

Kalk in Wien – Reparatur historischer Fassaden. Lehren der Denkmalpflege

Ivo Hammer

Vortrag:

Ort: Volkskunde Museum Wien, Laudongasse 15-19, 1080 Wien

Zeit: 30. Oktober 2022, 13:30-14:30

Ökonomische Umwälzungen in Richtung kurzfristige Kalkulation und unbedachter Verbrauch von Ressourcen führten auch in der Bautechnik zu dramatischen Veränderungen hinsichtlich Materialien, Techniken und ästhetischen Präferenzen. Materialien werden im Labor ‚designed‘ und sind entsprechend teuer. Handwerkliche Qualifikation wird ersetzt durch die selektive ‚Intelligenz‘ der Baustofffirmen, die handwerkliche Tradition der Herstellung und der Reparatur geriet in Vergessenheit.

Die in der Denkmalpflege von Konservatoren-Restauratoren gewonnenen Kenntnisse sind nicht für die Konservierung von Denkmälern, sondern generell auch für Erhaltung und Reparatur von Altbauten nutzbar. Auch in Wien begann man vor 40 Jahren an einzelnen Objekten wieder mit nachhaltiger Pflege mit Kalk.

Dank an Tina Zickler für die Einladung und die freundliche Einführung

Meine Damen und Herren,

Es geht um Kalk

2 Surface is interface

Das Thema meines Vortrags bezieht sich auf einen bedeutenden Teil unseres Lebensraums, unserer Umwelt: Die Architektur, **in** der und **mit** der wir den größten Teil unseres Lebens verbringen. Die Fassade eines Bauwerks ist die Vermittlungsebene zwischen dem umbauten Raum und der Umwelt, das Gesicht (lat. *facies*) des Bauwerks. Wir sehen an der Fassade das Alter des Bauwerks, die Gliederung, Dekoration, die Farbe, die Erscheinungsweise sozialer Stellung und sozialer Unterschiede, wir sehen die Spuren der Alterung und der von Menschen bewusst gemachten Veränderungen. Was wir an der Fassade sehen, ist immer an Materie gebunden.

Ich möchte ihnen heute vermitteln, warum die historische Architektur, die auf traditionellen, jahrtausendealten Handwerkstechniken aufbaut, bei entsprechender traditioneller Pflege Jahrhunderte überdauert hat, und ich möchte ihnen die Gründe für die Resilienz der traditionellen Kalkfassaden gegen die Faktoren der Witterung andeuten. Ihre intelligente Nutzung und ihre traditionelle Pflege mit bewährten Materialien und Methoden ist ein bedeutender Beitrag zum schonenden und nachhaltigen Umgang mit unserer Umwelt.

Ich möchte Ihnen kritisch zeigen, wie heute mit historischer Architektur zerstörerisch umgegangen wird, wie es nach dem WK II zu einem Bruch mit der traditionellen Handwerkstechniken gekommen ist, der an die Stelle handwerklicher Tradition im Labor entwickelte Materialien und Systeme setzt. „Intelligenz am Bau“¹, wie der Transfer der gesamthaften handwerklichen Intelligenz und Erfahrung in die selektive Logik von Laborversuchen und deren Produkt-Ergebnis genannt wird

¹ Überlegungen zu den Gründen für diese Praxis siehe: Andreas Arnold, Naturwissenschaft und Denkmalpflege, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege 45, 1987 / 4, S. 2-11.; Ivo Hammer, Probleme der Erhaltung verputzter historischer Architektur, in: Guido Biscontin (Hrsg.), L'intonaco: storia, cultura e tecnologia. Atti del convegno di studi, Bressanone 24.-27. Juni 1985, Padova 1985, S. 339-352; Ivo Hammer, Symptome und Ursachen. Methodische Überlegungen zur Erhaltung von Fassadenmalerei als Teil der Architekturoberfläche, in: Zeitschrift für

Kunsttechnologie und Konservierung, Jg. 10/1996, S. 63-86; Ivo Hammer, Die malträtierete Haut. Anmerkungen zum Umgang mit verputzter historischer Architekturoberfläche, in: Beiträge zur Erhaltung von Kunstwerken 7, hrsg. vom Restauratoren Fachverband RFV, der Hochschule für Bildende Künste Dresden und dem Restauratorenverband Sachsen, Berlin 1997, S. 14-23; Ivo Hammer, Zur Nachhaltigkeit mineralischer Beschichtung von Architekturoberflächen. Erfahrungen mit der Anwendung von Kaliwasserglas und Kalk in

Liest man manche Firmenprospekte für Baumaterialien, könnte man glauben, alle Probleme des Bautenschutzes seien durch neue, "modifizierte" Produkte lösbar. Der Beweis wird durch selektive wissenschaftliche Daten und "Kennzahlen" geliefert. Die Bauwerke werden "sanier", ein biologistischer Begriff, der soviel bedeutet wie "gesundmachen". Wissenschaftlich mit selektiven Daten abgesicherte Prospekte der Hersteller von "Sanier"materialien richten sich gezielt an die Eigentümer, die ihrerseits dem ausführenden Fachmann das zu verwendende Produkt vorschreiben. Fachlich qualifizierte, dem Objekt entsprechende Bearbeitung der Oberfläche wird ersetzt durch teures, aber meist auch durch Laien zu verarbeitendes Material. Kurzfristige Kalkulation, in deren Rahmen die Arbeitskosten hoch erscheinen, erspart die Auseinandersetzung mit den Folgekosten, also auch mit der Nachhaltigkeit des Eingriffs in die Architekturoberfläche.

Wir kennen diesen, wie ich meine, naiven Glauben, dass "Wissenschaft", genauer: eine verkürzt verstandene, technokratische Wissenschaft, alle Probleme lösen kann, aus vielen anderen gesellschaftlichen Bereichen. Für jede Krankheit, für jedes Symptom gibt es Mittelchen. Dieses Mittelchen hat (meist) schädliche Nebenwirkungen, Folgesymptome also, gegen die es wieder ein Mittelchen gibt, und so fort, im Schneeballsystem.

In der Praxis richten diese Produkte zur Bau"sanierung" oft beträchtliche Schäden an. Der Schweizer Forscher Andreas Arnold erwähnt in seinem fundamentalen Aufsatz zum Thema Naturwissenschaft und Denkmalpflege von 1987² unter anderem z.B. die Schäden, die durch die Verwendung von alkalischen Baustoffen wie Zement oder Kaliwasserglas als Material für Mauerinjektionen und für sogenannte Sanierputze entstanden sind. Ganze Generationen von Handwerkern wurden verunsichert und desinformiert, verloren schließlich das Interesse an ihren handwerklichen Kenntnissen und ihrer Erfahrung - wofür sie dann manchmal als dumm und unfähig beschimpft werden, (und sich resignierend bisweilen dann auch so verhalten).

