

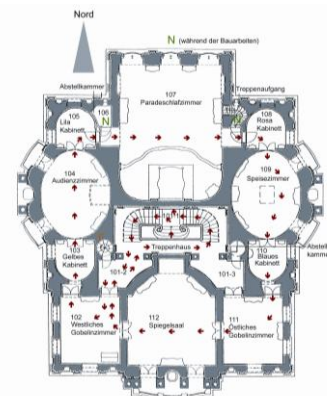
Schloss Linderhof: Präventive Konservierung: Objekt-, Licht- und Klimaschutz

Die in Auszügen vorgestellte Masterarbeit im Auftrag der Bayerischen Schlösser- und Gärtenverwaltung im Studiengang Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg, beschäftigt sich im Wesentlichen mit:

- Der Untersuchung der Raumausstattung auf mechanische-, klimatische- und infolge von Lichteinwirkung entstandener Schäden
- Messungen zum Raumklima, Licht und Raumluftqualität (CO₂-Messungen)
- Erarbeitung von Objekt-, Licht- und Klimaschutzkonzepten unter Berücksichtigung des hohen Besucheraufkommens. Die Masterarbeit entstand in Zusammenarbeit mit der Dipl. Innenarchitektin Bettina Krug, die sich hauptsächlich mit dem Objektschutz beschäftigte.



Schloss Linderhof (Oberbayern), erbaut von König Ludwig II. von Bayern 1869-1887



Grundriss der Schauräume im 1. OG mit Führungsweg

Neben den Schlössern Neuschwanstein und Herrenchiemsee ist das zwischen 1869-1887 von König Ludwig II. von Bayern erbaute Schloss Linderhof eines der meistbesuchten Schlösser in Oberbayern.

Das Schloss ist ganzjährig geöffnet und praktisch ohne Schließtage. Die höchste Besucherzahl betrug 1990 982.648 Personen. im Jahre 2002 besuchten 532.391 Personen Linderhof. Im Jahr 2003 wurden zu Spitzenzeiten am Tag ca. 4300 Besucher gezählt, insgesamt besuchten 35 Mio. Touristen in das Schloss.

Die engen Schauräume von Schloss Linderhof besitzen eine reiche Innenausstattung im Stil des 2. Rokoko, die vor allem durch den exzessiven Tourismus und die daraus resultierenden starken Klimaschwankungen und durch die hohen Lichtbelastungen infolge der Fensterlüftung gefährdet ist.

Dadurch sind im Laufe der Zeit vielfältige Schäden insbesondere an Möbeln, Textilien, aber auch an der Raumschale selbst, entstanden.

Aufgabe dieses Projektes war es, Konzeptvorschläge auf Grundlage erstellter Schadensanalysen zu entwickeln, um in Zukunft die Ausstattung des Schlosses vor weiteren Schädigungen zu schützen.

Die Problematik der Prävention in Schloss Linderhof ist sehr komplex und es war schwierig, sinnvolle und wirkungsvolle Möglichkeiten einer Verbesserung der Situation zu finden. Die Konzepte zum Objekt-, Klima- und Lichtschutz wurden im Rahmen der Möglichkeiten und Grenzen sensibel aufeinander abgestimmt. Dabei wurde darauf



Schlafzimmer

geachtet, dass die Substanz des Bauwerkes und dessen Ausstattungsobjekte nicht gefährdet, sondern im Rahmen der Möglichkeiten reversibel geschützt werden. Um gezielte Schutzmaßnahmen zu planen, wurden zunächst die auftretenden Schäden und deren Ursachen in den Schauräumen dokumentiert. Im Weiteren werden einzelne exemplarische Schäden gezeigt.

Mechanische Schäden infolge hoher Besucherzahlen und unzureichender Sicherungsmaßnahmen



Starke Abnutzung der gefassten Holzvertäfelungen und des Mobiliars, teilweise bis aufs Holz in allen Schauräumen



Größtenteils ungeschützte und für Besucher frei zugängliche Ausstattungsstücke

Maßnahmenkonzeption zum Objektschutz

Für die gesamten Schauräume im Schloss wurde zum Schutz der Innenausstattung ein selbsttragendes transparentes Paravent-System geplant.

