

# Lichtschutzkonzepte in der Bayerischen Schlösserverwaltung

## Ein Praxisbericht

**Tina Naumović**

In den bayerischen Schlössern haben Lichtschutzmaßnahmen eine jahrhundertealte Tradition. Seit dem Ende der Monarchie werden die Gebäude als Museen genutzt. Die in der Anfangsphase damit einhergehende dauerhafte Präsentation bei ungefiltert einfallendem Tageslicht verschlechterte die Erhaltungsbedingungen für die Ausstattung. Nicht zuletzt aufgrund der entstandenen Schäden ist die konservatorische Notwendigkeit von Lichtschutzmaßnahmen wieder ins Bewusstsein aller Zuständigen vorgedrungen.

Lichtschutzkonzepte für Raumkunstmuseen im Denkmalkontext zu entwickeln, ist eine äußerst komplexe Aufgabe, bei der eine Vielzahl von interdisziplinären Ansprüchen berücksichtigt werden muss. Nach der Abwägung aller Anforderungen wird ein individuelles Lichtschutzkonzept erstellt.

Aufgrund von langjähriger Erfahrung hat sich die Kombination von UV-Schutz-Adhäsionsfolie und dunklem Screen als Norm etabliert. Bei der Wahl des Transmissionsgrades und somit des Grades der Abdunkelung sind alle Fachdisziplinen zu hören und die oft weitreichenden Folgen zu bedenken. Die fachlichen Entscheidungen bedürfen der Vermittlung an Personal und Besucher. Nur so kann eine umfassende Akzeptanz der Lichtschutzmaßnahmen erreicht und in Zukunft flächendeckend ein guter Standard erreicht werden.

### *Light protection concepts in the Bavarian Palace Administration. A practical report*

*Light protection measures have a long tradition in Bavarian castles and palaces. Since the end of the monarchy, the buildings have been used as museums. The permanent exhibition in unfiltered daylight has worsened the preservation conditions for the historic interiors. Not least because of the damage that has occurred, the need for light protection measures has come into focus for all those responsible.*

*Developing a light protection policy for historic interior museums in the heritage context is a very complex challenge, since a multitude of interdisciplinary demands must be taken into account. Individual light protection measures are developed after considering all requirements.*

*Based on many years of experience, a combination of UV-protective adhesive foil and dark screen has become established as the norm. Various disciplines must be taken into account when choosing the degree of transmission and the level of darkening, as well as the long-term effects of the measures adopted. The professional decisions need to be communicated to staff and public. This is the only way to achieve a broad acceptance of the light protection measures and set a high standard for the future.*

## Einführung

Die Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen (BSV) betreut 45 Schlösser und Burgen und ist damit einer der größten Museumsträger in Deutschland. Im überwiegenden Teil der Gebäude sind Raumkunstmuseen zu besichtigen, also voll möblierte Räume am originalen Ort. Stuck und Deckengemälde, Möbel, kunsthandwerkliche Objekte, textile Wandbehänge und Fensterdekorationen, Gemälde und Grafiken werden, unabhängig von unterschiedlichen, materialabhängigen Lichtempfindlichkeiten, miteinander kombiniert gezeigt.

Das Präsentationskonzept strebt oftmals eine natürliche und als historisch empfundene Belichtung der Innenräume mit durch die Fenster einfallendem Tageslicht an.

Der Wunsch, die Räume in erster Linie mit einfallendem Tageslicht zu belichten, ist auf den ersten Blick nachvollziehbar. Die Raumensembles können „natürlich“ erlebt werden, der Besucher bekommt einen vermeintlichen Einblick in die Lebensrealität der damaligen, adligen Besitzer. Dass aber beispielsweise lichtdurchflutete barocke Raumfluchten auch

zur Entstehungszeit nicht die Regel, sondern nur eine Momentaufnahme und absolute Ausnahme waren, ist heute in Vergessenheit geraten.<sup>1</sup>

