

Kurzfassung der Diplomarbeit

Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst
Fachhochschule Hildesheim
Fakultät Bauwesen
Fachrichtung Holzingenieurwesen

Jens Schuster
Mat.-Nr. 343 864
Hildesheim

Diplomthema

**Bauphysikalisches Instandsetzungskonzept
für das Schloss Kochberg**

WS 2005/2006

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer
2. Prüfer: Dipl.-Ing. Helgo Heuer

Zusammenfassung

Kunst- und Kulturgüter bedürfen eines besonderen Schutzes. Räume und Gebäude, in denen Kunst- und Kulturgüter aufbewahrt und ausgestellt werden, müssen diesen erhöhten Schutz dauerhaft gewährleisten. Das erfordert im Einzelnen unter anderem die Einhaltung eines in den konservatorischen Grenzen stabilen Raumklimas und eine Erhöhung der Brandsicherheit durch Brandvermeidung, Brandfrüherkennung und Brandlöschanlagen.

In der Diplomarbeit wird das Schloss Kochberg unter dem Aspekt der erhöhten Schutzbedürftigkeit für hochwertige Kunst- und Kulturgüter betrachtet. Dabei wird die vorhandene Gebäudesubstanz mit den Anforderungen der Thüringer Landesbauordnung und der jeweils gültigen Normen verglichen.

Die Defizite des Bestandes im Bereich Brandsicherheit sowie Wärme- und Feuchteschutz werden aufgezeigt und Vorschläge zur Verbesserung erarbeitet. Dabei steht neben dem erhöhten Schutzbedürfnis der Kunst- und Kulturgüter auch die Erhaltung der denkmalgeschützten Bausubstanz im Vordergrund.

Summary

Art and culture treasures require particular protection. It is imperative that rooms and buildings in which art and cultural treasures are stored and displayed warrant such demanding protection continuously. Among other prerequisites it is important to ensure that the climate control fluctuates only within the given conservational parameters and that fire protection is increased through prevention -, extinguishing - and early warning systems.

In my thesis Kochberg Castle is being studied under the aspects of increased protection requirements for valuable art and cultural objects. In the process the building substance is being compared to requirements from the Free State of Thuringia's buildings regulations and respective valid norms.

The short comings in the areas of fire-, warmth- and dampness protection are being highlighted and suggestions to improvements made. Next to the increased protection requirements for the art and cultural treasures the conservation of the substance of the listed building is an important aspect.

Einleitung

Am linken Saaleufer, auf einem Höhenzug der Ausläufer des Thüringer Waldes, liegt die Gemeinde Großkochberg. Am nördlichen Rand der Gemeinde Großkochberg befindet sich das Schloss Kochberg. Bis Rudolstadt im Süden sind es 12 Kilometer, bis Weimar im Norden 35 Kilometer. Das Schloss ist ein von einem Wassergraben umgebenes U-förmiges Gebäude. Es besteht aus dem West-, Nord- und Ostflügel. Am südlichen Ende des Ostflügels schließt sich das „Hohe Haus“ an. Zum Schloss zugehörig, und mit diesem durch eine Holzbrücke über den Wassergraben verbunden, befindet sich das Liebhabertheater.

Die erste Bebauung des Geländes des heutigen Schlosses Kochberg wird auf das Jahr 1274 datiert. In den folgenden Jahrhunderten erfolgten vielfältige Um- und Erweiterungsbauten. Die Form, in der sich Schloss Kochberg heute präsentiert, ist in der Zeit um 1830 entstanden. In den Jahren 1968 bis 1975 wurde es grundlegend saniert.

Seit dem Jahr 1733 gehörte Schloss und Gut Kochberg der Familie von Stein. Durch die Freundschaft des Dichters Johann Wolfgang von Goethes mit Charlotte von Stein und die Besuche Goethes im Schloss Kochberg in der Zeit zwischen 1775 und 1788 erlangte Schloss Kochberg seine bis heute bestehende Bedeutung. Auf Schloss Kochberg arbeitete Goethe an Werken wie der zweiten Fassung des „Werther“, dem Drama „Mahomet“ und der Übersetzung Äsopscher Fabeln. Hier schrieb er die Briefe an Kraft, dem unbekanntem Schützling Goethes in Ilmenau. Auf Schloss Kochberg befasste sich der Universalgelehrte Goethe auch mit der Verschönerung der zugehörigen Parkanlage, wovon Zeichnungen und Skizzen zeugen. Nach seinen Entwürfen wurde auch das Zylinderbüro gebaut, das bis heute im Schloss zu besichtigen ist.

Schloss Kochberg wurde nach dem Krieg und der Enteignung der Familie von Stein auf unterschiedlichste Weise genutzt. Anfänglich war im Schloss und im Gut eine Maschinen - Traktoren - Station untergebracht. Später wurde in den Räumen des Schlosses und im Park ein Kinderferienlager unterhalten. Nach 1975 wurden Teile des Schlosses als Wohn- und Übungsräume von der Musikhochschule Leipzig genutzt. In einem anderen Teil wurden die bis heute bestehenden „Goethe Stuben“ als Gedenkstätte für den Dichter der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Zukünftig soll Schloss Kochberg und das dazugehörige Liebhabertheater zum kulturellen Zentrum des Landkreises Saalfeld – Rudolstadt ausgebaut werden. Dieses Konzept beinhaltet neben der Erweiterung der Goethe Stuben zum Museum auch eine teilweise Nutzung als Bibliothek. In der Bibliothek sollen Teile der Weimarer Anna Amalia Bibliothek untergebracht werden, die im Zusammenhang mit dem Wirken Goethes auf Schloss Kochberg oder seinen Bewohnern stehen. Die bereits in den Goethe Stuben vorhandenen Exponate wer-

den um wertvolle Handschriften ergänzt, die in der Zeit Goethes entstanden sind oder von ihm selbst stammen.

Diese hochwertige Nutzung fordert bauphysikalische und technische Bedingungen, die geeignet sind, das Gebäude und die ausgestellten Kunst- und Kulturgüter dauerhaft vor Schäden zu bewahren. Dazu werden Sanierungs- und Modernisierungsarbeiten geplant, die jedoch einen Eingriff in die bestehende Konstruktion darstellen. Nur wenn es gelingt, die teilweise über 250 Jahre alte Bausubstanz zu erhalten und für die neue Nutzung zu ertüchtigen, kann die Instandsetzung als erfolgreich bezeichnet werden. Das Wissen um bauphysikalische Abläufe bei der späteren Nutzung bildet einen Grundstein für ein Instandsetzungskonzept. Diesen Gedanken folgend wird das Schloss Kochberg betrachtet.