3 2/3 Bautätigkeit im Altbau

Reparatur von Altbauten ist nichts Exotisches. Architekten, die in ihrer universitären Ausbildung als Künstler, als Designer getrimmt werden, machen sich oft zu wenig klar, dass in ihrer Berufspraxis der Umbau, die Adaption und die Reparatur von Altbauten oft mehr als die Hälfte ihrer Tätigkeit sein wird.

4 Singerstr. 18; Brno HT: Denkmaler historischer Technologie

Denkmale sind nicht nur Vergegenständlichung von Ideen, die man zum historischen, künstlerischen oder sonst kulturellen Erbe zählt. Sie sind in ihrer materiellen Substanz auch Botschafter historischer Technologie. Sie repräsentieren technische Erfahrung und technisches Wissen, das in Jahrhunderten, ja Jahrtausenden im unendlichen Prozess von Versuch und Irrtum, entwickelt wurde. Ihre Existenz ist geradezu Beweis für die Intelligenz technischer Lösungen, sowohl jener der ursprünglichen Herstellungs- und Gestaltungstechnik als auch der Technik der späteren Veränderungen, also auch der Pflege und Reparatur. Was von diesen technischen Lösungen sich im Prozess der Verwitterung

Österreich, in: Mineralfarben. Beiträge zur Geschichte und Restaurierung von Fassadenmalereien und Anstrichen (Weiterbildungstagung des Instituts für Denkmalpflege an der ETH Zürich „Erfahrungen mit der Restaurierung von Mineralfarbenmalereien“, 20-22.März 1997, Red. Marion Wohlleben und Brigitt Sigel), Zürich 1998, S. 191-203 (Folgen der Umweltverschmutzung, vor allem durch SO_x seit dem 19. Jh; Zunahme der Renovierungstätigkeit; Veränderung der ökonomischen Kriterien: kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnung statt traditioneller Materialien und Methoden; ästhetische Normvorstellungen: Neuheitswert, Warenästhetik; Technologiegläubigkeit; selektive Betrachtungsweise technologischer Parameter in der Naturwissenschaft; mangelndes Interesse der Kunstwissenschaft an der Materialität; Geringschätzung handwerklicher Arbeit, Kulturbegriff an Autonomie der Kunst orientiert; enges Berufsbild des Restaurators; Schulung von Handwerkern ohne Restauratoren; Bau- und Förderungsvorschriften, an Stelle handwerklicher Intelligenz „intelligente“ Produkte).

² Andreas Arnold, Naturwissenschaft und Denkmalpflege, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege 45, 1987 / 4, S. 2-11.

bewährt hat, wurde von der Verwitterung historisch selektiert, das Gute, also das gut Gemachte und gut Gepflegte, blieb erhalten, das schlecht Gemachte und schlecht Gepflegte existiert nicht mehr.

5 Seit mehr als 14 000 Jahren feste menschliche Gebäude

Es ist noch nicht so lange her, sagen uns die Archäologen, dass die Gattung Homo sapiens, die in Afrika vor mehr als 200 000 Jahren entstand, feste Bauwerke herstellte. Die frühesten, die wir kennen, fanden sich im sogenannten Fruchtbaren Halbmond, z. B. in Ain Mallaha im heutigen Israel in den Boden gegrabene und mit Trockenmauern aus Bruchstein befestigte Grubenhäuser, 13000 Jahre alt, möglicherweise mit Kalkestrichen und vor allem erstaunliche Tempelbauten wie jene in Göbekli Tepe in der heutigen Türkei, mit Estrichen aus poliertem Kalkmörtel. Jedenfalls gesichert ist, dass die Menschen schon vor mehr als 14 000 Jahren gebrannten Kalk kannten.

6 Traditionelle Kalktechnik Krems (um 1300), Melk (ca. 1720)

Trotz vieler Unterschiede im Detail sind insgesamt die technischen Unterschiede bei Verputzen bis ins 20. Jahrhundert nicht sehr groß. Die Handwerker arbeiteten bei der Herstellung und auch bei der Reparatur eines Verputzes mit dem traditionellen Werkzeug, der Kelle und in der traditionellen Weise der Bearbeitung der Oberfläche. Die Materialien, Handwerkszeuge und Methoden wurden in den Jahrhunderten wenig verändert. Bis über das 17. Jh. hinaus finden wir in Österreich Mauerwerk aus Bruchstein, daneben und bis heute Ziegelmauerwerk. Technologisch geändert hat sich die Gerüsttechnik. Der Verputz des Passauerhofturms in Krems, um 1300, verändert und repariert im 15. Jh., ist mit dem Netzriegelgerüst hergestellt, so wie dies das Detail aus einem Gemälde des Pacheraltars in St. Wolfgang zeigt. Die Träger des Gerüsts, Netzriegel genannt, werden beim Aufmauern auf die Mauer gelegt und mindestens 40 cm hoch mit Mauersteinen beschwert, sodass Pfosten, also Gerüstbretter aufgelegt werden konnten. Dies erklärt auch die geringe Etagenhöhe von ca 1 m. Beim Abgerüsten wird der Putz etagenweise hergestellt. Die Ressourcen schonende Verwendung von Holz entspricht auch der Entwicklung der Produktivkräfte. Mühlen mit Gattersägen wurden erst Anfang des 16. Jh. entwickelt.

In Melk dagegen ist, wie man vor der Renovierung vor 40 Jahren am Fassadenputz ablesen konnte, - wie bis heute - ein vor der Fassade im Prinzip freistehendes, nur mit Haken mit der Mauer gesichertes Gerüst verwendet, was damals einen enormen Holzverbrauch bedingte. Dieses freistehende Gerüst ermöglichte die Bearbeitung der Oberfläche in einem Zug, mit entsprechenden ästhetischen Folgen.

7 Kalkkreislauf

Kurz eine notwendige Information zum Kreislauf des Kalks (der Vielen von Ihnen wahrscheinlich bekannt ist).