Textilien waren bei der Neuausstattung eines Schlosses oftmals der teuerste Posten bei der Inneneinrichtung. Tapisseries, Wandbespannungen, Teppiche und Möbelbezüge waren raumprägende und vor allem farbgebende Elemente. Die Tatsache, dass gefärbte Fasern bei Belichtung ausbleichen und spröde werden, war den Auftraggebern wohlbekannt.<sup>2</sup> Entsprechende Schutzmaßnahmen gehörten damals ganz selbstverständlich zur guten Haushaltsführung: Tapisseries, Wandbespannungen und Tapeten waren mit Laken verhängen,<sup>3</sup> Prunkräume wurden über Fensterläden verdunkelt (Abb. 1), wertvolle Möbelbezüge durch Hussen geschützt. Nur zu besonderen Festlichkeiten und zu Repräsentationszwecken wurden sie dem Licht ausgesetzt.<sup>4</sup>

Mit der Demokratisierung des monarchischen Besitzes wurden die Schlösser ab 1918, manche auch schon früher, für einen breiten Besucherkreis zugänglich gemacht. Die prunkvolle Ausstattung wurde nun dauerhaft präsentiert und historische Lichtschutzmaßnahmen aufgegeben. Aktuell haben



1  
Schloss Nymphenburg, Nördliches Salettl,  
noch funktionsfähige historische Innenlä-  
den an den Fenstern, Schließung außer-  
halb der Öffnungszeiten, um den Lichtein-  
trag so gering wie möglich zu halten

2  
Schloss Neuschwanstein, Speisezimmer,  
Lehnstuhl mit Stoffbezug, Schäden durch  
Tageslicht an allen Flächen des ursprüng-  
lich pinkfarbenen Polsters, teilweise Auf-  
lösung des Fadenverbands. Auf der vorde-  
ren Ecke war unter einer montierten Ap-  
plik der Stoff vor Licht geschützt.

die meisten Schlösser der Bayerischen Schlösserverwaltung, bis auf einzelne Schließtage an Weihnachten und Neujahr, täglich für Besucher geöffnet. Die Öffnungszeiten betragen bis zu zehn Stunden pro Tag im Sommer und bis zu sieben Stunden im Winter. Die Lichtdosis für die Objekte erhöhte sich also aufgrund der musealen Nutzung der Schlösser innerhalb der letzten hundert Jahre immens und hat zu massiven und irreversiblen Lichtschäden an zahlreichen Ausstattungsstücken geführt (Abb. 2).

In den letzten Jahren hat sich das Problembewusstsein hinsichtlich der Belichtung mit Tageslicht, und daraus folgend die Notwendigkeit von Lichtschutzkonzepten, in allen Fachdisziplinen weiterentwickelt und ist inzwischen fest verankert.

### Erstellung von Lichtschutzkonzepten in der BSV

Lichtschutzkonzepte für Raumkunstmuseen zu entwickeln, ist eine äußerst komplexe Aufgabe, bei der eine Vielzahl von interdisziplinären Anforderungen berücksichtigt und gegeneinander abgewogen werden muss. Der grundsätzliche Zielkonflikt zwischen konservatorischen Anforderungen und guter Lesbarkeit der Kunstwerke, wie er auch in jedem (Kunstlicht-)Museum besteht, wird im natürlich belichteten Denkmal um zusätzliche Spannungsfelder bereichert.

### Restauratorische Sicht

Aus restauratorischer Sicht ist das Schadenspotential von Licht klar und allgegenwärtig präsent: Sowohl Tages- als auch künstliches Licht verursacht an Kunstwerken massive Schäden. Textilien und Grafik können schon nach wenigen Wochen intensiver Lichtexposition ausbleichen; nach wenigen Jahren kann es zum Totalverlust kommen. Gemälde, Möbel und gefasste Holzobjekte sind durch Lichteinstrahlung ebenfalls gefährdet. Farblasuren und organische Beizen verblassen, Hölzer dunkeln nach oder bleichen aus.

Relativ unempfindlich gegen Licht sind anorganische Materialien wie Metall, Stein, Keramik und Wandmalerei. Direkte Sonneneinstrahlung muss wegen des Wärmeeintrags (IR-Strahlung) und der daraus folgenden lokalen Austrocknung und thermischen Ausdehnung bei diesen Materialien ebenfalls vermieden werden.

