensbilder und Mängel wie an Konstruktionen der Zwischenkriegszeit
Bauphase 1961 – 1980	Kaum konstruktive Mängel, meist unzureichende Wärmedämmung	Schäden sind nur selten festzuhalten, manchmal unzureichende Trittschalldämmung der Fußbodenaufbauten	Als Mangel ist die meist unzureichende schalltechnische Trennung festzuhalten

Abbildung 4: Typische bauepochenabhängige Schadensbilder und Mängel (Quellle: *Balak/Kolbitsch*, Forschungsprojekt „Zukunftssicheres Bauen“)

lisiert werden. In Zukunft darf es nicht mehr vorkommen, dass Abdichtungs- und Entfeuchtungsmaßnahmen eingespart werden unter dem Motto: „Das sieht man ohnehin nicht."

Die Mauerwerkstrockenlegung ist eine wesentliche und nachhaltige Sanierungsmaßnahme, da durch den ständigen kapillaren Salzlösungskreislauf im Mauerwerk ein permanenter Zerstörungsprozess im Mauerwerk stattfindet, der durch die Schadensalzmechanismen verursacht wird.

Aufgrund des äußerst komplexen Fachgebiets der Mauerwerkstrockenlegung und der damit verbundenen häufigen Fehlschläge in der Praxis sind vor Durchführung von Trockenlegungsmaßnahmen eine umfangreiche Bauwerksdiagnose und die Erstellung eines Sanierungskonzepts sowie in weiterer Folge einer Sanierungsdetailplanung erforderlich. Dies wird auch in der ÖNORMEN-Serie B 3355[2] gefordert.

3.2. Problematik

Im Hinblick auf die langfristige Erhaltung des Altbaubestands, aber auch im Hinblick auf die Reduktion der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks ist die Mauerwerkstrockenlegung unumgänglich. Durch den kapillaren Salzlösungskreislauf im Mauerwerk bei aufsteigender Feuchtigkeit ist nämlich – wie bereits erwähnt – ein permanenter Zerstörungsprozess im Mauerwerk vorhanden (siehe Abbildung 5).

Wichtig ist jedoch, dass die Trockenlegungsmaßnahmen technisch korrekt, gleichzeitig aber auch objektspezifisch kostenoptimiert durchgeführt werden, was jedoch in der Praxis oft nicht gegeben ist.

Die vermeidbaren Bauschadenskosten, verursacht durch unwirksame oder unzureichende Trockenlegungsmaßnahmen, belaufen sich in Österreich auf zirka € 50 Mio und in Deutschland auf mindestens das 10-Fache pro Jahr. Die Ursachen für die häufigen Fehlschläge liegen in der Planung, Ausführung und Materialanwendung bzw Materialqualität. Die Problematik bei der Planung liegt häufig darin, dass der Planer seine Fachkenntnis oft überschätzt und – ohne vorher aus Kostengründen eine entsprechende Bauwerksanalyse hinsichtlich Mauerwerkstrockenlegung durchführen zu lassen – Trockenlegungsmaßnahmen ausschreibt, die objektspezifisch oft nicht zielführend und/oder unzureichend sind. In der Praxis verlässt sich auch der Planer des Öfteren auf unqualifizierte oder produktorientierte Aussagen von Fachfirmen.

Probleme bei der Ausführung liegen meist darin, dass das Personal von sogenannten Fachfirmen oft keine ausreichenden Fachkenntnisse hat und daraus Ausführungsfehler resultieren. Weiters sind oft auch die Anwendungsgrenzen der verwendeten Produkte nicht bekannt. Ergänzend dazu sind noch handwerkliche Fehlleistungen zu nennen. Die örtliche Bauaufsicht kann mehrheitlich die Ausführung von Trockenlegungsmaßnahmen aufgrund von mangelnder Fachkenntnis nicht ausreichend beurteilen und somit Fehlschläge nicht sofort erkennen.

Die häufigsten Fehlerquellen bei der Materialqualität ergeben sich aus dem Umstand, dass die Produkthersteller sowohl die Planer als auch die ausführenden Fachfirmen nicht ausreichend über die Anwendungsgrenzen ihrer Produkte informieren und teilweise auch zu hohe Erwartungen in die eigenen Produkte stecken. Nicht zu unterschätzen sind die Produkte zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Mauerwerk, die über Baumärkte vertrieben werden, welche natürlich auch Anwendungsgrenzen besitzen, die jedoch von den „Heimwerkern" objektspezifisch nicht überprüft werden bzw vom Laien nicht überprüft werden können.