Beim Brennen des Kalksteins (also Calciumcarbonat, CaCO_3) mit Temperaturen um 1000°C , idealerweise mit Holz, wird CO_2 Gas frei. Beim Löschen des Branntkalks (CaO) entsteht Calciumhydroxid (Ca(OH)_2), also jenes Material, das wir als Pulver oder als Sumpfkalk für Mörtel und Farbe nutzen. Beim Abbinden des Kalkhydrats nimmt der Mörtel oder Kalkfarbe CO_2 aus der Luft auf, es entsteht chemisch wieder Calciumcarbonat, also Kalkstein, gleichzeitig wird Wasser freigesetzt (bekannt mit dem Begriff Baufeuchtigkeit). Das beim Brennen freigesetzte CO_2 wird also weitgehend wieder aufgenommen, ein Faktum, das ökologisch sehr bedeutsam ist, aber z. B. bei der CO_2 Steuer – soweit ich sehe – nicht berücksichtigt wurde, was den Portlandzement, der mit höherer Temperatur gebrannt werden muss (ca. 14500°C) und der kein CO_2 aufnimmt, sondern hydraulisch abbindet, steuerlich bevorteilt. Der Kalk, bei einer Temperatur von ca 1000°C gebrannt, wird in den historischen Brennverfahren ungleichmäßig erhitzt und ist dadurch nur ein Teil löslich. Sowohl jene Teile, die nicht genügend erhitzt wurden (also unter ca. 860°C), als auch jene, die über ca. 1100°C erhitzt wurden und versintert sind, die man Kalkspatzen nennt, können nicht gelöscht werden. Dieser scheinbare Mangel ist aber, wie sie gleich sehen werden, in Wirklichkeit ein Gewinn für die Mörtelqualität.

8 Materialien. Kalk, Mörtelqualität

Für einen Kalkmörtel wurde Gebrannter Kalk und Sand von nahen Waldbächen gemischt und zusammen gelöscht. Man nennt dies schon vor 2000 Jahren von Vitruv beschriebene Verfahren komischerweise Trockenlöschen, offenbar, weil man zuerst den trockenen Sand und den Branntkalk mischt und dann erst löscht. Ein Zuschlag von zerstoßenen Ziegeln und möglicherweise auch von vorgetrocknetem Kalk kann häufig sowohl im originalen Mörtel und in jenem für die Reparaturen verwendeten Mörtel festgestellt werden. Sie haben manchmal eine leicht rötliche Farbe. Ihre Zusammensetzung ist oft so ähnlich, dass sie kaum voneinander unterschieden werden können. Sichtbare Spuren der Alterung und der Reparatur wurden akzeptiert. Die Kalkspatzen sind wie der Sand ein Aggregat und dienen der Resilienz des Kalkmörtels gegen Witterungseinflüsse, weil im Witterungsprozess Teile des Kalks angelöst werden und beim Trocknen rekristallisieren und als Bindemittel wieder zur Verfügung stehen. Man nennt diesen Prozess **Selbstheilung**³. Sande werden erst seit der Betontechnik gewaschen. Die Feinanteile des Sandes reagieren mit dem Kalkhydrat unter Bildung von hydraulischen Bindungen und dürften auch die Karbonatisierung, also die Abbindung mit CO₂ beschleunigen. Beim Trockenlöschen begünstigt die Hitze die chemische Reaktion des Kalks mit den Feinanteilen des Sands. Ähnliches gilt auch für die Feinanteile der zerstoßenen Ziegel, die man als Aggregat des Mörtels findet.

9 Periodische Pflege

Die durch Handwerker oder auch die Nutzer vorgenommene periodische Pflege und Reparatur mit Materialien und Methoden, die zu dem Bestand kompatibel waren, verhinderten in der Regel ausgedehntere Schäden und wirkten auch – aufgrund der hohen Alkalität des Kalks, biostatisch, also hemmend gegen Mikroorganismen. (Man denke an das früher übliche jährliche Weißeln von Ställen. Jan Vermeer zeigt die übliche Pflege und Hygiene des Sockelbereichs, ohne Rücksicht auf die Gesamterscheinung der Ziegelbauwerke. Die verschiedenen Schichten, die wir Konservatoren-Restauratoren auf alten Oberflächen finden, erzählen von der selbstverständlichen Tradition der periodischen Pflege.

10 Reparatur: Wiederherstellung des Gebrauchswerts und ästhetische Erneuerung

Die periodisch aufgetragenen Putzergänzungen und Kalktünchen hatten nicht nur einen die Maueroberfläche technisch konservierenden, den Gebrauchswert des Putzes wiederherstellenden Effekt, sondern wirkten auch ästhetisch erneuernd. Zur Ästhetik eines Bauwerks gehört auch die zwischen Neuheitswert und Alterungsspuren wechselnde Erscheinung der Fassadenoberfläche, hier am Beispiel der Filialkirche in Grades in Kärnten. Im Sinne der Schonung von Ressourcen und der Sparsamkeit verwendet man bei der Reparatur die alten Netzriegellöcher und ersparte sich ein aufwendiges Gerüst.

11 Periodische Reparatur: Zeitabstände

Auf der ca. 1720 hergestellten Fassade des Hauses Singerstraße 18 fanden wir 1986 5 Färbelungsschichten. Das Haus wurde also ungefähr alle 50 Jahre mit einem Anstrich gepflegt. Allerdings bestanden die Anstriche des 19. Jahrhunderts (ca. 1820? und 1880?) aus einer Leinöl-Farbe. Man hat also im 19. Jh. die jahrtausendealte Materialtradition verlassen, und mit einem Material gestrichen, das einen wesentlichen physikalischen Unterschied zum Kalk aufweist: Es bildet einen Film auf der Oberfläche und ist nicht hydrophil, also nicht durchlässig für Wasser in flüssiger Form. Er hat auch, wie man sieht, nicht gut gehalten. (Auf die Gründe komme später zurück).

12 Verlust der Handwerkstradition

Polen, das mit der Rekonstruktion der von der deutschen Naziarmee im WK II zerstörten Städte in den 50er Jahren, z. B. auf unserem Bild in Allenstein, seine besonders lebendige Handwerkstradition unter Beweis stellte, hat genau wie anderen europäischen Ländern, vielleicht nur noch radikaler, diese

³ Hubert Paschinger, Fassadenanstriche, in: Restauratorenblätter 4, 1980, S. 99-108

Tradition verlassen. Das Gebäude des Rektorats der Kunstakademie ist mit einer grellen Dispersionsfarbe gestrichen.

13 Änderung der Bautechnik: Filmbildende Anstriche

Seit den Sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts beobachten wir eine dramatische Veränderung der Materialien und Techniken des Umgangs mit Altbauten.