Lichtschäden sind irreversibel, Restaurierungen können den entstandenen Schaden nur mildern. Auch geringe Lichtmengen schädigen die Kunst. Es gibt keinen ungefährlichen Grenzwert, nur völlige Dunkelheit stoppt die photochemischen Abbauprozesse. Deswegen sollte im idealen Museumsbau die Vollverdunkelung bzw. Fensterlosigkeit Standard sein und natürliches Licht maximal über gedämpfte Oberlichter eindringen. Die Ausleuchtung der Kunstwerke sollte nur über geringe Mengen an Kunstlicht erfolgen, so ist die emittierte Lichtstärke konstant und kann über entsprechende technische Lösungen optimal geregelt werden (Dimmer, UV-freies Leuchtmittel etc.).



Dagegen steht die lange Jahre sorglos gelebte Praxis der „Erlebbarkeit“ der Innenräume durch eine Belichtung mit ungebremst und ungefiltert einfallendem Tageslicht. Der Blick aus dem Gebäude heraus ist ebenfalls wichtig für die Vermittlung der Inhalte der Ausstellungen. Sichtachsen in den Park, der Ausblick ins städtische Umfeld oder die Aussicht vom Burgberg aus wurden oft an allen Fenstern gezeigt. Bei solchen Nutzungsanforderungen kann der langfristige Erhaltungsauftrag der Bayerischen Schlösserverwaltung nicht erfüllt werden.

Bei der Erstellung von Lichtschutzkonzepten gilt es, zwischen diesen beiden Positionen zu vermitteln, machbare Kompromisse zu schließen und eine breite Akzeptanz zu erzielen. Bis in die 1990er Jahre wurden Lichtschutzkonzepte, meist betreut vom Fachbereich Textil oder vom Fachbereich Grafik/Archivgut, im Zuge von Einzelmaßnahmen oder nach der Restaurierung besonders gefährdeter Objekte erfolgreich lokal umgesetzt. Standard war hier der geraffte Vorhang aus metallbeschichtetem Lichtschutzgewebe (Abb. 3). Seit der Einrichtung des Fachbereichs Präventive Konservierung 2006 wird das Thema Lichtschutz dort zentral bearbeitet, es gehört heute neben den Bereichen Klimastabilität und Notfallplanung zu den Hauptaufgaben. Obwohl die Entwicklung von Lichtschutzkonzepten immer auf die individuellen Gegebenheiten vor Ort zugeschnitten sein muss, waren die Etablierung von gewissen Standards und die Bündelung von Erfahrung mit dem Verweis auf bereits umgesetzte Maßnahmen äußerst hilfreich.

Im Folgenden soll ausschließlich auf den Umgang mit der Belichtung mit Tageslicht eingegangen werden. Beleuchtungskonzepte mit Kunstlicht bleiben ausgespart, ebenso wie Schutzmaßnahmen am Einzelobjekt wie zum Beispiel eine dauerhafte Abdeckung mit Hussen von bezogenen Möbeln oder der Ersatz eines Originals durch eine Reproduktion.

Die zuständigen Restauratoren setzen sich dafür ein, dass die Kunstwerke nur den unbedingt notwendigen Lichtmengen ausgesetzt werden. Abhängig vom jeweiligen Material und vom Erhaltungszustand wird die individuelle Empfindlichkeit des Exponats eingeschätzt und die zulässige Lichtmenge festgelegt. Die tolerierbare Menge sichtbaren Lichts wird hauptsächlich als maximal zulässiger Wert in Lux in einer Punktmessung angegeben. Die zulässige Jahresdosis in Lux/h pro Jahr wird bisher nur selten als Richtwert verwendet, da eine durchgehende Aufzeichnung der Lichtwerte über einen Datenlogger noch die Ausnahme darstellt. UV-Strahlung sollte, inklusive des Bereiches an sichtbarem Licht bis 400 nm Wellenlänge, immer komplett ausgefiltert werden. Neben der Reduzierung der Lichtmenge für empfindliche Objekte profitieren auch Räume mit lichtunempfindlichen Oberflächen von einer Verschattung, weil eine höhere Klimastabilität erreicht wird. Ungehindert einfallendes Sonnenlicht, bzw. dessen Anteil an Infrarotstrahlung, führt zu einer unmittelbaren Erwärmung der Innenraumluft. Als Folge davon sinkt die relative Luftfeuchtigkeit: Jedes Grad Celsius Erwärmung senkt die relative Luftfeuchtigkeit um ca. 3 %. Klassische Tag-Nacht-Schwankungen der Innenraumtemperatur von 5 °C führen also zu einer Feuchteschwankung von 15 %.<sup>5</sup> Durch eine entsprechende Verschattung wird nicht nur der Wärmeeintrag reduziert, die isolierende Wirkung des Lichtschutzes dämpft auch die nächtliche Auskühlung, die besonders bei historischen Einfachverglasungen recht rapide sein kann.