3.3. Bauwerksanalyse und Sanierungskonzept

3.3.1. Vorbemerkung

Zur Festlegung erforderlicher Trockenlegungsmaßnahmen ist zunächst eine Zustandserhebung am Objekt gemäß Abbildung 6 durchzuführen. Besondere Bedeutung hat auch die zukünftige Nutzung des Gebäudes, da davon die Intensität der Baumaßnahmen abhängt.

3.3.2. Probenentnahme

Um ein Gebäude hinsichtlich Feuchtigkeitszustand und Schadsalzbelastung analysieren zu können, ist die Entnahme von Ziegel-, Stein- und Mörtelproben aus dem Mauerwerk unbedingt erforderlich. Die Beurteilung eines Objekts ausschließlich mittels Messgeräten auf Basis elektrischer Leitfähigkeit oder Mikrowellentechnik ist aufgrund der meist enormen Abweichungen zur Realität nicht zulässig.

Abbildung 5: Typische Schadensbilder bei durchfeuchtetem Mauerwerk (Quelle: *Balak/Pech*, Mauerwerkstrockenlegung[2] [2008])

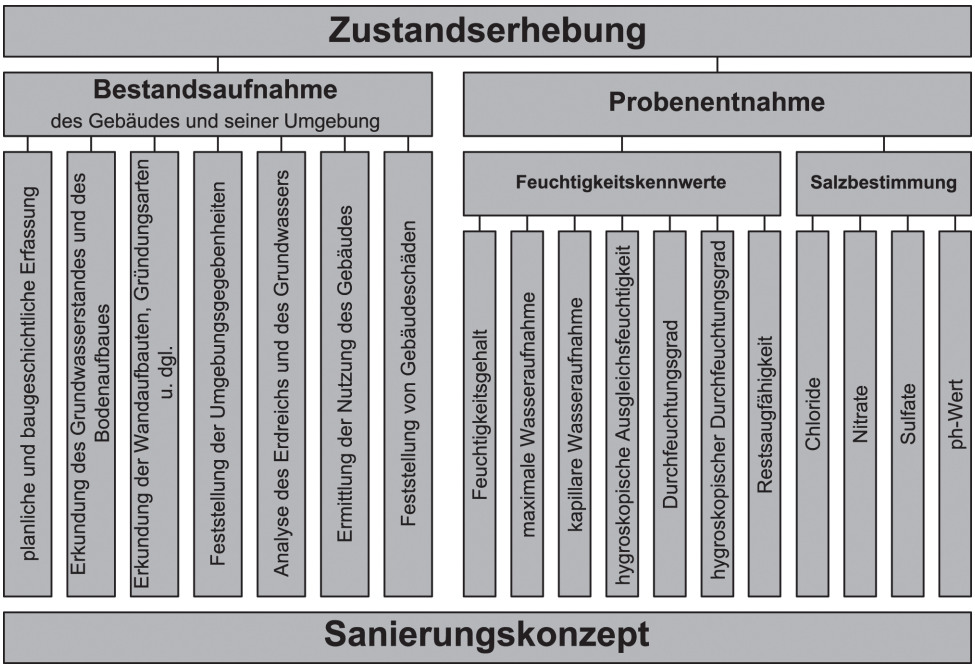

Abbildung 6: Zustandserhebung – Sanierungskonzept (Quelle: ÖNORM B 3355)

Die entnommenen Baustoffproben müssen sofort luftdicht verpackt werden, um eine Beeinflussung des Feuchtigkeitsgehalts auszuschließen. Verwendung von Plastiksäckchen kann dabei als nicht ausreichend angesehen werden.

Grundsätzlich ist vorerst ein Messprofilraster an dem zu untersuchenden Objekt anzulegen, wobei sich der Abstand der Messprofile nach den objektspezifischen Gegebenheiten richtet. Ein Messprofil besteht aus mindestens zwei übereinanderliegenden Entnahmeorten, wobei der Abstand zwischen den Entnahmeorten von den örtlichen Gegebenheiten abhängt, jedoch im Regelfall zwischen 70 und 100 cm beträgt. Wichtig ist, dass – wenn nur eine Baustoffprobe von einem Entnahmeort gezogen wird – für die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts die Probenentnahme aus der Kernzone des Mauerwerks erfolgt. Dies bedeutet eine Entnahmetiefe ab mindestens 15 cm, da in der Randzone des Mauerwerks Feuchtigkeitsgehaltsschwankungen in Abhängigkeit vom Raumklima gegeben sind und dadurch keine konkrete Aussage über den Mauerwerkskernbereich getroffen werden kann.