Die Untersuchung erfolgt hinsichtlich des Brandschutzes, des Wärme- und Feuchteschutzes und der Raumklimatik. Die erforderlichen technischen Parameter des Gebäudes und der Baustoffe werden den Unterlagen der Sanierung von 1968 bis 1975 entnommen. Soweit diese nicht ausreichend sind, wurden sie durch augenscheinliche Untersuchungen bei der Begehung des Schlosses, Befragung des für die Sanierung zuständigen Bauleiters und einiger Angestellten ergänzt.

Brandschutz

Das Schutzziel, das durch den Brandschutz erfüllt werden soll, ist in den Landesbauordnungen definiert. Als Generalklausel kann die Formulierung der Musterbauordnung gelten:

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

Die Ziele des Brandschutzes sind also

- Ausbreitung von Feuer und Rauch durch bauliche Maßnahmen zu verhindern und
- die Selbstrettung der Bewohner und Nutzer sowie wirksame Lösch- und Rettungsmaßnahmen der Feuerwehr zu ermöglichen.

Speziell in Museen, Archiven und Bibliotheken ist ein weiteres, in den Gesetzen nicht ausdrücklich verankertes Schutzziel von großer Bedeutung: Der Schutz von Kunst- und Kulturgut. Kunst- und Kulturgüter sind oft Unikate und durch Beschädigung oder Zerstörung unwiederbringlich verloren. Traurige Berühmtheit erlangten die Verluste von Handschriften und Büchern durch den Brand in der Anna Amalia Bibliothek in Weimar. Und es gibt noch viele andere Beispiele.

Auch die Gebäude selbst als Zeugnisse der Arbeits- und Lebensweise der Menschen in ihrer Entstehungszeit sind Kulturgüter, die zu schützen sind.

Der Schutzauftrag für Kunst- und Kulturgut lässt sich am ehesten aus den Denkmalschutzgesetzen der Bundesländer ableiten. Das Thüringer Denkmalschutzgesetz sagt dazu:

„Denkmalpflege und Denkmalschutz haben die Aufgabe, Kulturdenkmale als Quellen und Zeugnisse menschlicher Geschichte und erdgeschichtlicher Entwicklung zu schützen und zu erhalten sowie darauf hinzuwirken, dass sie in die städtebauliche und dörfliche Entwicklung sowie in die Raumordnung und Landschaftspflege einbezogen werden.“

Die Verbindung der Anforderungen des Brandschutzes nach den heute gültigen Normen und Vorschriften und den Belangen der Denkmalpflege ist die schwierigste Aufgabe bei der Erstellung eines Brandschutzkonzeptes für denkmalgeschützte Gebäude mit kostbaren Kunst- und Kulturgütern.

Die maßgebenden brandschutztechnischen Vorschriften für Schloss Kochberg sind die Thüringer Landesbauordnung und die Durchführungsverordnung zur Thüringer Bauordnung. Die Vorgaben der Versammlungsstättenverordnung werden in der Regel nicht angewandt. Sowohl Museen als auch Bibliotheken sind von der Versammlungsstättenverordnung ausgenommen.

Bedingt durch die massive Bauweise der Außenwände und des größten Teiles der Innenwände werden die Anforderungen an das Brandverhalten der Baustoffe und die Feuerwiderstandsfähigkeit der Baustoffe in den meisten Fällen ohne Verbesserungsmaßnahmen erfüllt.

Die Brand- und Rauchabschnitte folgen der Struktur des Gebäudes und sind in jedem Fall kleiner als die erlaubten 40 m für Brandabschnitte und 30 m für Rauchabschnitte.

Im Eck zwischen dem Nord- und dem Ostflügel sind Fensteröffnungen, die in einem kleineren Abstand als die zulässigen 5 m von der Innenecke entfernt sind. Diese Fenster können unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung der Fassade nicht verschlossen werden. Hier muss eine erhöhte Dichte an automatischen Brandlöschern das Risiko des Feuerüberschlages minimieren.

Die Öffnungen in den Brandwänden werden mit Türen F90-RS geschlossen, die Öffnungen in Wänden, die Rauchabschnitte bilden, mit Türen T30-RS.

Die Holzbalkendecken über dem ersten und zweiten Obergeschoss im West- und Nordflügel müssen brandschutztechnisch ertüchtigt werden, um den Anforderungen gerecht zu werden. Die Einordnung in die Klasse F90 kann erfolgen, wenn die Decke unter- und oberseitig mit Brandschutzplatten versehen wird (z.B. Promaxon Platten). Da die Holzbalkendecken im Zuge der Sanierung von 1968 erneuert wurden, besteht kein Schutzanspruch nach Denkmalrecht. Die Ertüchtigung ist möglich.

Die Holzbalkendecke über dem zweiten Obergeschoss im Hohen Haus ist im Originalzustand erhalten. Die Deckenbalken sind sichtbar mit Schnitzarbeiten versehen. Diese Decke ist schützenswert und kann nicht, wie vorher beschrieben, an die Forderung der Bauordnung angeglichen werden. Die Decke kann aber von oben mit Brandschutzplatten belegt werden. Unterseitig werden zwischen die Deckenbalken Brandschutzplatten angebracht. Auf die entsprechende Ausbildung der Anschlüsse, der Brandschutzplatten an die Holzbalken, ist zu achten.

Die Deckenbalken werden mit einer zugelassenen Holzbeschichtung versehen. Nach diesen Maßnahmen kann die Decke in die Klasse F60-B eingeordnet werden. Das Restrisiko wird durch den anlagentechnischen Brandschutz kompensiert.

Flucht und Rettungswege sind gewährleistet. Die Breite der Flucht- und Rettungswege ist mit 1,20 m festgelegt. Dieses Maß muss auch bei der Möblierung der Ausstellungsräume eingehalten werden. Die Rettungswege sind über die Treppenanlagen im Hohen Haus und im Nordflügel gewährleistet.

Die Treppe des Hohen Hauses als notwendige Treppe erfüllt die Forderung der Bauordnung hinsichtlich der Feuerbeständigkeit und der Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe.