### Museumskonzept

Das Museumskonzept setzt meist auf die gleichberechtigte Präsentation von Kunstwerken mit unterschiedlichen materialimmanenten Lichtempfindlichkeiten. Da die sensibelsten Stücke, zum Beispiel Tapisseries mit der zulässigen maxima-



3  
Stadtresidenz Landshut, Fassadenansicht Innenhof. Seit den 1990er Jahren bestand der standardmäßig verbaute Lichtschutz aus zusätzlichen Vorhängen mit einseitig metallbedampftem Gewebe. Obere Fensterreihe ohne Lichtschutzelemente, die Scheiben erscheinen dunkel.

len Beleuchtungsstärke von 50 Lux, die Taktgeber für die Intensität der Belichtung sind, führt deren adäquater Schutz vor Tageslicht zu einer fast vollständigen Verdunkelung. Sonnenlicht variiert in seiner Strahlungsstärke und seinem Strahlungswinkel bekanntermaßen nach Tageszeit, Wetter und jahreszeitlichem Sonnenstand. Ein zulässiger Maximalwert von 50 Lux kann allein durch die Präsentation in einem stark abgedunkelten Raum garantiert werden, damit an sonnigen, hellen Tagen oder bei tiefstehender Sonne mit weit in den Raum hineinreichender Belichtung der Grenzwert nicht überschritten wird. An allen anderen Tagen im Jahr werden dafür nur noch sehr geringe Werte erreicht (siehe dazu das Beispiel zu den Sälen der Wirkteppiche auf der Burg Trausnitz in Landshut unter dem Punkt „Screens-Lichttransmissionsgrad“, sowie Abb. 14). Eine sinnvolle Belichtung mit Tageslicht, dazu möglichst noch mit Durchsicht nach außen, ist nicht möglich. Auch bei zulässigen Maximalwerten von 250 Lux ist die Verdunkelung so stark, dass eine ausschließliche Belichtung mit Tageslicht nicht möglich ist. Eine Durchsicht nach draußen ist aber möglich. Diese sollte auch nicht leichtfertig aufgegeben werden, da die Erlebbarkeit des Denkmals darunter leidet.

Neben dem zulässigen Maximalwert kann auch die jährliche Lichtdosis als Richtschnur angegeben werden. Dann ist eine kurzzeitige Überschreitung des maximalen Expositionswertes möglich, wenn zu anderer Zeit Licht eingespart wird. So können dynamische Schutzkonzepte umgesetzt und die Räume beispielsweise bei geführten Schlossbesichtigungen durch ein kurzzeitiges Öffnen der Innenläden belichtet werden. Auch eine Vollverdunkelung außerhalb der Öffnungszeiten oder bei einer Winterschließung reduziert die jährliche Lichtdosis so weit, dass während der Belichtung höhere Lux-Werte akzeptiert werden können.