Die Probeentnahme ist ausführlich zu dokumentieren, wobei folgende Daten erfasst werden müssen:

- Datum der Probenentnahme;
- Art der Probenentnahme;
- Objektbezeichnung;
- Messprofil;
- Entnahmeort;
- Behälternummer;
- Höhe über diversen Niveaus (zB Höhe über Kellerfußboden);
- Höhe über Geländeniveau;
- Entnahmetiefe;
- entnommenes Material;
- Lufttemperaturen zum Zeitpunkt der Entnahme (im Raum sowie außen);
- Wandoberflächentemperatur (zur Beurteilung der Möglichkeit der Kondenswasserbildung);
- relative Luftfeuchtigkeit (im Raum sowie außen);
- Anmerkungen bzw Situationsbeschreibungen.

Die Lage der Messprofile und der Entnahmeorte ist in die Grundrisspläne einzutragen (siehe Abbildung 7). Die Angabe von Höhen der Probenentnahmestellen bezüglich diverser Niveaus (zB Fußboden-Oberkannte) oder des Geländeniveaus direkt neben dem Objekt ist wichtig, um zB anhand von Feuchtigkeitswerten innerhalb eines Messprofils erkennen zu können, ob es sich um aufsteigende Feuchtigkeit handelt (die Feuchtigkeitswerte sinken bei zunehmender Höhe) oder aber nur um eine örtliche starke Versalzung des Mauerwerks, die die Feuchtigkeit hygroskopisch aufnimmt (die Feuchtigkeitswerte steigen zB bei zunehmender Höhe), bzw auch um Kondensationsfeuchtigkeit.

Grundsätzlich gibt es für die Entnahme von Mauerwerksproben zur Bestimmung der feuchtigkeitsrelevanten Kennwerte drei verschiedene Entnahmemethoden:

- Probenentnahme durch Ausstemmen (siehe Abbildung 8);
- Probenentnahme mittels Spiralbohrer (siehe Abbildung 9);
- Probenentnahme mittels Kernbohrer (siehe Abbildung 10).

Zur Bestimmung einiger Analysewerte ist Bohrmehl ausreichend und bei manchen ein Granulat, das durch Ausstemmen oder trockene Kernbohrung gewinnbar ist, erforderlich. Grundsätzlich können für die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts und der bauschädlichen Salze Bohrmehl bzw Bohrklein herangezogen werden. Für die Ermittlung der hygroskopischen Ausgleichsfeuchtigkeit, der maximalen Wasseraufnahme, der Restsaugfähigkeit, des Durchfeuchtungsgrades sowie des Wassersättigungskoeffizienten ist unbedingt ein Granulat zu verwenden.

Bei der Entnahme von Baustoffproben mittels Spiralbohrer ist darauf zu achten, dass der Bohrerdurchmesser mindestens 20 mm beträgt und eine langsam drehende Bohrmaschine mit maximal 350 Umdrehungen pro Minute verwendet wird, um die rasche Erwärmung der Bohrkrone zu verhindern und somit unverfälschte Prüfergebnisse zu erhalten.

Bei der Entnahme von Baustoffproben mittels Kernbohrer sollte als Empfehlung der Bohrkerndurchmesser mindestens 50 mm betragen und ebenfalls eine langsam drehen-