Die Treppe im Nordflügel und die Treppe vom zweiten zum dritten Obergeschoß des Hohen Hauses erfüllen diese Anforderungen nicht. Sie wurden um 1800 eingebaut und bestehen aus Holz. Aus denkmalpflegerischen Gründen ist es nicht möglich, diese Treppen durch eine den Anforderungen der Bauordnung entsprechende Konstruktion zu ersetzen. Auch die Anordnung eines zweiten Rettungsweges über eine Treppenanlage an der Außenfassade lässt sich unter denkmalpflegerischen Aspekten nicht verwirklichen. Um die Treppe den Anforderungen anzupassen und den zweiten Rettungsweg zu sichern, werden folgende Maßnahmen erforderlich:

- Beschichtung der Holzoberflächen der Stufen und Wangen mit einem zugelassenem Mittel (z.B. Promadur - Holzbeschichtung),
- Ausbau und Entsorgung der vorhandenen Unterbekleidung und Einbau einer neuen Tragkonstruktion aus nichtbrennbaren Baustoffen nach DIN 4102,
- Verkleidung der neuen Unterkonstruktion und der Treppenunterseite mit nichtbrennbaren Baustoffen (z.B. Brandschutzbauplatten).

Die Treppe kann dann von unten in die Klasse F90 eingeordnet werden. Die Oberseite ist nach dem Promat - Brandschutzhandbuch zumindest schwerentflammbar.

Die Treppe im Nordflügel hat keinen Treppenraum, sondern ist offen. Hier müssen nicht-tragende Trennwände geschaffen werden, die wie Brandwände ausgeführt sind. Das können auch Trockenbaukonstruktionen (z.B. Knauf Fireboard System) sein. Dabei ist darauf zu achten, dass ein ausreichend großer Absatz zwischen den Türen zum Treppenraum und der Treppe geschaffen wird. Die Unterseite des darüberliegenden Treppenlaufes bildet die Decke im Treppenraum des Nordflügels. Durch die Ertüchtigung der Treppe ist die Anforderung an die Decken von Treppenräumen erfüllt.

Der anlagentechnische Brandschutz trägt dazu bei, die Erfüllung der Schutzziele zu realisieren. In einigen Bereichen ist er notwendig, um die Flucht- und Rettungswege zu erhalten. In den anderen Teilen minimiert er das Risiko für Menschen und die hochwertigen Museums- und Bibliothekseinrichtungen. Die hochwertigen musealen und bibliophilen Stücke, die in Schloss Kochberg der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden sollen, zwingen zu einem guten anlagentechnischen Brandschutz. Nur wenn es gelingt, Brand frühzeitig zu erkennen, möglichst schnell zu löschen und dabei nur minimale Schäden durch die Löschmittel zu verursachen oder diese ganz zu vermeiden, kann der anlagentechnische Brandschutz als wirkungsvoll bezeichnet werden.

Der anlagentechnische Brandschutz im Schloss Kochberg setzt sich zusammen aus den folgenden Komponenten:

- Brandmelder in allen Räumen in allen Geschossen
- Feinsprühlöschanlage in allen Räumen außer dem Magazin der Bibliothek
- Brandvermeidung im Magazin der Bibliothek mit dem System Oxy - Reduct der Fa. Wagner Sicherheitstechnik
- Alarmierungseinrichtung für die Alarmierung der Feuerwehr und der im Gebäude anwesenden Personen
- Sicherheitsbeleuchtung

Der Organisatorische Brandschutz stellt sicher, dass im Vorfeld das Brandrisiko minimiert wird und im Brandfall Personen und Gegenstände gerettet werden können. Der organisatorische Brandschutz setzt sich für das Schloss Kochberg zusammen aus:

- Brandverhütung
- Brandschutzordnungen
- Brandschutzbeauftragte
- sowie Brandschutz- und Fluchtwegepläne.

Durch das vorgelegte Brandschutzkonzept kann eine auf der sicheren Seite liegende Risikominimierung bezüglich der Entstehung und Ausbreitung von Brand und Rauch realisiert werden. Die Schutzziele, Personen- und Sachschutz sowie erhöhter Schutz der Kunst- und Kulturgüter, werden mit wenigen Maßnahmen sicher erreicht. Die Forderungen der Denkmalpflege nach Erhaltung des Gebäudes bzw. Teile des Gebäudes können in vollem Umfang realisiert werden.

Wärme- und Feuchteschutz

Die geplante Nutzung des Schlosses Kochberg macht eine Anpassung an die heutigen Klimabedürfnisse für die Besucher und für das Museums- und Bibliotheksgut notwendig. Dazu ist jedoch ein maßvolles Vorgehen unter baukonstruktiven, bauphysikalischen und denkmalpflegerischen Gesichtspunkten nötig.

Die zu erfüllenden Anforderungen lassen sich in die folgenden Teilbereiche unterscheiden:

- Mindestwärmeschutz und klimabedingter Feuchteschutz
- energiesparender Wärmeschutz
- raumklimatische Anforderungen

Mit der Erfüllung der Mindestanforderungen an den baulichen Wärme- und Feuchteschutz soll die Baukonstruktion auf Dauer vor Schäden durch äußere Einflüsse, wie das Wetter, und innere Einflüsse, wie die Nutzung, geschützt werden.

Eine Schwierigkeit bei der Sanierung historischer Gebäude ist eine Vielzahl unbekannter Parameter. Nicht nur die Baustoffe und ihre Eigenschaften sind häufig nicht genau bekannt, sondern teilweise auch die Art und Ausführung der Konstruktion. Auf Grund der vielfältigen historischen Konstruktionen und der mangelhaften Erfassbarkeit und Erfassung bestehender Substanz in den Normen sind objektspezifische bauphysikalische Untersuchungen erforderlich.

Die Untersuchungen im Bereich Wärme- und Feuchteschutz gliedern sich im Allgemeinen in eine Bestandsanalyse und Bewertung sowie Vorschlägen für die bauphysikalische Verbesserung der Konstruktionen. Dabei sind fünf Hauptbereiche zu betrachten, in denen die verschiedenen Bauteile untersucht werden.