Die Veränderungen der Bautechnik auch hinsichtlich der Gestaltung und Beschichtung von Architekturoberfläche entwickelten sich im 19. Jahrhundert, zunächst eher langsam.⁴ Noch bis in die Fünfziger Jahre unseres Jahrhunderts blieb aber die handwerkliche Tradition der Herstellung und Pflege von Architekturoberfläche mit Materialien, die Löschkalk enthielten, lebendig, zumindest außerhalb der wirtschaftlichen Zentren.

Erst in den letzten 60 Jahren wurde die handwerkliche Tradition in Europa weitgehend von Baustelle verdrängt, und dies nicht nur in technischer Hinsicht, auch methodisch. Die historischen Techniken gerieten in Vergessenheit. Die Regel war nicht mehr Pflege mit minimalem Aufwand an Material und Arbeit, sondern Vernachlässigung und maximale, kostspielige Intervention, wenn bereits irreversible Schäden aufgetreten waren. Es ist dies eine Vorgangsweise, die auch in anderen gesellschaftlichen Lebenszusammenhängen zu beobachten ist: In der Medizin high-tec Chirurgie und Antibiotika statt sanfter und breit angewandter Hygiene, bei technischen Produkten wie etwa dem Auto teure Ersatzteile oder Neukauf statt laufender Pflege und Reparatur des alten.

Warum sind die modernen Farbmaterialien häufig schädlich?

Die Kunstharze im Bindemittel der modernen Farben sind filmbildend, sie verändern bei Temperaturschwankungen ihr Volumen wesentlich stärker als der mineralische Untergrund. Dies führt zu Scherspannungen, die natürlich an von der Sonne beschienenen Südfassaden besonders stark sind, wie hier an der Fassade in Klagenfurt. Im Sommer sind Temperaturschwankungen innerhalb von 2-3 h von ca. 80 Grad C möglich. Filmbildende Anstriche mit Kunstharzen als mehr oder weniger großer Bindemittelanteil verhindern die rasche Trocknung, und begünstigen dadurch alle Schadensprozesse, die mit Feuchtigkeit zusammenhängen: Eissprengung, Salzkristallisation, Bildung von Mikroorganismen, Chemische Umwandlung von Kalk in Gips etc.. Ein eindrucksvolles Beispiel gebe ich mit der Südfassade der Schottenkirche in Wien. Sie wurde in den siebziger Jahren des 20. Jhs. mit zu hartem Kalk-Zementputz und einer Dispersionsfarbe erneuert und zeigt entsprechend Risse. Durch eine undichte Dachrinne sind Salze an der Oberfläche konzentriert. Die Salze zermürben die Oberfläche des Putzes.

14 Titel: Warum erhalten geblieben: Verwitterungsbedingungen

15 „Aufsteigende Feuchtigkeit“

Zum Verständnis der Resilienz des Kalks gegenüber den Verwitterungsbedingungen muss ich sie mit einigen bauphysikalischen Informationen quälen, die leider in der Praxis und auch in der Argumentation der meisten Baustofffirmen nicht genügend berücksichtigt werden.

In den meisten physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Verwitterungsprozessen spielt Feuchtigkeit eine wesentliche Rolle.

Die meisten Leute, die von Bauschäden sprechen, nennen die so genannte **Aufsteigende Feuchtigkeit** als Hauptursache für die Schäden. Aber ist das wirklich so? Unbestreitbar infiltriert Bodenfeuchtigkeit in die Kapillaren der porösen Baustoffe. Aber nur bis zu einer bestimmten Höhe. Wenn der Ausgleich zwischen der Menge der in den Kapillaren transportierten Feuchtigkeit und der Trocknungsgeschwindigkeit hergestellt ist, also als Faustregel bei porösen Baumaterialien wie Ziegeln ca. 50 cm, hat das Wasser keinen Grund, wesentlich weiter „aufzusteigen“. Venedig, das im

⁴ Der Fassadenverputz der Pfarrkirche St. Sulpitius in Frastanz (1885-88) ist wohl einer der frühesten Beispiele für die Verwendung von Portlandzement als hydraulischen Mörtelanteil in Österreich.

Salzwasser steht, wäre unbewohnbar, wenn es über den normalen, nach allen Richtungen wirkenden Kapillartransport von Wasser „aufsteigen“ würde.

16 Thermische Kondensation

Eine wesentliche Feuchtigkeitsquelle an Fassaden, aber auch z. T. in Innenräumen, ist die thermische Kondensation, also der Niederschlag von Wasser, wenn Wasserdampf auf einer kühlen Fläche den Taupunkt überschreitet, abhängig von der Temperatur. Ein Forschungsprojekt des Bundesdenkmalamts von 1993-94 an der Südfassade des Landschlusses von Parz mit Wandmalereien von ca. 1580 ergab, dass an einer Fassade im Durchschnitt fast jeden Tag und nach jedem Niederschlagsereignis mit thermischer Kondensation zu rechnen ist. Diese findet natürlich meist nicht direkt an der Oberfläche statt, sondern in der porösen Matrix, wo die Mauer und ihre Oberflächenbeschichtung etwas kühler ist.

17 Hygroskopische Feuchtigkeit

Die Forschungen des Chemikers des Bundesdenkmalamts, Hubert Paschinger in Zusammenhang mit den romanischen Wandmalereien der Stiftskirche von Lambach in OÖ haben auf eine zweite Feuchtigkeitsquelle hingewiesen, die in sehr vielen Fällen die Hauptursache der Ausbreitung von Schadensprozessen an porösen Architekturoberflächen ist: die Hygroskopie, also Wasser-anziehung durch an der Oberfläche im Trocknungsprozess konzentrierte Salze. Wir haben mittels Messung der elektrischen Leitfähigkeit und der elektrischen Kapazität der Oberfläche auch nachweisen können, dass die löslichen Salze, die sich im Trocknungsprozess an der Oberfläche aufkonzentrieren, ihren Trocknungshorizont ständig ausweiten, und auf diese Weise zu einer sekundären Ausbreitung der Schadensphänomene führen.

18 CM-Messung

Damit war auch der Grund geklärt, warum auf Mauern, die Innern trocken sind, also über dem Trocknungshorizont der Bodenfeuchtigkeit, dennoch Schadensphänomene aufweisen. Mit der orientierenden Messung der Mauerfeuchtigkeit in verschiedenen Tiefen kann man zwischen infiltrierender Feuchtigkeit einerseits und thermischer Kondensation bzw. hygroskopischer Feuchtigkeit unterscheiden. Mit diesen orientierenden Untersuchungen habe ich der österreichischen Denkmalpflege Millionen an sogenannten Trockenlegungen erspart und den Denkmalen sinnlose Maßnahmen.