### Museumsnutzung

Für die sinnvolle Museumsnutzung muss selbstverständlich in den Schauräumen eine ausreichende Lichtmenge für die Betrachtung aller Exponate vorhanden sein. Zudem muss die Verkehrssicherheit, Stichpunkt Wegebeleuchtung, garantiert sein. Außerhalb der Öffnungszeiten braucht das Personal vor Ort ausreichend „Putzlicht“ für die tägliche Reinigung der Laufwege. Kunstlicht muss also zwingend nachgeführt werden, Lichtschutz- und Beleuchtungskonzept sollten immer parallel entwickelt und als Einheit gedacht werden. Der technische Fortschritt auf dem Feld der LED-Technik macht eine schonende und trotzdem ausreichende Ausleuchtung der Räume deutlich einfacher möglich, als das mit anderen Leuchtmitteln der Fall war. Oft ist schon eine Stehleuchte im Raum für eine ansprechende Präsentation ausreichend. Auch wenn durch diesen Fortschritt eine bessere Ausleuchtung bei weniger Beleuchtungskörpern möglich ist, muss natürlich immer eine entsprechende Elektrifizierung der historischen Räume vorhanden sein. Falls diese noch nicht vorliegt, ist eine Neuverlegung meist nicht denkmalverträglich umzusetzen. Bei der Montage von Lichtschutzelementen

kann ebenfalls Denkmalsubstanz in Mitleidenschaft gezogen werden, hier sind Fensterhölzer, Glasscheiben und die umgreifenden Wandleibungen betroffen.

Diese Sachverhalte müssen im Vorfeld entsprechend kommuniziert und die Folgen gegeneinander abgewogen werden. Oft gilt es, einen Kompromiss zwischen dem vorgefundenen Zustand mit unzureichendem Lichtschutz und einem konservatorischen Idealzustand zu finden.

Für die Akzeptanz von Lichtschutzkonzepten bei Fachkollegen, Personal und Besuchern ist es wichtig, dass weder die Lichtschutzelemente an den Fenstern noch die Beleuchtungskörper den Raumeindruck (zer)stören. Auch die Fassadenansicht darf durch eine Fensterverschattung ästhetisch nicht ungünstig beeinflusst werden.

Im Folgenden sollen die in den Liegenschaften der Bayerischen Schlösserverwaltung eingesetzten Lichtschutzmaterialien und die mit ihnen gemachten Erfahrungen vorgestellt werden.

### Folien

Folien können wirksamen Schutz gegen IR-Strahlung, sichtbares Licht und UV-Strahlung bieten. Die langjährig praktizierte Verwendung von Schutzfolien in den Liegenschaften der Bayerischen Schlösserverwaltung kann einen Eindruck zu den Vor- und Nachteilen vermitteln.

### UV-Schutzfolien

Das Aufbringen von UV-Schutzfolien auf die Fensterscheiben hat sich als probates Mittel zur Eliminierung von UV-Strahlung erwiesen. Wichtig ist, dass die Folie die schädlichen UVA-Strahlen zu mehr als 99 % eliminiert und zusätzlich das kurzwellige, sichtbare Licht bis 400 nm ausfiltert.<sup>4</sup> Die Schutz-

4  
Stadtresidenz Landshut, Fassadenansicht zur Altstadt, freie Hängung der UV-Schutzfolie an der Fensterinnenseite. Die Lichtreflektionen entlang der Falten fallen unschön auf, der Fassadeneindruck ist gestört.



wirkung der Folien lässt im Laufe der Zeit nach. Aktuelle eigene Messungen haben aber gezeigt, dass die Folien auch nach mehreren Jahrzehnten und trotz offensichtlicher Alterungserscheinungen ihre Schutzwirkung nicht völlig einbüßen, die Schutzwirkung reduziert sich auf ca. 80 %. Das ästhetische Erscheinungsbild ist jedoch nach spätestens 20 Jahren kaum mehr akzeptabel. Die Folien weisen Blasen und Risse auf und sie vergilben stark. Zudem werden sie spröde und lassen sich, entgegen der oftmals vom Hersteller versprochenen Reversibilität, nur unter hohem Aufwand und großem Risiko für die Glasscheiben ablösen. Meistens übersteigen die Kosten für die Entfernung der Folien die einer Neuverglasung, was sich bei historischen Gläsern natürlich verbietet.

Aus dieser Problematik resultierende Versuche, UV-Schutzfolien nicht aufzukleben, sondern frei hängend oder auf Rahmen gespannt zu montieren, wurden aufgrund der damit einhergehenden ästhetischen Beeinträchtigung wieder aufgegeben. Die Folien werfen Falten, die zu unschönen Lichtreflexen führen und weder im Innenraum noch in der Fassadenansicht toleriert werden können (Abb. 4).