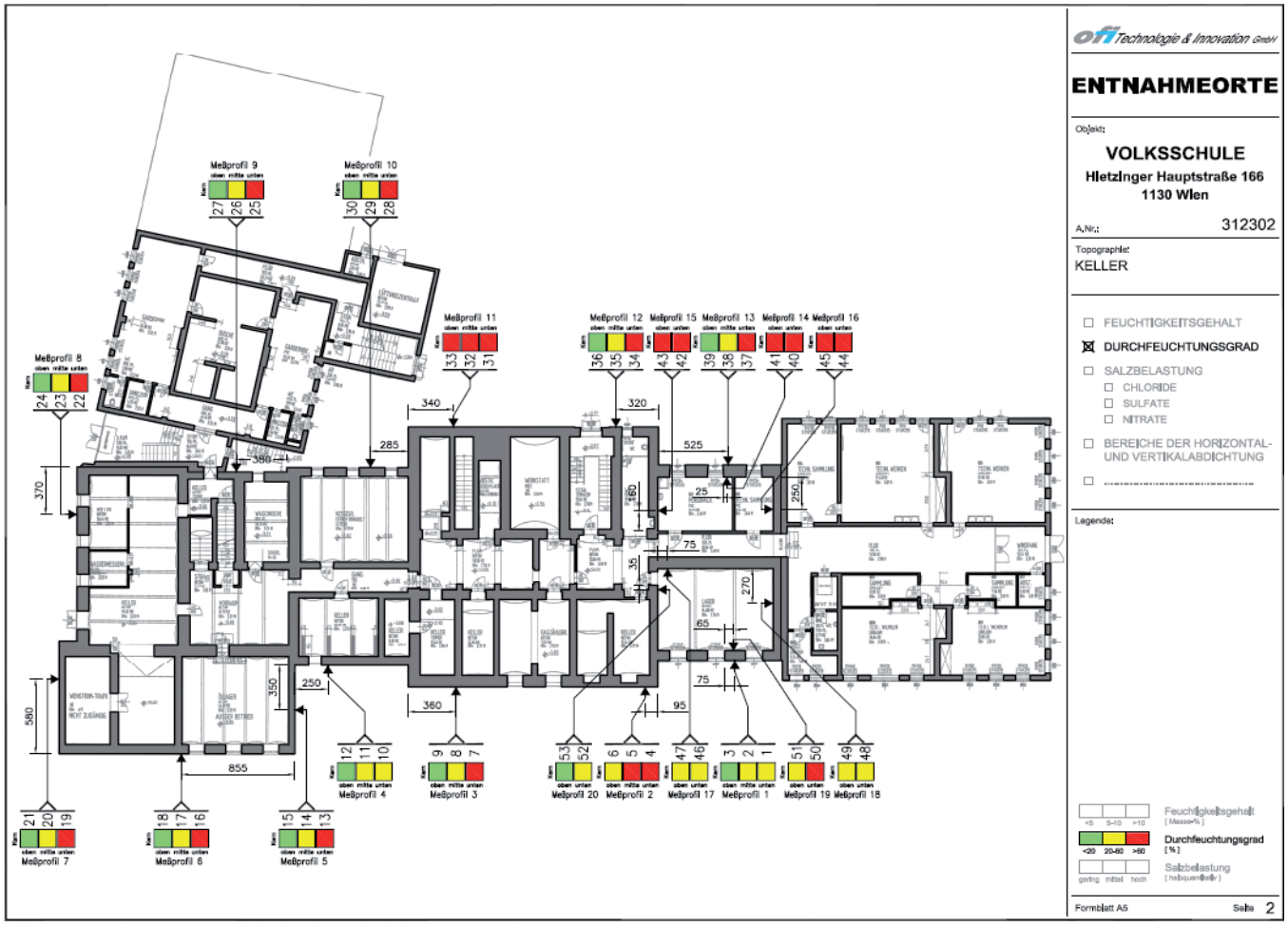

Abbildung 7: Messprofile und Entnahmeorte, Durchfeuchtungsgrad

Abbildung 8: Probenentnahme durch Ausstemmen

Abbildung 9: Probenentnahme mittels Spiralbohrer

Abbildung 10: Probenentnahme mittels Kernbohrer

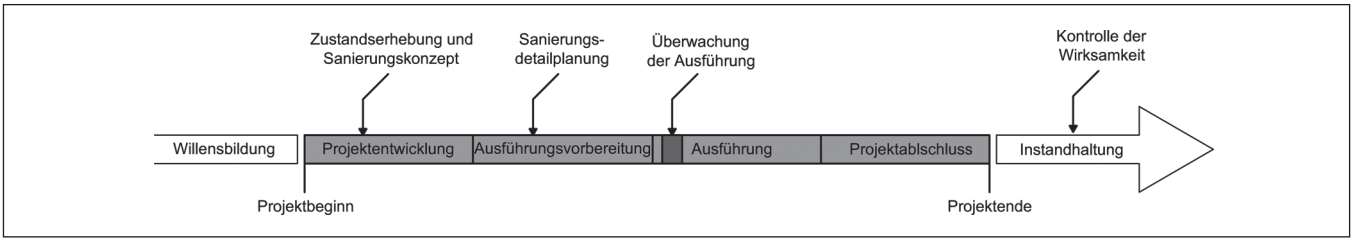

Abbildung 11: Zeitlicher Projektablauf (Quelle: ÖNORM B 3355)

de Bohrmaschine verwendet werden, um die rasche Erwärmung der Bohrkrone zu verhindern.