19 GIPS als Produkt der Luftverschmutzung

Seit der Industrialisierung Europas im späten 18. Jh., vor allem im 19. Jh. hat die Luftverschmutzung dramatische Formen angenommen. Der hohe Anteil von schwefeligen Substanzen in der Luft, bekannt auch als saurer Regen, hat auch den Kalk-Oberflächen sehr zugesetzt. Nebel und thermische Kondensation an der Oberfläche führten zur Konzentration schwefeliger Säure und zur Umwandlung des Bindemittels Kalk, also CaCO_3 in Gips, also CaSO_4 . Die Oberfläche verglast, verliert ihre Offenporigkeit, der Gips wird zur Kruste und wird dunkler (wie man am Beispiel des Putzes des Hause Tugendhat sehen kann).

Gips ist 100 mal löslicher als Kalk, außerdem hygroskopisch. Die Oberfläche verschmutzt stärker als eine Kalk-Oberfläche. Die Kristallisation von Gips ist, wie Mauro Matteini nachgewiesen hat, für die poröse Oberfläche von porösen Baumaterialien wie einem Kalkputz besonders gefährlich.

20 Film: Ort der Salzkristallisation

Salze sind am Bau nicht vermeidbar. Jede Feuchtigkeit ist immer auch eine mehr oder weniger konzentrierte Salzlösung. Eine entscheidende Frage ist also: Wo kristallisieren die Salze im Trocknungsprozess aus (dasselbe gilt auch für Eisbildung): An der Oberfläche, wo sie zunächst wenig Schaden anrichten, sondern ausblühen und abgekehrt werden können, wie hier an dem Beispiel der Marienkirche von Salzwedel in Sachsen-Anhalt. Oder kristallisieren die Salze hinter der Oberfläche. Dann ergeben sich Schäden, wie wir es an der Wiener Schottenkirche gesehen haben. Wichtig ist

auch die Frage der Trocknungsgeschwindigkeit: Dazu eine Modellvorstellung: 1 Liter Wasser entspricht unter normalen Druck- und Temperaturverhältnissen ca. 1 m³ Wasserdampf. Wenn also die selbe Menge Feuchtigkeit nicht in flüssiger Form bis an die Oberfläche gelangen und dort verdunsten kann, sondern nur in Form von Wasserdampf, also in Gasform durch eine nicht hydrophile, filmbildende Matrix diffundieren kann, geht dies um den Faktor 1000 langsamer. Soweit ein paar Bemerkungen zu den bauphysikalischen Zusammenhängen, die man für die Kalktechnik kennen muss.

21 Titel: Zerstörerische Praxis des Umgangs mit historischer Architekturoberfläche

Nun einige wenige Bilder zur herrschenden zerstörerischen Praxis des Umgangs mit dem Altbau. Über die Hindernisse für die Verwendung von Kalk können wir vielleicht beim City-Walk nächste Woche diskutieren.

22 Zementputz Straßengel, Hohensalzburg

Die Verwendung von Portlandzement als Bindemittel für Reparaturputze, beliebt in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts, führte nicht nur zu Scherspannungen und entsprechenden Schäden, typischerweise an Südfassaden wie am Treppenhaus der Wallfahrtskirche Maria Straßengel nördlich von Graz, eine Kirche aus der Mitte des 14. Jahrhunderts, sondern auch zu ästhetischen Mängeln, wie hier am Putz der Feste Hohensalzburg.

23 Farbmaterial (Melk)

Orientiert an der Warenästhetik wandelten sich auch die ästhetischen Normvorstellungen: Dem Gebrauchswert wurde der Neuheitswert, also ein für den Warentausch günstiger Wert, vorgezogen. Die Spuren der Alterung, Veränderung und Benutzung historischer Architektur, die sich immer über die Oberfläche vermitteln, verschwanden hinter fleckenreiner und "pflegeleichter" Oberfläche von Putz und Farbe. Das Denkmal verlor seine Überzeugungskraft, seine Authentizität. Am Weltkulturerbe Stiftskirche Melk von Jakob Prandtauer von ca. 1720 hat man 1980 den originalen Putz der Nullfläche mit dem Argument abgeschlagen und erneuert, dass man für die Haltbarkeit nicht garantieren könne und mit einer Farbe gestrichen, die Kunstharz und Kaliwasserglas enthält. Die Oberfläche sieht gefällig aus, neuwertig, wie gestern gebaut, aber die Authentizität der Oberfläche ist vernichtet. Diese Farbe ist auch nicht reparierbar, sie muss bei der nächsten Restaurierung aufwendig abgenommen und erneuert werden.

24 Sinnlose „Sanierung“

Die bis heute üblichen „Trockenlegungen“, oft durch Horizontalisolierung wie hier in diesem Wiener Beispiel, sind selten sinnvoll und extrem aufwendig. In der Regel genügt das Entfernen des versalzten Putzes, eventuell noch ein Kompressen und eine periodische Pflege des Sockelbereichs. Durch die Horizontalisolierung wird die Verdunstungsfläche der natürlichen Bodenfeuchtigkeit verkleinert, der Keller wird feuchter. Eine Messung hätte vielleicht ergeben, dass die Bodenfeuchtigkeit ohnehin nicht als bis zum Bereich der Horizontalisolierung infiltriert.

25 Folge des filmbildenden Anstrichs

Nach den Hinweisen zur Bauphysik von historischer Architektur, die mit porösen Baustoffen hergestellt ist, wird klar, warum der filmbildende Anstrich der Fassade des von Walter Gropius 1926 entworfenen Meisterhauses Klee-Kandisky in Dessau diese Schäden zeigt: Thermische Kondensation und auch hygroskopische Salze erzeugen Feuchtigkeit, die nur in Dampfform durch den filmbildenden Anstrich diffundieren kann. Bei der Trocknung muss die Feuchtigkeit durch diesen Film in Dampfform diffundieren, die Salze kristallisieren hinter der Farboberfläche und zerstören die originale Putzoberfläche. Damit verliert die Farbe ihre Adhäsion, ihre Haftung und fällt zusammen mit der zerstörten originalen Oberfläche ab.