Eine relativ neue Entwicklung stellt eine UV-Schutz-Adhäsionsfolie dar, die sich in kurzer Zeit in der Bayerischen Schlösserverwaltung als Standard etablieren konnte. Diese Folie haftet zuverlässig auf der Glasscheibe, ohne dass dazu Klebstoff notwendig ist. Nach Herstellerangaben kann sie problemlos und rückstandsfrei wieder abgezogen werden. Eigene Testreihen haben diese Aussage nach fünf Jahren Laufzeit bestätigt. Einziger Nachteil ist eine Verunklärung der Scheibentransparenz, der Durchblick wird ein wenig unschärfer. Bei historischen Gläsern mit ihrer „antiken“ Struktur ist der Unterschied aber kaum wahrnehmbar. Im Falle einer zusätzlichen Verschattung durch einen Lichtschutz-Screen fällt dieser Effekt nicht mehr ins Gewicht.

Aus konservatorischer Sicht ist das Anbringen von UV-Schutzfolien zum Schutz der Kunstwerke immer sinnvoll. Lediglich bei einer sehr starken Abdunkelung (Transmissiongrad des

Lichtschutzes bei 2–3 %) ist die Rest-UV-Strahlung vernachlässigbar.

### Sonnenschutzfolien

Neben den UV-Schutzfolien existieren sogenannte Sonnenschutzfolien, die meist Hitzeschutzfolien, Verdunkelungsfolien oder beides darstellen. Bei der Auswahl von Folien herrscht oft eine Begriffsverwirrung. Bei der Beauftragung muss die Art der Filterung, am besten mit Angabe der Wellenlänge, klar definiert sein (Abb. 5).

Alle Arten von Sonnenschutzfolien werden in den bayerischen Schlössern nur selten eingesetzt. Hitzeschutzfolien sollen die Infrarotstrahlung reduzieren, die in den Innenraum eindringt und zu einer Erwärmung führt. Im Sinne der Klimastabilität, des Arbeitsschutzes und des Besucherkomforts ist das durchaus zielführend. Eine deutlich wahrnehmbare Temperaturreduzierung ist jedoch nur durch Folien mit Spiegeleffekt möglich. Das mag für Bürotürme eine gute Lösung sein, am Denkmal können sie aber aus ästhetischen Gründen nicht zum Einsatz kommen. Verdunkelungsfolien dunkeln, ähnlich einer Sonnenbrille, den Innenraum ab. Bei stark abgetönten Folien kommt es zudem zu einer Farbverschiebung im Raum. Optisch nicht oder nur leicht wahrnehmbare IR-Schutzfolien erbrachten in eigenen Messreihen eine Wärmeersparnis von maximal 2 °C in der Raumluft.

### Acrylglas

Acrylglas lässt sich sowohl als UV-Filter als auch zur Reduzierung von sichtbarem Licht einsetzen. In Fällen, in denen aus denkmalpflegerischen oder anderen Gründen, zum Beispiel nur für eine temporäre Ausstellung, ein Lichtschutz erforderlich ist, aber keine Folien aufgeklebt werden können, eignet sich transparentes UV-Schutz-Acrylglas sehr gut als UV-Sperre. Getönte Acrylgläser filtern, ähnlich wie die Sonnenschutzfolien, auch sichtbares Licht heraus.



5  
Neues Schloss Herrenchiemsee, Mittelbau Hofseite, unzureichender UV-Schutz verschiedener Generationen und Fabrikate von UV- und Sonnenschutzfolien. An den klaren Scheiben links im Bild ist die vergilbte UV-Schutzfolie bereits abgenommen. Die grauen Folien am rechten Fenster wurden zu unterschiedlichen Zeiten angebracht, offenbar verwendete man getönte Fabrikate.





6  
Schloss Neuschwanstein, Palas, Wohnzimmer, Kastenfenster mit Aufdoppelung einer dunkel getönten Acrylglas­scheibe. Ausdehnung und Erwärmung des Acryl­glases führten zu Spannungen im Material und zu einem Sprung in der historischen Glasscheibe.

Durch seine Stabilität als Platte bietet es gute Montagemo­glichkeiten, so kann es bei Kasten- und Verbundfenstern ein­fach in den Fensterzwischenraum gestellt oder über kleine Häkchen an den Fensterflügel befestigt werden.