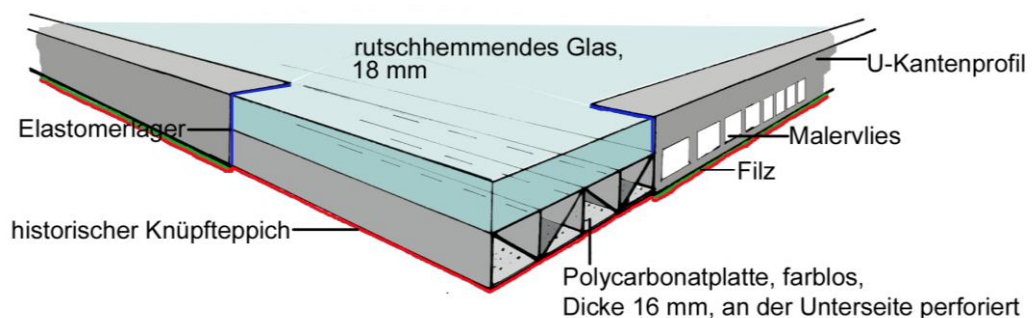
Das System ist freischwebend und ohne unerwünschte Befestigungen in der originalen Raumschale, darauf sind ebenfalls Leuchten zur Erhellung der Räume geplant.

Um in allen Räumen an die Fenster zu gelangen, werden in das System auch Türen und Kordeln (wo kein Schutzbedarf ist eingesetzt z.B. im Rauminneren).

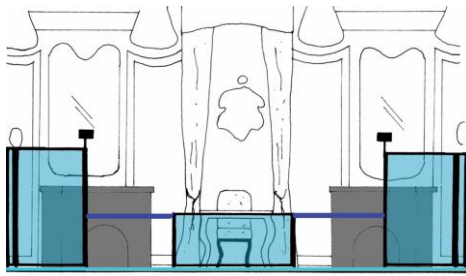
Die originalen Teppiche sollten in situ erhalten bleiben, werden aber sehr stark in Mitleidenschaft gezogen. Durch die bisherigen Schutzteppiche bzw. Schmutzfangläufer bilden sich Laufstraßen infolge hoher Punktlasten. Die Gummischicht der Schutzteppiche ist außerdem nicht atmungsaktiv und schwitzt, was zur Schimmelbildung führen kann.

Zum Schutz der Teppiche wurde deshalb eine transparente steife Schutzplatte zur Verteilung der Punktlasten und somit zum Schutz vor Abrieb geplant.

Die untere Schicht der Laufstegkonstruktion besteht aus einem transparenten, UV-absorbierenden Polycarbonatprofil und darüber liegender rutschhemmenden und kratzfesten Glasplatte.



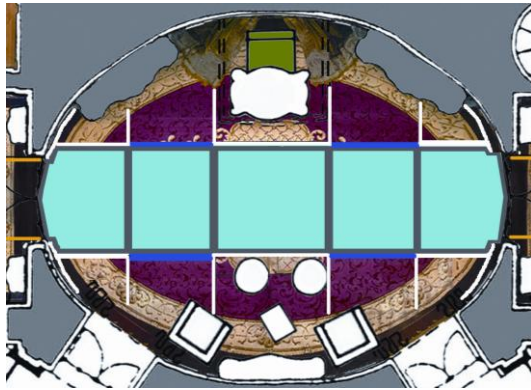
Geplante Objektschutzmaßnahmen am Beispiel Audienzzimmer



Das Paraventsystem wurde nur dort geplant, wo es notwendig ist, um die besonders stark abrieb-gefährdeten Objekte (Tisch, Raumschale etc.) zu schützen.

In den engen Durchgangs-bereichen ist das System besonders hoch angesetzt, da hier auch starke Abnutzungserscheinungen bis hin zu speckigen Wandbespannungen auftreten.

Wo kein Bedarf ist, z.B. im Rauminneren werden lediglich Kordeln angebracht.



Die Entwürfe für die Schutzvorrichtungen wurden in Zusammenarbeit mit der Dipl. Innenarchitektin Bettina Krug entworfen.