26 Titel: Wie Konservierung und Reparieren.

Zum Schluss möchte ich noch einige Hinweise geben, wie konkret, mit welchen Materialien und Methoden die Oberfläche historische Architektur erhalten und repariert werden kann. Denkmalpflege ist gesellschaftliche Praxis der konkreten, materiell gebundenen, wissenschaftlich basierten Erinnerung. Sie behält nur dann ihren sozial verbindlichen, auf wissenschaftlichen Kategorien aufbauenden Charakter, wenn die materielle Quelle und ihre Materialität erhalten wird. Authentizität eines Denkmals ist ohne seine materielle Existenz nicht zu haben. Da es bei der Erhaltung der Architektur und ihrer Oberfläche immer auch soziale und baupraktische Probleme geht, die mit dem Gebrauchswert zusammenhängen wie z. B. Statik, Sicherheit, Witterungsschutz, Adaption an moderne Nutzung, ist praktische Erhaltung immer auch Gegenstand interdisziplinärer Kooperation.

Gegenüber der historischen Tradition der Reparatur historischer Architekturoberflächen, also auch von Verputzen, ergeben sich in der modernen Denkmalpflege folgende neuen Aufgabenstellungen:

- Untersuchung und Bewertung von Verputzen als integralen Bestandteil des kulturellen Werts des Denkmals.
- Erhaltung, also Konservierung auch jener Verputze oder Verputzteile, die nach handwerklichen Kriterien abgeschlagen und erneuert werden müssten. Historischer Verputz ist Teil des Berufsfelds des Konservators – Restaurators.
- Behandlung nicht nur der Symptome von Veränderungen, die als Schäden qualifiziert werden, sondern auch der Ursachen der Schäden (Salze, Krusten, Baumängel).
- Behandlung der Folgen, die sich aus der Unterbrechung der Tradition der Reparatur und auch durch die Zunahme der Luftverschmutzung seit dem 19. Jahrhundert⁵ ergeben (Vergipsung, Krusten).⁶
- Entfernung von nicht kompatiblen Materialien der Restaurierung und Reparatur (Zementputz, filmbildende Anstriche).
- Ausbildung von Handwerkern in den historischen Techniken der Herstellung und Reparatur

Was heißt das konkret?

Dazu einige Folien:

27 KWU

Zunächst die Konservierungswissenschaftliche Untersuchung (KWU), durchgeführt durch den Konservator-Restaurator mit interdisziplinärer Kooperation: Untersuchung des Umfangs der Erhaltung, wie z. B. beim Haus Tugendhat von 1930, durchgeführt 2004, der Schadensphänomene, wie hier beim Meisterhaus Muche-Schlemmer von 1926, durchgeführt im Jahr 2000, und die Erfassung der Schadensphänomene der Fassade des 17. Jhs. von Schloss Leiben, durchgeführt 1996, in 4 Klassen, die dem voraussichtlichen Arbeitsaufwand entsprechen. Aufgrund dieser Dokumentation konnte die Durchführung der Arbeiten geplant und die voraussichtlichen Kosten ermittelt werden. Wichtiger Teil der Konservierungswissenschaftlichen Untersuchung ist materialwissenschaftliche Analyse, die auch Auskunft geben kann über die Ursache der Schäden.

28 Wer macht Was?

⁵ Auch vor dem 19. Jh. gab es in Gegenden mit Metallverhüttung schon Schäden durch Vergipsung, s. Helmut Richard, Möglichkeiten und Grenzen des Nachweises von historischen SO₂- Belastungen am Beispiel von Fassadenuntersuchungen im Tiroler Inntal, in: Naturwissenschaft und Technik in der Kunst, 2. Tagung Innsbruck, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien 1986.

⁶ Ivo Hammer: Bedeutung historischer Fassadenputze und denkmalpflegerische Konsequenzen. Zur Erhaltung der Materialität von Architekturoberfläche (mit Bibliographie und Liste von Konservierungsarbeiten), in: Jürgen Pursche (Hrsg.): Historische Architekturoberflächen. Kalk – Putz – Farbe, Internationale Tagung des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege München, 20.–22. November 2002, München 2003, S. 183–214 (ICOMOS Journals of the German National Committee, Nr. XXXIX; Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, Bd. 117), hier S. 139.

Am Schluss einer Konservierungswissenschaftlichen Untersuchung sollten immer Maßnahmenvorschläge stehen. Wichtig ist dabei die Beantwortung der Frage: Wer macht Was? Welche Arbeiten müssen die KonservatorInnen-RestauratorInnen praktisch ausführen, welche Arbeiten die HandwerkerInnen. In einer Pilotarbeit sollte gesamte Prozess der Konservierung und Reparatur gemeinsam mit den Handwerkern durchgeführt werden, ein bloßes Muster, das dann bei der Durchführung wieder verschwindet, genügt nicht. Durch die Pilotarbeit bekommt man eine verbindliche Grundlage für die Kalkulation der weiteren Arbeiten.

Zunächst die typisch konservatorischen Arbeiten, die notwendig für die Erhaltung der beschädigten historischen Substanz sind, die man in handwerklicher Perspektive nicht erhalten würde, die aber aus denkmalpflegerischen Gründen zu erhalten ist.

29 Festigung/Konsolidierung

Wenn der Putz Matrix die Festigkeit, also die Kohäsion seiner Matrix durch Verwitterungsprozesse verloren hat, muss man ihn konsolidieren. Seine Porosität und seine Reparierbarkeit sollte dabei nicht in Frage stehen. Wir haben im Rahmen der HAWK in Hildesheim in Zusammenarbeit mit der Universität Florenz Verfahren zur Konsolidierung von auf der Baustelle hergestelltem Nanokalk entwickelt, die sich inzwischen bewährt haben. Die aufwendige mineralische Festigung mit Kieselsäureester z. B., die wir früher angewandt haben, ist in diesem Zusammenhang nicht mehr notwendig.

30 Fixierung

Die Fixierung eines in seiner Matrix intakten Putzes, der aber seine Adhäsion an die Mauer verloren hat, kann man ebenfalls mit Nanokalk und – bei größeren Hohlstellen - mit Zuschlag von feinen Sanden durchführen.