- Wärmeschutz der Außenbauteile
- Wärmebrücken
- Feuchtebelastung der Außenbauteile
- Schlagregenschutz
- Klimatisches und energetisches Verhalten der Räume

Die Untersuchungen am Schloss Kochberg werden in Form von Berechnungen und Simulationen vorgenommen. Die Ermittlungen der Baustoffparameter würde die Entnahme von Materialproben am Objekt beinhalten. Das ist in diesem Fall nicht möglich. Die Kennwerte für das Material sowie die klimatischen und nutzungsbedingten Randbedingungen sind deshalb auf der Grundlage von begründeten Annahmen aus den Normen und der Fachliteratur entnommen.

Die maßgebenden Forderungen an den Mindestwärmeschutz sind in der DIN 4108 festgelegt. Die Ansprüche an den energiesparenden Wärmeschutz werden durch die Energieeinsparverordnung definiert.

Die Mindestanforderungen des Wärmeschutzes an Außenwände nach DIN 4108 werden in keinem Bereich erfüllt. Die Außenwände müssen hinsichtlich des Wärmeschutzes verbessert werden. Eine aus bauphysikalischer Sicht günstige Außendämmung scheidet aus denkmalpflegerischen Gründen aus. Die Maßwerke der Fenster und der giebelseitigen Frontspiese würden durch eine Außendämmung verdeckt.

Eine im vorliegenden Fall bauphysikalisch geeignete Methode zur Verbesserung des Wärmeschutzes der Außenwände ist das Anbringen eines innenliegenden Wärmedämmputzsystemes. Wärmedämmputzsysteme bestehen aus einem 20 mm bis 100 mm dicken wärmedämmenden Unterputz und einem ca. 10 mm starken dichten Kalk-Oberputz als mechanischen Schutz. Das Anbringen eines Wärmedämmputzsystemes stellt keine wärmeschutztechnische Erneuerung nach § 8 der Energieeinsparverordnung dar. Nach DIN 4108 Teil 4 sind Wärmedämmputzsysteme keine Dämmstoffe, sondern Putze. Insofern sind die Anforderungen der EnEV, Anhang 3, nicht bindend.

Um die Mindestanforderungen nach der DIN 4108 an den Wärmedurchlasswiderstand von Außenwänden zu erfüllen, ist ein mindestens 7 cm dickes Wärmedämmputzsystem bestehend aus einem

> 6 cm dicken Wärmedämmputz WLG 060,

erforderlich.

In den Fensternischen ist entsprechend den Anforderungen der DIN 4108 ein mindestens 8 cm dickes Wärmedämmputzsystem anzubringen. Dieses System muss bestehen aus

> 7 cm dickem Wärmedämmputz WLG 060.

Die Außenwände im Schloss Kochberg haben auch geschoßweise unterschiedliche Stärken. Die Berechnung des Mindestwärmeschutzes erfolgt in der vorliegenden Arbeit immer an den dünnsten Wänden je Geschoß. Dabei hat sich gezeigt, dass die Stärke der bisherigen Wände kaum Einfluss auf den Wärmedurchlasswiderstand hat. Eine individuelle Anpassung der Dicke des Wärmedämmputzsystemes an die Wandstärke wäre wirtschaftlich nicht sinnvoll. Die Wärmedurchlasswiderstände der Außenwände verbessern sich durch das Putzsystem so, dass die Anforderungen der DIN 4108 in allen Bereichen erfüllt werden.

Die anderen Teile der Konstruktion wie Decken, Dächer und Trennwände zwischen anders genutzten Räumen erfüllen die Forderungen der DIN 4108 ohne verbessernde Maßnahmen.

Die Wärmebrücken wurden mit dem Programm „HEAT2_5“ berechnet. Durch die Verbesserung des Mindestwärmeschutzes werden auch die Oberflächentemperaturen im Bereich der Wärmebrücken angehoben. Nicht nur der Nachweis der Tauwasserfreiheit auf der inneren Oberfläche, sondern auch die Bestätigung der Schimmelpilzfreiheit nach DIN 4108 mit einem Temperaturfaktor $f_{Rsi} > 0,70$ wird mit dem Wärmedämmputzsystem in allen Bereichen erreicht.

Mit dem Rechnerprogramm „WUFI“ wird die zeitliche Entwicklung des hygrischen und thermischen Verhaltens eines Bauteiles simuliert und berechnet. In der DIN 4108 ist das „Glaser - Verfahren“ genormt. Dieses Verfahren hat jedoch gegenüber „WUFI“ den Nachteil, dass es das Langzeitverhalten der Konstruktion nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund wurde das „Glaser Verfahren“ hier nicht angewandt.

Bei der Berechnung ergab sich, dass der Wassergehalt im Bauteil sowohl im Bestand als auch mit einem innenliegenden Wärmedämmputzsystem stetig abnimmt. Die Berechnung der Bauteile im ungünstigsten Fall, im oberen Teil des Gebäudes auf der Westseite, ergibt, dass in der äußeren Putzschicht eine Wasseranreicherung stattfindet. Das ist auf die Schlagregenbeanspruchung zurückzuführen. Bei der Berechnung mit einer Dampfsperre auf der Innenseite ist keine Veränderung des Wassergehaltes am Ende der Berechnung festzustellen.

Die beim Außenputz auftretenden Spitzen der maximalen Belastung und die am Ende der Berechnung höhere Feuchte sind auf die Schlagregenbeanspruchung und die Sorption zurückzuführen. Um die Regenwasserabsorption zu verringern, muss der Außenputz mit einer Hydrophobierung oder einer Beschichtung versehen werden. Nach dem Anbringen der Innendämmung ist mit einem geänderten Temperaturverhalten der Wand zu rechnen. Das wird zur Bildung von kleinen Rissen im Außenputz führen. Ein Hydrophobierungsmittel kann Risse $> 0,1$ mm nicht verschließen. Für einen dauerhafteren Schutz der Konstruktion ist hier eine Beschichtung vorzunehmen. Der Überzug kann transparent oder pigmentiert sein. Welcher Anstrich in Betracht kommt, hängt von den Wünschen der Nutzer ab. Bei der Wahl des Beschichtungsmittels ist auf eine ausreichende Diffusionsfähigkeit zu achten. Durch die Beschichtung und damit die Verhinderung der Absorption von Regenwasser wird der Wassergehalt des Naturkalksteines unter den Wert der Anfangsfeuchte gesenkt. Der Wassergehalt des Außenputzes liegt jedoch immer noch etwas höher als der Startwert.