Lichtschäden infolge hoher UV-Belastungen



Rosa Kabinett
ausgeblichene
Seidenwandbespannungen



Audienzzimmer
Kettfadenabbau an der
Nadelmalerei des
Thronaldachins

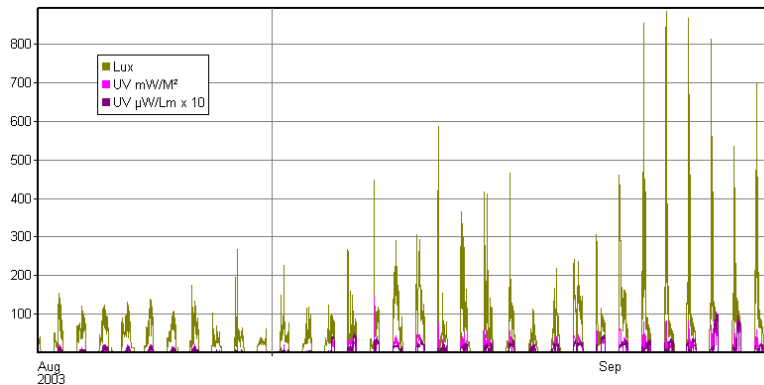


Blaues Kabinett
Stark zerstörter und
ausgeblichener
Vorhang

Besonders lichtempfindlich sind Textilien, die in nahezu allen Schauräumen des Schlosses entweder als Seidenwandbespannungen oder an Sitzmöbeln zu finden sind. Die Schäden äußern sich in Form von Ausbleichungen bis hin zum Faserabbau und nachfolgenden Rissen und Fehlstellen im Gewebe infolge harter UV-Strahlung. Dies zeigt sich bereits schon an den in den 1970er Jahren erneuerten Stoffpartien.

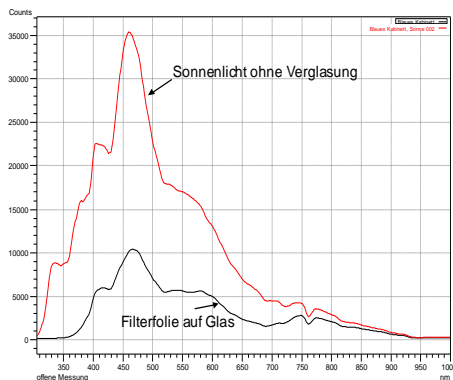
Besonders deutlich fallen die Ausbleichungen auf, wenn ehemals abgedeckte Bereiche, beispielsweise durch fehlende oder abgebrochene Schnitzverzierungen im Rosa Kabinett jetzt offen liegen und ein deutlicher Farbunterschied bemerkbar wird.

Langzeitlichtmessung

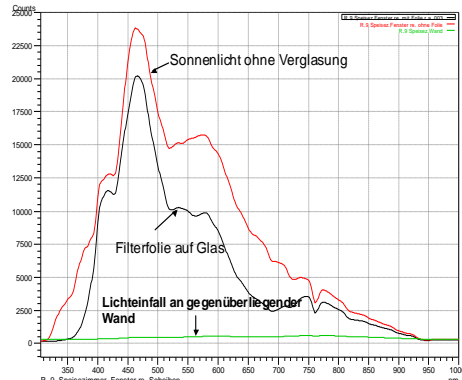


Einheit	Lux	UV in $\mu W / L$
Maximalwert	884	1052
Empfohlener Maximalwert für Textilien	50 Lux	75 $\mu W/L$

Messungen des Lichtspektrums zur Prüfung der auf den Fenstern befindlichen Lichtschutzfolien



Intakte Lichtschutzfolie



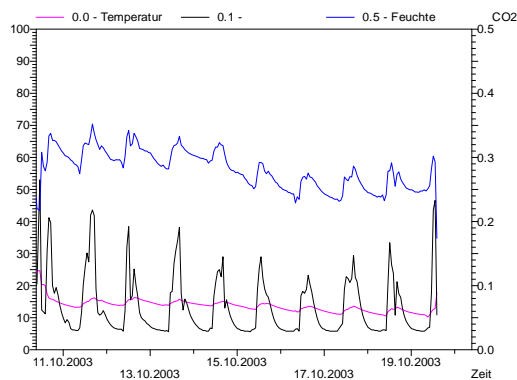
durch Lichteinwirkung abgebaute Schutzwirkung