31 Salzverminderung

Seit 1977, angeregt durch Giorgio Torraca am ICCROM, haben wir im Bundesdenkmalamt mit Zellstoffkompressen zur Salzverminderung experimentiert, Hubert Paschinger hat auch das heute gängige Material gefunden: den Buchenzellstoff ARBOCEL. Der Erfolg der Konservierung der romanischen Wandmalereien in Lambach 1981 hat diese Methode als Standard etabliert. Die Art und Anwendungsmethode von Kompressen zur Salzverminderung kann man in vielen Fällen gemeinsam mit dem Handwerk entwickeln und durchführen, wie hier z. B. 1986 in Krypta der ehemaligen Stiftskirche Dürnstein, oder 1993 im Sockelbereich des bemalten Innenhofs der Burg Forchtenstein. Unsere Forschungen im Rahmen der HAWK in Hildesheim in den Jahren 2000-2004 ergaben, dass dünne und kurzzeitig applizierte Zellstoffkompressen die höchste Effizienz haben.

32 Gipsbehandlung

Im Rahmen der Behandlung der vergipsten Fassade des Hauses Tugendhat in Brünn fand ich gemeinsam mit so genannten „Technologen“ der beauftragten Firma KODIAK, Michal Pech, eine rationelle Methode der Applikation und Abnahme der Ammoniumcarbonat-Kompresse. Die Wirkung der Kompresse, die an der Farbveränderung ablesbar ist, verweist auch darauf, dass die Beurteilung eines Farbtönen an einer Fassade ohne entsprechende Reinigung und Gipsumwandlung nicht aussagekräftig ist.

33 mechanische Reinigung

Die geeigneten Methoden der Reinigung der Fassadenoberfläche gemeinsam mit dem Handwerk zu erproben und festzulegen, gehört ebenfalls zu den Aufgaben der der Konservierungswissenschaftlichen Untersuchung und der Kooperation von Konservatorinnen-Restauratorinnen und dem Handwerk.

Dies bezieht sich z. B. auf Methoden der mechanischen Reinigung oder auch

34 Reinigung mit chemisch-physikalischen Methoden

die Reinigung mit chemisch-physikalischen Methoden Ziel ist die grösstmögliche Schonung der originalen Substanz bei gleichzeitiger Effizienz und Machbarkeit der Reinigungs-Methode.

35 Titel: Materialien und Methoden der Reparatur

Nun zu den Materialien und Methoden der Reparatur von historischen Architekturoberflächen mit Kalk

36 Sandauswahl

Die sorgfältige Auswahl von geeigneten, möglichst lokalen Sanden erscheint trivial, erspart aber viel Arbeit zur Konfektionierung der passenden Materialien zur Putzergänzung und der Kalktünche. Die Gesamtfarbe eines Sandes ergibt aus der Summe der vielen verschiedenen Farben der Sandkörner. Die Sande der historischen Kalkmörtel waren nicht gewaschen, sie enthielten daher oft viele Feinanteile, die – in nicht zu großer Menge – die Qualität des Mörtels durch ihre hydraulische Wirkung verbesserten.

37 Feinanteile für Pigmentierung

Die schluffigen Feinanteile dienen als Material zur Pigmentierung der Kalktünche. Zugleich beschleunigen sie auch die Abbindung des Kalk. Das Beispiel von der Tünchen-Konfektionierung beim Haus Tugendhat 2011 zeigt, wie präzise man diesen Feinanteile die Tünche an den vorhandenen Bestand anpassen kann.

38 Vorpatschokkieren, Vorschlämmen

Ein technisch sehr wichtiger Schritt ist die Herstellung der Kapillarverbindung zwischen dem Ergänzungsmörtel und der Fehlstelle. Das bloß Vornässen genügt nicht. Damit der Patschok, also die Vorschlämmung, nicht antrocknet, bevor der Ergänzungsmörtel appliziert wird, ist es ratsam, dass zwei Maurer Hand in Hand arbeiten, wie hier bei unseren beiden Beispielen in Weißenkirchen und bei der Feste Hohensalzburg. Eine respektvolle Kooperation zwischen KonservatorIn-RestauratorIn und Handwerkern ist nur möglich, wenn die KonservatorIn-RestauratorIn die Handwerkstechniken beherrscht.

39 Ausführung der Tünche durch die Handwerker

Die von den Konservatoren-Restauratoren konfektionierte Tünche applizieren nun die Handwerker, korrekt mit der Bürste in kreuzweisen Strichen.

40 Handwerkerschulung

Die herrschende Bautechnik hat die Kalktechnik völlig verlassen. Auch Denkmale werden mit den üblichen, Kunstharz enthaltenden Farbmaterialien repariert. So ist es kein Wunder, wenn die Handwerker den Umgang mit ihren traditionellen Materialien und die traditionellen Reparaturtechniken nicht mehr beherrschen. So haben wir 1980 begonnen, gemeinsam mit der steirischen Wirtschaftskammer Kurse für Handwerker zu entwickeln, in denen wir die in der Denkmalpflege erarbeiteten Kenntnisse an die Handwerker weitergaben. Die lehrenden Konservatoren-Restauratoren gerieten dabei in eine paradoxe, aber auch beglückende Situation: Wir gaben den Handwerkern verlorene Teile ihres Berufes zurück. Wir verfügten teilweise noch über handwerkliches Erfahrungswissen, hatten die historischen Techniken und Reparaturmethoden in schriftlichen Quellen und am Kulturgut studiert und konnten diese Kenntnisse in Theorie und Praxis weitergeben. Mein letzter Kurs 1996, bevor ich nach Hildesheim an die HAWK wechselte, wurde vom Landeskonservatorat Vorarlberg gemeinsam mit der Wirtschaftskammer und der Gemeinde Hard bei Bregenz organisiert.

41 Mittelweiherburg

Die 16 Teilnehmer aus 13 Firmen, vier davon Firmenchefs, reparierten ca. 200 m² des historischen Putzes aus dem 16. Jh. mit gemalten Ortquadern in 5 halben Tagen. Der Älteste, Eigentümer einer Baufirma mit mehr als 100 Mitarbeitern, sagte mir bei der Zeugnisverleihung am Schluss des Kurses in breitem Vorarlbergerischen Allemannisch: Herr Dokter, sie hent ons onsren Bruef zrick gäbe.⁷

42 Kalk mit Hindernissen:

Man darf sich keine Illusionen machen. Sicherlich ist es nur ein Teil der Denkmale in Wien, bei denen die Verwendung von Kalk bei der Konservierung und Reparatur durchsetzbar ist.