Ein weiteres Bewertungskriterium für die Eignung der Wandaufbauten ist die sich im eingeschwungenen Zustand einstellende Gleichgewichtsfeuchte der einzelnen Baustoffe. Bei der Gleichgewichtsfeuchte von 95% relativer Umgebungsfeuchte der Luft sind alle Mikroporen des Baustoffes mit Wasser gefüllt und der Baustoff gilt als hygroskopisch gesättigt. Die durch das Rechenprogramm ermittelten Werte des Wassergehaltes liegen alle unter den Werten der Gleichgewichtsfeuchten, die sich allein durch Sorption bei 95% relativer Umgebungsfeuchte einstellen. Da sich bei allen Berechnungen zeigt, dass der Wassergehalt des Außenputzes am Ende der Simulation unter der Ausgleichsfeuchte u_{95} liegt, kann der vorhandene Wassergehalt als unkritisch angesehen werden. Der äußere Kalkputz spielt für die Wärmedämmung eine verschwindend kleine Rolle. Deshalb verschlechtert sich der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand nur im Promillebereich.

Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Außenwände des Gebäudes benötigen eine wärmeschutztechnische Nachrüstung. Eine aus bauphysikalischer Sicht richtige Variante ist der Einbau eines innenliegenden Wärmedämmputzsystemes. Auf diese Weise wird das Schadensrisiko hinsichtlich der Oberflächenfeuchte und der Schimmelpilzbildung an der Oberfläche der Wandinnenseiten minimiert. Das gilt sowohl für den ungestörten Bereich als auch für den Bereich der Wärmebrücken.
- Der Außenputz absorbiert zu viel Schlagregen. Er wird mit einer Beschichtung versehen, um die Wasseraufnahme deutlich zu vermindern. Im Ergebnis ist ein Abfall des Wassergehaltes wie in der übrigen Konstruktion zu beobachten.

Die anderen Konstruktionen wie Dächer, Decken und Innenwände bedürfen aus wärme- und feuchteschutztechnischer Sicht keiner Verbesserung.

Raumklimatik

Das Raumklima ist abhängig von vielen Faktoren. Neben der Temperatur sind unter anderem die Luftfeuchtigkeit, die Qualität der Raumluft und die Art der Heizung für das Raumklima verantwortlich. Es ist entscheidend für das Behaglichkeitsempfinden der Menschen, die sich in diesen Räumen aufhalten.

In Räumen, in denen Kunst- und Kulturgut aufbewahrt oder der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird, steht das Behaglichkeitsempfinden der Besucher und der Mitarbeiter an sekundärer Stelle. Ausgenommen davon ist die hygienische Behaglichkeit. In solchen Räumen müssen primär die konservatorischen Anforderungen zum Schutz des Kunst- und Kulturgutes erfüllt werden. Dabei müssen für jedes Material andere Klimabedingungen geschaffen und möglichst gleich bleibend erhalten werden. Von Museologen und Konservatoren wird ein stabiles, sich nur in engen Grenzen mit geringer Geschwindigkeit änderndes Raumklima gefordert.

Um die Auswirkung der Störungen auf das Raumklima durch Faktoren, wie das Außenklima und die Nutzung der Räume, so gering wie möglich zu halten, ist eine funktionierende Klimaregulierung notwendig. Dabei muss versucht werden, die Klimaregulierung primär durch und mit dem Baukörper selbst zu ermöglichen. Erst wenn dieses Ziel nicht erreicht wird, ist der Einsatz klimaregulierender Anlagentechnik notwendig.

Die klimatische Stabilität eines Gebäudes oder Raumes hängt im wesentlichen von folgenden Gebäudedaten ab:

- Fensterflächenanteil an den Außenwänden
- Sonnenschutz der Fenster
- Luftaustausch des Raumes
- Wärmespeichervermögen der Bauteile
- Feuchtespeicherverhalten der Bauteile

Aufgabe eines bauphysikalischen Klimakonzeptes ist es, baukonstruktive Maßnahmen zu entwickeln, um den Anteil der freien Klimatisierung so groß wie möglich werden zu lassen und den Anteil der anlagentechnischen Klimatisierung auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Neben den Schwierigkeiten und Kosten in einem bestehenden denkmalgeschütztem Gebäude eine Klimaanlage zu installieren und zu unterhalten, kann auch das Schadensrisiko für das Kunst- und Kulturgut vermindert werden. Beim Versagen der Anlage oder Teile der Anlage kann es zu einem Klimachaos kommen.

Eine Alternative zur anlagentechnischen Klimatisierung des Gebäudes ist die Schaffung eines Mikroklimas in den Vitrinen und Ausstellungsmöbeln. Dafür ist jedoch mindestens ein Stromanschluss am Aufstellort nötig, der nicht in jedem Fall geschaffen werden kann. Die Gefahr des Versagens der Anlage oder Teile der Anlage ist auch in diesem Fall vorhanden. Die Ausstellungsstücke können jedoch in solchen Fällen meist relativ problemlos umgelagert werden.

Der Einfluss des Außenklimas kann nicht beeinflusst werden. Die Störungen des Klimas durch die Nutzung kann aber gelenkt werden. Versuche dazu sind vielfältig und von den jeweiligen Museen abhängig.

Die Anforderungen an das Raumklima werden bestimmt durch die Art der Kunst- und Kulturgüter, die in diesen Räumen aufbewahrt werden. Im Museum Schloss Kochberg sollen überwiegend Papier und Holzobjekte ausgestellt werden. Weitere Exponate sind Gemälde und Porzellan. In der Bibliothek werden wertvolle Bücher aufbewahrt. Als Grundlage für die Festlegung des Raumklimas ist demzufolge von einer gemischten Sammlung auszugehen.

Die Bereiche des Raumklimas für gemischte Sammlungen werden in der Literatur unterschiedlich angegeben. Diese Bereiche sind primär konservatorischen und sekundär energetischen und physiologischen Bedürfnissen angepasst.

Im Schnitt lassen sich die allgemeinen Raumklimaanforderungen wie folgt zusammenfassen:

- Raumlufttemperatur $Q_{RL} = 20 \text{ bis } 24 \text{ }^\circ\text{C}$

Dieser Temperaturbereich stellt die optimalen Grenzwerte im Jahresverlauf dar. In Ausnahmefällen sind auch Temperaturen von 19°C bzw. 25°C akzeptabel. Temperaturen zwischen 24°C und 28°C sind nach [35] für maximal 150 Stunden im Jahr zulässig.