Die Messungen des Lichtspektrums wurden zur Prüfung der auf den Fenstern befindlichen Lichtschutzfolien durchgeführt. Gemessen wurde jeweils das normale Sonnenlicht bei offenem Fenster und anschließend bei geschlossenem Fenster. Die aktive Schutzwirkung ergibt sich dabei aus der Differenz beider Werte.

Besondere Probleme beim Lichtschutz im Schloss Linderhof

Die vorhandenen Lichtschutzmaßnahmen (Lichtschutzfolien an den Fenstern) funktionieren nicht wegen der schlechten Raumluftqualität in den Räumen infolge der hohen Besucherzahlen.

Raumlufqualität: CO₂ Messung



Die Raumlufqualität ist zu schlecht. CO₂ ist mit einem Anteil von 0,03% in der Atmosphäre vorhanden

Diagramm: CO₂-Maximalwert, bei 0,233% bei 1446 Besuchern

bei 4000 Leuten: ca. 0,64% das 21-fache des normalen CO₂-Gehaltes.

Der MAK-Wert von 0,5% CO₂ in der Atemluft, wäre damit überschritten.

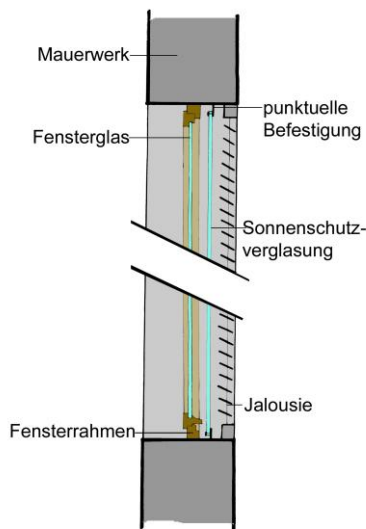
Die Folge der schlechten Raumlufqualität sind häufig ohnmächtige Besucher und damit das ständige Lüften über offene Fenster in allen Wetterlagen.

Die Fensterscheiben mit den Lichtschutzfolien können deshalb schädliche Strahlung nicht zurückhalten.

Das wechselhafte Außenklima wird auf den Innenraum übertragen, was wiederum starke Klimaschwankungen und Klimaschäden in den Innenräumen hervorruft.

Die Messungen der Raumlufqualität können zur Reduzierung der Besucherzahlen beitragen.

Lichtschutzmaßnahmen



Die Lichtschutzmaßnahmen müssen sich an den jeweils empfindlichsten Objekten orientieren, dies sind Textilien die in jedem Raum vorhanden sind. Die UV-Konzentration sollte deshalb in jedem Fall höchstens 75 $\mu\text{W/L}$ und die Beleuchtungsstärke sollte an diesen Objekten nicht mehr als 50 Lux betragen.

Ein sinnvoller Lichtschutz erfordert außerdem eine Regelung der Raumlufqualität bzw. des Raumklimas möglichst in Unabhängigkeit vom Öffnen der Fenster.

Ein wirkungsvoller Lichtschutz, wird nur erreicht, wenn die Fenster geschlossen bleiben (Filterung UV-B Strahlung).

Idee Sonnenschutzverglasung in Linderhof

Vorteile:

Moderne Sonnenschutzverglasungen können mit Hilfe von Metalloxiden so dotiert werden, dass schädliche Strahlungen abgehalten und die Scheiben auf die jeweiligen Anforderungen angepasst werden können.

Zurzeit sind Sonnenschutzfolien mit unterschiedlicher Schutzwirkung auf den originalen Scheiben vorhanden. Deren absorbierende Wirkung lässt im Laufe der Zeit nach und muss regelmäßig überprüft werden. Von Herstellerseite werden Garantien von 10 bis 20 Jahren gegeben. Ein großer Nachteil ist die schlechte Entfernbarkeit der Folien besonders von der originalen Fensterverglasung in Linderhof. Es kann dabei zum Zerkratzen der Scheiben kommen und ungünstigstenfalls zum Bruch.