Viele bedeuten Bauten werden auch heute mit Ersatzmaterialien gestrichen:

Zum Beispiel:

Wien 3, Oberes Belvedere, Lukas von Hildebrandt	Ziegelmauerwerk, Geglätter zweischichtiger Putz, linde (Stei-)Farbigkeit. Marmorino von ca. 1948, stark vergipst, Carbonatkruste, Salze.	Versuche mit Kalkanstrich. Silikonanstrich	1996 - 1998	
Wien 4, St. Thekla		Pfarrhof: Einkomponenten-Kaliwasserglasfarbe (GRANITAL, Fa. Keim) Kirche: KEIM (2 Komponenten - Kaliwasserglasfarbe	1996 1997	Fa. Rettenbacher
Wien 1, Palais Esterhazy		GRANITAL, lasierend, auf neuem Feinputz.	1996 1998	

Die technische Durchführbarkeit der Verwendung von Kalk ist inzwischen empirisch nachgewiesen und ist auch dokumentiert. Wir haben Handwerker, die hinter den Kalktechniken stehen und für die Qualität der Kalktechnik Garantie übernehmen, wir haben KonservatorInnen-RestauratorInnen, die sich in den erforderlichen Techniken der Konservierung auskennen und die auch die handwerklichen Reparaturtechniken beherrschen, wir haben die erforderlichen Materialien und die geeigneten Techniken der Konservierung und Reparatur.

Die Fälle, in denen aus technischen Gründen kein Kalk verwendet werden kann, weil die hydrophilen Eigenschaften des Untergrunds nicht mehr vorhanden oder eingeschränkt sind bzw. nicht mehr hergestellt werden können, sind eher die Ausnahme. Aber auch dann lässt sich in vielen Fällen durch eine Schlämme oder eine Putzlage ein geeigneter Untergrund herstellen.

Rückschläge bei der Verwendung von Kalk treten, soweit ich sehe, vor allem dann auf, wenn bestimmte Schadensfaktoren mangels konservatorisch-restauratorischer Untersuchung nicht erkannt und nicht konservatorisch behandelt werden: Dies betrifft vor allem die Verminderung der leicht löslichen Salze, die Gipsumwandlung, die Beseitigung von Carbonatkrusten, die gründliche Entfernung von filmbildenden Materialien und von biogenem Befall.

Es ist also höchst selten die technische Machbarkeit, die einer Verwendung von Kalk als Reparaturmaterial im Wege steht.

Die Hindernisse für die Durchsetzung der Konservierung und Reparatur von historischer Architekturoberfläche mit Kalk liegen eher auf der ökonomischen Ebene und im Bereich des Bewusstseins von der Bedeutung der Materialität der Architekturoberflächen für die Authentizität der Denkmale

Denkmalpflege als Umweltpolitik

Moderne Erhaltungspolitik ist nicht beschränkt auf die Präsentation künstlerischer oder sonst kultureller Ideen. Wir sehen heute das Denkmal in einem umfassenden Sinne als Ressource kultureller

⁷ Herr Dokter, Sie haben uns unseren Beruf zurückgegeben.

Aktivitäten und ihres materiellen Ausdrucks. Man kann Denkmalpflege als paradigmatische Form eines nachhaltigen Umgangs mit Altbauten sehen, konkret hinsichtlich folgender Kategorien:

- intelligente Nutzung (kulturelle Bedürfnisse, gegen Habsucht und Spekulation)
- effiziente Pflege und Werterhaltung, d. h. historische Tradition materialkompatibler periodischer Pflege
- Vermeidung von (langfristigem) Energieverlust: sanfte Adaption an neue Nutzungsbedürfnisse statt Neubau
- Reparaturfähigkeit von alten Bauten und Bauteilen aufgrund ihrer technologischen und ästhetischen Charakteristika
- Wiederverwendung von Materialien bei der Rekonstruktion und Adaption (Recycling)⁸
- Trennfähigkeit und unbedenkliche Deponierung von nicht mehr verwendbaren Materialien
- Lebensdauer von Gebäuden und deren Oberflächen, wenn sie regelmäßig gepflegt und repariert werden, keine beschleunigte Alterung (Obsoleszenz) wie z. B. bei Wärmedämmung.⁹

Die Umweltpolitik der Denkmalpflege ist auch für Neubauten relevant.¹⁰

Es geht nicht nur um Strategien zur Erhaltung des kulturellen Erbes. Es geht auch darum, Vergeudung von Energie zu vermeiden, nicht nur unter einem Einzelaspekt wie der Wärmedämmung, sondern unter dem gesamthaften Blickwinkel des ökologischen Gleichgewichts. Erhaltung von Gebäuden durch intensive Pflege und adäquate Nutzung bestehender Gebäude als eine Vision der nachhaltigen Baupolitik, die der Umwelt nutzt, sind auch strategische Ziele der Denkmalpflege. Eine Denkmalpflege, die sensibel ist für soziale Probleme, dient nicht nur der Erhaltung einzelner Denkmale, sondern betrifft auch die Lösung sozialer Probleme, indem sie im Bereich der Baupolitik zu Ideen der Nachhaltigkeit beiträgt, die für die Realisierung der größeren sozialen Ziele sinnvoll sind.

Sogar dort, wo ein neues Gebäude unvermeidlich ist, bietet die Baudenkmalpflege Vorschläge zur Lösung von technischen, ästhetischen und anderen kulturellen und sozialen Problemen. In den Denkmälern sind die Erfahrungen von vielen Jahren, ja Jahrtausenden gespeichert, die mit ihrer bloßen Existenz ihre technologische Tauglichkeit und ihre kulturelle Eignung bewiesen haben. Warum sollten wir diese Quellen der Erkenntnis nicht nutzen?¹¹

⁸ Die Recycling-Rate eines Altbaus liegt in der Größenordnung von 95 %, eines modernen Gebäudes bei ca. 4 %, siehe: Nikolaus Kohler, Ökobilanzierung von Gebäuden und Gebäudebeständen, in: Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 3, 1998, S. 112–116.

⁹ Ivo Hammer, The Tugendhat House: Between Craftsmanship Tradition and Technological Innovation. Preservation as Sustainable Building policy. In: Modern and Sustainable. Docomomo International Journal 44, 2011/1, S. 48–57.

¹⁰ Hubert Jan Henket, When the Oppressive New and the Vulnerable Old Meet; a Plea for Sustainable Modernity, In: Docomomo International, Journal 52, 2015/1, S. 14–19

¹¹ Ivo Hammer, Zur Materialität des Neuen Bauens. Bedeutung und Methode der Erhaltung, in: Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut, in: VDR Verband der Restauratoren (Hrsg.), Beiträge zur Erhaltung von Kunst und Kulturgut, 1/2017, S. 88-96.