Die jahreszeitliche Anpassung der Raumlufttemperatur an die Außentemperatur muss saisonal gleitend erfolgen. Das bedeutet, die Regelung der Raumlufttemperatur muss den zeitlichen Mittelwerten der Außentemperatur folgen und nicht den momentanen Werten. Als Änderungsgeschwindigkeit innerhalb der oben genannten Werte ist ein Maximum von 1 K/h angegeben. Schnellere Wechsel führen zu Spannungen im Material und unter ungünstigen Umständen zur Bildung von Oberflächenkondensat auf den Objekten.

- relative Raumluftfeuchte $F_{RL} = 45 \text{ bis } 50 \%$

Diese Werte dürfen um +/- 5% abweichen. Sie sollten jedoch Grenzgrößen von 65 % nicht über- und 40 % nicht unterschreiten.

Die relative Raumlufffeuchte hat den größten Einfluss auf die Beständigkeit der Kunst- und Kulturgüter. Ihr ist deshalb höchste Priorität einzuräumen. Jede Materialgruppe (Holz, Metall, Textil) hat unterschiedliche hygroskopische Eigenschaften. In einer gemischten Sammlung, wie der im Schloss Kochberg, muss deshalb ein Kompromiss gefunden werden. Die relative Raumlufffeuchte wird, wie die Raumlufftemperatur, saisonal den Außenbedingungen folgen. Dabei müssen die oben genannten Werte eingehalten werden. Am wichtigsten ist dabei die Änderung der relativen Feuchte während einer Stunde. Diese Änderung und die Häufigkeit der Schwankung sollte möglichst gering gehalten werden. Als oberste Grenze der Änderung gilt $DF_{RL} \leq 2,5$ % pro Stunde. Als maximale Änderung im Tagesverlauf ist ein Wert von $DF_{RL} \leq 5$ % anzustreben.

Ein weiterer Faktor, der das Raumklima mitbestimmt, ist die Beleuchtung. Durch die Beleuchtungsmittel wird Wärme produziert, die zu einer Erhöhung der Raumlufftemperatur führen. Daneben haben die Strahlungsanteile des Lichtes auch Auswirkungen auf die Alterung der Kunst- und Kulturgüter.

Fast alles Archiv- und Museumsgut ist lichtempfindlich, jedoch ist diese Empfindlichkeit materialspezifisch. Stein- und Metallobjekte sind weitgehend unempfindlich, während Gemälde, Aquarelle, Textilien, Papier und Pergament sehr empfindlich auf Lichteinwirkung reagieren können. Dabei führen hauptsächlich die ultravioletten und die infraroten Strahlungsanteile des Lichtes zur Schädigung der Objekte. Bei der Planung des Beleuchtungskonzeptes ist also sicherzustellen, dass weder ultraviolette noch infrarote Strahlung im Licht enthalten sind. Dabei sollte auch der Tageslichtanteil, der auf die Ausstellungsstücke und Bücher scheint, so weit es geht reduziert werden. Im Tageslicht sind hohe Anteile an beiden Strahlungen vorhanden.

Die Beleuchtungsstärke für die gemischte Sammlung im Schloss Kochberg sollte 50 Lux direkt an den Objekten nicht überschreiten. Um die Wärmezufuhr in den Raum und dadurch die Erhöhung der Raumlufftemperatur durch die Beleuchtungsmittel möglichst gering zu halten, sollten Leuchtstofflampen verwendet werden. Diese Lampen können in mit Filtern versehenen Leuchten montiert werden, die den Anteil an kurzwelligen Strahlen (Ultraviolett) absorbieren.

Neben den Einwirkungen des Raumklimas und des Lichtes auf das Sammlungsgut ist auch die Reinheit der umgebenden Luft ein wichtiger Faktor, wenn es um die Bestandserhaltung geht. In der Luft sind neben organischen und mechanischen Partikeln auch gasförmige

Schadstoffe wie Ozon, Schwefeldioxid, Salzsäure, Essigsäure und andere enthalten. Die Höhe der Luftbelastung mit diesen Schadstoffen hängt vom Material ab und muss bei einer gemischten Sammlung zu einer Kompromisslösung führen.

Weitere Anforderungen an das Raumklima können von den zuständigen Konservatoren für das jeweilige Objekt ergänzt werden. Für Schloss Kochberg wurde auf die Faktoren Raumlufttemperatur und relative Raumluftfeuchte größter Wert gelegt.

Die Raumklimaberechnungen wurden mit dem Programm „Helios“ auf der Grundlage der gesammelten Wetterdaten für die Region Chemnitz durchgeführt. Chemnitz ist die Repräsentanzstation für die TRY Region 9. Sie ist repräsentativ für das Thüringer Becken und die angrenzenden Randgebiete.

Im Hinblick auf die thermische Stabilität des Gebäudes stellt das Sommerklima den kritischeren Einfluss dar. Die ausgeprägten Tagesgänge der Außentemperatur und der Sonnenstrahlung verursachen eine Destabilisierung des Innenklimas. Die vorgestellten Berechnungen haben ergeben, dass im Sommerfall die Amplitude der Außenlufttemperatur um ca. zwei Tage verschoben den Innenraum beeinflusst.

Der Außenluftwechsel über die Fugen der Fenster hat großen Einfluss auf die Raumlufttemperatur. Er kann mit ausreichender Genauigkeit errechnet werden. Der Wert des Fugendurchlasskoeffizienten „ a_n “ für Verbundfenster beträgt $0,6 \text{ m}^3/\text{hm}(\text{kp}/\text{m}^2)^{2/3}$. Dieser Wert kann aus Tabellen abgelesen werden. Daraus ergibt sich ein Luftwechsel „ n “ durch unkontrollierte Lüftung über die Fensterfugen von $n = 0,34 \text{ h}^{-1}$.