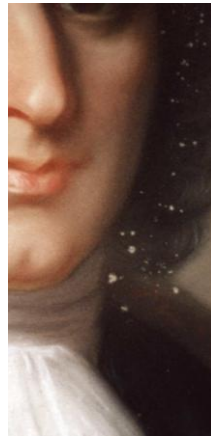
Der Vorteil von Sonnenschutzverglasungen gegenüber Textilien ist deren Transparenz. Da das Schloss Bestandteil der Parkanlage ist (Einheit zwischen Innen und Außen) würden Textilien den Ausblick versperren, außerdem kann die UV-Transmission bei Geweben nie ganz unterbunden werden.

Eine zwischen originaler Verglasung und vorhandenen Jalousien angebrachte Sonnenschutzverglasung würde den Lichteintrag wirkungsvoll konfektionieren, der Ausblick in die Gartenanlagen bliebe erhalten, die Verglasung würde hinter den Jalousien von außen unsichtbar bleiben. Durch ausreichende Spalten zwischen Scheibe und Fensterlaibung wäre auch eine Belüftung der Räume noch möglich.

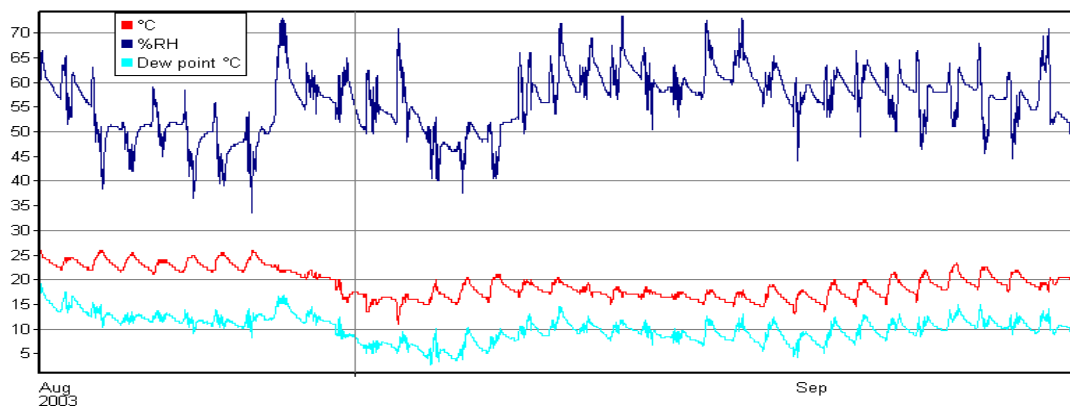
Klimaschäden infolge hoher Feuchte und starker Klimaschwankungen



Schlafzimmer
Taupunktschäden an der Nordwand



Blaues Kabinett
Schimmelflecken
an Pastellen
stark krakelierte
und wellige
Supraporten



Die Temperaturschwankungen betragen im Messzeitraum August bis September 15°C, die Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit 40% innerhalb eines Monats. Der Kurvenverlauf entspricht im Wesentlichen den Tagesmittelwerten dieses Zeitraumes aus der Wetterstation Kempten ca. 70 km nordwestlich von Linderhof. Der Messzeitraum ist allerdings zu gering, um die genaue klimatische Situation im Schloss Linderhof einzuschätzen, weiterhin wurde nur in einem Raum gemessen, eine detaillierte Beurteilung umfasst aber die Auswertung der klimatischen Daten in allen Schlossräumen im Zeitraum eines Jahres.

Vorschläge zur Raumklimaverbesserung

Viele Schäden an den Ausstattungsgegenständen im Schloss Linderhof hängen direkt, neben der hohen Lichtbelastung, mit den dortigen stark schwankenden Klimawerten (rel. Feuchte und Temperatur) zusammen.