Handelt es sich um ein Mischmauerwerk oder um ein Bruchsteinmauerwerk, sollten nicht nur Naturstein- oder Ziegelproben, sondern auch Mörtelproben entnommen werden, da bei diesen Mauerwerksarten in Abhängigkeit von der Steinart der kapillare Wassertransport meist über die Mörtelfuge erfolgt.

3.3.3. Baustoffanalysen

An den entnommenen Baustoffproben können die folgenden feuchtigkeitsrelevanten Kennwerte gemäß ÖNORM B 3355-1 bestimmt werden:

- Feuchtigkeitsgehalt;
- hygroskopische Ausgleichsfeuchtigkeit;
- maximale Wasseraufnahme;
- kapillare Wasseraufnahme;
- Durchfeuchtungsgrad;
- hygroskopischer Durchfeuchtungsgrad;
- Restsaugfähigkeit;
- bauschädliche Salze (Chloride, Sulfate, Nitrate);
- pH-Wert.

Auf die Bestimmung und Interpretation der angeführten feuchtigkeitsrelevanten Kennwerte wird hier nicht eingegangen, sie ist jedoch ausführlich in der ÖNORM-Serie B 3355) sowie in der Literatur beschrieben.[3]

3.3.4. Sanierungsplanung

Die Analysewerte (wie Feuchtigkeitsgehalt, Durchfeuchtungsgrad, kapillare Wasseraufnahme, Restsaugfähigkeit, hygroskopische Ausgleichsfeuchtigkeit, Chlorid-, Sulfat- und Nitratgehalt etc) helfen den meisten Bauherren kaum weiter, da sie die Auswirkungen der Analysewerte auf die Sanierungsmaßnahmen meist nicht beurteilen können. Grundsätzlich ist die Bauwerksanalyse die Grundlage für die Sanierungsplanung und daher prinzipiell bei jedem Sanierungsobjekt von einem kompetenten Fachmann durchzuführen. Zur Sicherstellung der zeitlich richtigen Zuordnung sind im Projektzeitplan die einzelnen Arbeiten (Zustandserhebung einschließlich Sanierungskonzept, Sanierungsdetailplanung, Überwachung der Ausführung und Kontrolle der Wirksamkeit) einzutragen (siehe Abbildung 11).

Um jedoch die Ausschreibung gezielt durchführen zu können, muss bekannt sein, welche Horizontalabdichtungsverfahren und flankierenden Maßnahmen (wie Putzsystem, Vertikalabdichtung, Mauerwerksentfeuchtung, Mauerschadsalzreduktion, Anstrichsystem, Fußbodenaufbau, Raumbelüftung etc) geeignet bzw erforderlich sind. Die Sanierungsplanung hinsichtlich Mauerwerkstrockenlegung hat in folgenden Schritten zu erfolgen:

- Erstellung eines Sanierungskonzepts auf Basis der Analyseergebnisse;
- Sanierungsdetailplanung inklusive Massenermittlung und Auswahl der Horizontalabdichtungsmethode gemeinsam mit dem Bauherrn;
- Erstellung der Kostenberechnungsgrundlage (Leistungsverzeichnis).

Wichtig ist, dass die Sanierungsplanung auf die Wünsche und Bedürfnisse des Bauherrn abgestimmt wird und dieser über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren bzw über mögliche Folgeschäden bei Unterlassung von notwendigen Sanierungsmaßnahmen informiert wird. Ein alleiniges Sanierungskonzept kann grundsätzlich nicht als Ersatz für eine Sanierungsdetailplanung angesehen werden.

Prinzipiell ist die Voraussetzung für den Einsatz eines Horizontalabdichtungsverfahrens natürlich die Tatsache, dass es sich um aufsteigende Feuchtigkeit handelt und nicht etwa um vagabundierende Feuchtigkeit, Kondensationsfeuchte oder eine örtliche, starke Versalzung des Mauerwerks mit einer damit verbundenen hohen Feuchtigkeitsaufnahme aus der Luft.

Die Fortsetzung dieses Beitrags finden Sie in der nächsten Ausgabe.

Anmerkungen:

[1] *Balak/Kolbitsch*, Forschungsprojekt „Zukunftssicheres Bauen“, Projektteil „Wohngebäudezustand in Österreich“ (2014 – 2015).

[2] ÖNORM B 3355: Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk, Teile 1 bis 3 (Ausgabe 15. 1. 2011).

[3] Vgl *Balak/Pech*, Mauerwerkstrockenlegung[2] (2008).

Korrespondenz:
Dipl.-Ing. Dr. Michael Balak
E-Mail: Michael.Balak@ofi.at