Durch die Beleuchtung und die Personen, die die Ausstellungsräume besuchen, wird Wärme in den Raum abgegeben. Die Wärmeabgabe der Beleuchtung wird mit $15 \text{ W}/\text{m}^2$ auf der sicheren Seite angenommen. Für den Wärmeeintrag durch die Besucher wird eine Raumlufttemperatur von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ zugrunde gelegt. Das ist die von den Konservatoren geforderte Mindesttemperatur für Ausstellungsräume. Daraus ergeben sich zwei Größen für den Wärmeeintrag in das Gebäude. Das sind für

den Winterfall	ca. $20 \text{ W}/\text{m}^2$
und den Sommerfall	ca. $25 \text{ W}/\text{m}^2$

durch Beleuchtung und Besucher. Feuchte als innere Last wird ausschließlich durch die Besucher produziert. Auch hier wird für die Berechnung unterschieden in den Sommer und Winterfall. Bei der angenommenen durchschnittlichen Zahl der Besucher (5 im Winter bzw. 10 im Sommer je 100 m^2) wird so eine Menge von

im Winterfall	ca. 266 g/h
und im Sommerfall	ca. 532 g/h

Wasser in den Referenzraum eingebracht.

Ein weiterer Faktor, der das Raumklima beeinflusst, ist die Luftwechselrate. Erwünscht ist ein kontrollierter Luftwechsel. Als Größe wird für den hygienischen Mindestluftwechsel während der Heizperiode in der DIN 4108 ein Wert von $n = 0,5^{-1}$ gefordert. Je Person wird ein Mindestluftwechsel von $17 \text{ m}^3/\text{h}$ für Museen und Bibliotheken empfohlen. Ausgehend von diesen empfohlenen $17 \text{ m}^3/\text{h}$ ergibt sich eine Luftwechselrate von $0,34 \text{ h}^{-1}$ im Winterfall und $0,68 \text{ h}^{-1}$ im Sommerfall für den Referenzraum. Da der Wert für den Winterfall unter dem in der DIN 4108 empfohlenen liegt, wird in beiden Fällen mit einer Luftwechselzahl von

$$n = 0,7 \text{ h}^{-1}$$

gerechnet.

In den Berechnungen wurde der Tagesgang der Besucherdichte und der daraus resultierende schwankende Eintrag von Wärme und Feuchte berücksichtigt.

Die Berechnung mit dem Programm „Helios“ ergab eine Heizenergieeinsparung durch das Wärmedämmputzsystem von bis zu 25,3 % gegenüber dem Bestand ohne Dämmung. Eine Abdichtung der Fenster und damit die Möglichkeit einer bedarfsgerechten Lüftung führt zu einer weiteren Senkung des Heizenergiebedarfes. Mit Dämmung und gedichteten Fenstern wird eine Einsparung von Heizenergie von bis zu 28,7 % möglich.

Neben der Einsparung von Betriebskosten führt die Verbesserung der Außenbauteile auch zu einer Reduzierung der Größe sowie der Anschaffungs- und Instandhaltungskosten der Heizanlage.

Die Abdichtung der Fenster geschieht mit einer umlaufenden Dichtung im Falz des inneren Fensterflügels. Dabei ist darauf zu achten, dass umlaufend ein ausreichender Druck die Dichtung aufgebaut wird, ohne dass die Gang- und Schließbarkeit der Fenster zu beeinträchtigen.

Der Anteil der Fenster an den Außenwänden ist der Entstehungszeit des Gebäudes entsprechend gering. Der Flächenanteil der Fenster an der Südfassade beträgt 7,80 % und an

der Ostfassade 9,41 %. Die Verglasung besteht aus zwei je ≈ 4 mm starken Floatglasscheiben.

Die Art des Fensterglases und ein Sonnenschutz im Fenster haben die folgenden Aufgaben:

- Verbesserung des winterlichen Wärmeschutzes durch Reduzierung der Transmissionswärmeverluste
- Abschirmung gegen Sonnenstrahlen, d.h. Stabilisierung des Raumklimas, insbesondere der Raumlufttemperatur, und Reduzierung des Eintrages der UV- und Infrarot-Strahlung

Es werden die folgenden drei Varianten, ohne Heizleistung, verglichen:

- Variante 1 - Fenster im Bestand,
- Variante 2 - Fenster mit Jalousie zwischen den Glasebenen, Verschattungsgrad 50 %,
- Variante 3 - Fenster mit Jalousie und einer Sonnenschutzverglasung und daraus folgend einer Reduzierung des Gesamtenergiedurchlassgrades auf $g_F = 0,14$.

Die Berechnungen lassen erkennen, dass die Raumlufttemperatur weder durch die Verschattung noch durch Verschattung und Verringerung des Gesamtenergiedurchlassgrades wesentlich beeinflusst wird. Auch die Amplitude der Raumluft verläuft annähernd gleich.

Das Wärmespeichervermögen der Bauteile wirkt sich günstig auf die Stabilität des Raumklimas aus. Dazu tragen die Innenbauteile etwas mehr bei als die Außenbauteile. Das Wärmespeichervermögen von Konstruktionen steigt mit der Schwere der verwendeten Baustoffe an. Werden die Bauteile raumseitig verkleidet, so wie bei diesem Konzept mit Wärmedämmputz, nimmt die Speicherfähigkeit ab.

Die Simulation hat ergeben, dass die Unterschiede zwischen dem Wärmespeichervermögen des Gebäudes im Bestand und der mit einem Wärmedämmputz versehenen Bauteile nur gering sind. Die konservatorisch geforderten Ober- und Untergrenzen der Raumlufttemperatur werden im Sommer ohne Kühlung eingehalten. Im Winter muss geheizt werden, um die Temperatur anzuheben. Die Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile trägt zu einer ausgeglicheneren Kurve der Raumlufttemperatur bei.

Die relative Raumluftfeuchte ist neben der Temperatur die entscheidende Größe für das Raumklima. Die konservatorischen Anforderungen für die relative Feuchte sind bereits beschrieben worden. Die Berechnungen der relativen Raumluftfeuchte im Schloss Kochberg

erfolgte auf analytischem Weg als Monatsbilanz und als Verlauf über den kältesten und den wärmsten Tag des Referenzjahres. Die Berechnungen ergaben, dass sowohl eine Ent- als auch eine Befeuchtung der Raumluft stattfinden muß.