Gründe hierfür sind vor allem die hohen Besucherzahlen. Die Besucher transportieren große Mengen an Feuchtigkeit in die Schlossräume hinein. Die Luftqualität verschlechtert sich dadurch ebenfalls, weshalb durch das Führungspersonal permanent, auch bei schlechtem Wetter über die Fenster gelüftet wird. Die Folge davon ist, dass das stark schwankende Außenklima, zwar in abgeschwächter Form auch in die Innenräume übertragen wird. Es ist deshalb notwendig, aus Gründen der Prävention und zum Schutz der verschiedenen Ausstattungsgegenstände, das Raumklima entsprechend den empfohlenen Werten zu stabilisieren.

Voraussetzung einer Klimaverbesserung ist die genaue Kenntnis der raumklimatischen Situation in allen Schlossräumen in Linderhof. Dies erfordert im Voraus ein umfassendes und detailliertes Klimagutachten sowie die permanente Messung und Aufzeichnung. Denn nur wenn die Werte bekannt und jederzeit abrufbar sind, ist ein direktes Eingreifen möglich.

Mit einer elektronischen Erfassung und Auswertung der Klimawerte sind selbst einfachste Methoden, wie gezieltes Lüften über die Fenster, möglich. Aus Gründen des Lichtschutzes sollte dann aber der direkte UV- und Lichteinfall vermieden werden.

Das Computerprogramm könnte nach Vergleich der inneren und äußeren Klimawerte durch ein z.B. optisches Signal über einen Bildschirm im „Führerzimmer“ die Anweisung zum Lüften im jeweiligen Raum geben. Durch das Führungspersonal könnte dann gezielt und dosiert gelüftet werden.

Dies ist die wirtschaftlich günstigste Variante, um eine relative Stabilisierung des Raumklimas zu bewirken aber auch die unzuverlässigste, nicht nur aufgrund des menschlichen Faktors. Hier bedarf es ständiger Kontrolle durch das Personal. Weiterhin ist es durch eine Fensterlüftung dann nicht mehr möglich, beispielsweise an schwülen feuchten Sommertagen und hohem Feuchteintrag durch die Besucher, die relative Feuchte vergleichsweise niedrig zu halten.

Ein weiterer Ansatz wäre deshalb, auch aus Gründen des Lichtschutzes, die ehemaligen, aus Brandschutzgründen vermauerten Kamine zur Belüftung zu reaktivieren, um durch eine gezielte Ventilation das Raumklima zu stabilisieren. Diese könnten dann auch über die Messsensoren gesteuert werden. Eine Belüftung ist hier auch über Nacht möglich. Die erforderlichen Frischluftmengen könnten ohne bedenkliche Strömungsgeschwindigkeiten in die Räume einströmen.

Vermutlich wird es aber dennoch bei ungünstigem Außenklima nötig sein, die einströmende Luft zu entfeuchten. Die relative Luftfeuchtigkeit sollte aufgrund der Säurebildung einiger Gase aus Gründen der Prävention immer unterhalb von 70% liegen. Im Winter wäre eine leichte Temperierung der Räume sinnvoll, da die relative Feuchte durch Erhöhung der Temperatur gesenkt werden kann.

Zum Zwecke der Entfeuchtung und Temperierung könnten wiederum auch die Kaminschächte dienen, ohne dass Geräte direkt in den Schlossräumen aufgestellt werden müssten. In den Räumen würden aufgrund der Enge und der reichhaltigen Ausstattung solche dezentralen Klimaanlage stören.

Aufgrund der starken Klimaschwankungen ist der Einbau einer RLT-Anlage wahrscheinlich die effektivste und aus Gründen der Prävention die beste Lösung zur Stabilisierung des Raumklimas.

Eine solche Anlage könnte gegebenenfalls in den Wirtschaftsräumen des Schlosses im Erdgeschoss untergebracht werden.

Da vermutlich an der Schlafzimmernordwand das Problem von Kondensfeuchte auftritt, wird es dann notwendig sein, diese Wandfläche bei ungünstigen Parametern, wahrscheinlich besonders im Frühjahr, leicht zu temperieren, um dort den Taupunktabstand zu erhöhen. Hierfür könnte möglicherweise ein Heizrohr oberhalb der Sockelleiste dienlich sein.