Eine Variante für die Stabilisierung der relativen Raumluftfeuchte ist der Einbau einer Klimaanlage. Diese Klimaanlage sollte mit einer Luftaufbereitung und einem Wärmetauscher versehen sein. Die Luftaufbereitung filtert die in der Außenluft befindlichen Schadstoffe aus. Der Wärmetauscher sorgt für die Einsparung von Energie, indem der abgeführten Luft Wärme entzogen wird, mit der die zugeführte Luft angewärmt wird, bevor sie in die Räume eingeleitet wird. Die Größe und Auslegung der Klimaanlage ist vom Fachplaner Klimatechnik zu berechnen. Nachteile von Klimaanlage sind jedoch die Kosten der Anschaffung und des Unterhaltes. Es besteht die Gefahr eines Klimachaos im Falle des Versagens der Anlage oder Teile der Anlage. Die Installation einer Klimaanlage in ein bestehendes denkmalgeschütztes Gebäude dürfte mit weiteren Schwierigkeiten verbunden sein.

Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von klimatisierten Vitrinen. Kunst- und Kulturgut benötigt unter anderem Schutz vor mechanischen Beschädigungen. Dieser wird durch die Aufbewahrungsmöbel, z.B. Vitrinen, gewährleistet. Die Vitrinen können klimatisiert werden. Die Klimatisierung ist entweder durch Anlagentechnik oder durch Einsatz von Adsorptionsmitteln erreichbar.

Die anlagentechnische Klimatisierung der Vitrinen funktioniert wie die Klimaanlage für ganze Räume. Für die Anlage in der Vitrine reicht in der Regel ein Stromanschluss aus.

Die Adsorptionsmittel, z.B. Kieselgel, sind oberflächenaktive Stoffe, die ein Vielfaches ihres Volumens an Wasserdampf aufnehmen, aber auch wieder abgeben können. Kieselgel eignet sich hervorragend dazu, die Hygrostabilität einer Vitrine zu erhöhen und temperaturbedingte Schwankungen auszugleichen. Das Prinzip der Adsorption funktioniert jedoch ausschließlich bei luftdicht verschlossenen Vitrinen.

Die beschriebenen Möglichkeiten der Klimatisierung der Räume oder der Schaffung eines Mikroklimas in Vitrinen stellen nur einen Teil aller Varianten dar, stabile Klimabedingungen für Kunst und Kulturgut zu schaffen. Welche weiteren Möglichkeiten es gibt und welche für das Schloss Kochberg geeignet sind, ist mit dem Fachplaner Klimatechnik abschließend zu klären.

Fazit und Ausblick

Schloss Kochberg wurde unter bauphysikalischen Gesichtspunkten auf seine Eignung als Museum und Bibliothek untersucht. Die Aspekte der Betrachtungen waren Brand-, Wärme- und Feuchteschutz sowie das Klima in den Bibliotheks- und Ausstellungsräumen.

Das Ziel der Analysen war, soweit notwendig, Vorschläge für den Schutz der vorhandenen Bausubstanz sowie der Kunst- und Kulturgüter zu erarbeiten. Oberste Priorität bei der Ausarbeitung der Empfehlungen hatte, die vorhandene unter Denkmalschutz stehende Substanz weitgehend zu erhalten und größere Eingriffe in das Gebäude zu vermeiden. Zu beachten war, dass alle Betrachtungen nur im Zusammenhang durchgeführt werden konnten. Einzelne Maßnahmen für die Verbesserung eines Aspektes können zur Verschlechterung einer anderen Größe führen. Diese unzusammenhängende Betrachtungsweise hat in der Vergangenheit schon oft zu Schäden oder zum Verlust von Kulturgütern geführt.

Die Anforderungen an die Brandsicherheit des Gebäudes können durch die massive Bauart in weiten Teilen ohne Veränderungen erfüllt werden. Lediglich für die Sicherung der Fluchtwege sind Baumaßnahmen notwendig. Dem hohen Schutzbedürfnis der Kunst und Kulturgüter sowie des Gebäudes selbst wird durch die Branderkennung- und Brandlöschtechnik Rechnung getragen.

Bei der Betrachtung der Eigenschaften der Bausubstanz hinsichtlich des Wärme- und Feuchteschutzes zeigten sich im Bereich des Wärmeschutzes deutliche Mängel. Die Mindestanforderungen, die den Schutz der Konstruktion vor klimabedingten Schäden sicherstellen sollten, wurden in keinem Bereich eingehalten. Um diese Zielstellung einzuhalten, ist ein unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten akzeptables innenliegendes Wärmedämmputzsystem vorgesehen. Dadurch wird nicht nur der Mindestwärmeschutz gewährleistet, sondern auch die Schimmelpilzfreiheit an der Bauteiloberfläche. Darüber hinaus kann durch diese Maßnahme der Heizenergieverbrauch erheblich reduziert werden.

Das Raumklima, speziell die Raumlufttemperatur, wird durch die massive Bauweise der Konstruktion positiv beeinflusst. Die Grenzen der konservatorisch geforderten Temperatur und die noch wichtigere Änderungsgeschwindigkeit der Temperatur werden in jedem Fall eingehalten. Dazu ist lediglich die Beheizung während der kalten Jahreszeit notwendig. Hinsichtlich der relativen Raumluftfeuchte lässt sich im Rahmen dieser Arbeit keine eindeutige Aussage treffen. Die analytische Lösung der relativen Raumluftfeuchten bezieht sich nur auf den Monatsmittelwert bzw. die Extremwerte des kältesten und wärmsten Tages des Testreferenzjahres. Hier sind weitere Simulationen notwendig, um die Notwendigkeit der Ent- bzw. Befeuchtung der Luft abschließend zu klären.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Schloss Kochberg unter bauphysikalischen Gesichtspunkten für eine hochwertige Nutzung als Museum und Bibliothek geeignet ist. Die aufgezeigten Mängel können durch die vorgeschlagenen Verbesserungen beseitigt werden.

Die hier vorliegende bauphysikalische Untersuchung zeigt Lösungen auf, die in erster Linie eine Grundlage für die abschließende Diskussion der nötigen Maßnahmen darstellt. Einige Punkte bedürfen noch der weiteren Klärung, um die bestmögliche Variante der Umnutzung des Schlosses Kochberg zu validieren. Das sind im einzelnen:

- Bestätigung der baustofftechnischen Eigenschaften der Konstruktion durch Untersuchungen im Labor,
- abschliessende Klärung, ob im Bereich Brandschutz vorgeschlagene Kompensationsmaßnahmen ausreichend sind und von der Denkmalpflege akzeptiert werden,
- Simulation der relativen Raumlufffeuchte durch ein geeignetes Rechenprogramm wie „TRNSYS“,
- Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Verbesserungen.