Eine direkte „Aufdoppelung“ der Fensterscheiben mit Acryl­glas mittels zusätzlicher Glasleisten oder Metallfedern ist ebenfalls möglich, allerdings muss dabei unbedingt auf den hohen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten und die Wärme­speicherung von getöntem Acrylglas geachtet werden. Schon transparentes Acrylglas dehnt sich bei Erwärmung durch Sonneneinstrahlung um 6 mm pro Meter aus,<sup>7</sup> getönte Gläser, die sich durch Lichtabsorption noch stärker erwärmen, bis zu 12 mm pro Meter. Bei passgenauem Zuschnitt auf die Fensterscheiben kann es durch Wärmespannungen und Hit-

zestau zu Glasbruch kommen (Abb. 6). Nach verschiedenen Testreihen, bei denen Sprünge im Glas auftraten, wird in der Bayerischen Schlösserverwaltung auf den Einsatz von getöntem Acrylglas verzichtet.

### Screens

Eine Reduzierung des sichtbaren Lichts am Fenster kann durch geraffte Vorhänge oder Flächenvorhänge erfolgen. In der Bayerischen Schlösserverwaltung geht der Trend hin zu minimalistischen, technischen Lösungen und weg von histo­risierenden Varianten.

Bei der Umsetzung kommen hauptsächlich sogenannte Licht­schutzscreens zum Einsatz. Diese unterscheiden sich von herkömmlichen Textilien durch eine gewisse Eigensteifigkeit, ähnlich einem Insektengitter.

### Qualitätskriterien

Screenstoffe müssen gewisse Qualitätskriterien erfüllen. Sie sollten schwer entflammbar und emissionsarm sein. Schlechte Erfahrungen hinsichtlich von Emissionen wurden in der Bayerischen Schlösserverwaltung mit PVC-beschichteten Glasfasergeweben gemacht. Diese sind eigentlich für die Ver­wendung im Außenbereich, zum Beispiel zur Verschattung von Bürogebäuden, vorgesehen. Da sie sehr strapazierfähig, abwischbar und formstabil sind und zudem eine gute Durchsicht bei hohem Schutz bieten, wurden sie gerne auch als Flächenvorhang im Innenraum eingesetzt. Stechend riechen­de Ausdünstungen waren die Folge. Aktuell empfiehlt sich die Verwendung von reinen Polyestergeweben wie beispiels­weise Trevira CS.

7  
Stadtresidenz Landshut, Fassa­denansicht Innenhof, Fenster mit dunklem Lichtschutzscreen. Im Vergleich zu Abb. 3 wird der äs­thetische Gewinn bei der Fassa­denansicht deutlich.



### Fassadenansicht

Durch die Montage eines Lichtschutzes ist auch die Fassadenansicht unmittelbar betroffen. Die Wandöffnungen der Fenster wirken an der Fassade dunkel, fast schwarz. Wenn das Lichtschutztextil in einem sehr hellen Farbton oder gar metallbeschichtet gewählt wird, wirkt die Fassade schnell „blind“ oder arg futuristisch. Von außen am unauffälligsten sind möglichst dunkle Gewebe (Abb. 7). Je heller aber die Eigenfarbe der Verschattung ist, desto besser wird die auftreffende Sonnenenergie reflektiert, die Erwärmung fällt geringer aus als bei dunklen Geweben (Abb. 8). Bei stark sonnenbeschienenen Fassaden und großen Fenstern muss ein Kompromiss zwischen unauffälliger Fassadenwirkung und zu starker Aufheizung gefunden werden, zum Beispiel ein Screen in Mittelgrau.

Die Gesamtwirkung aller Fenster an einer Fassade sollte Beachtung finden. Oft ist nur an einem kleinen Teil der Fenster ein Lichtschutz notwendig, weil die umliegenden Räume anderweitig genutzt werden (Treppenhäuser, Büros, Sanitär-räume, Shop etc.). Für diese Funktionsräume gilt es ebenfalls einen denkmalverträglichen Licht- und Blendschutz auszuwählen und auf moderne Lamellenvorhänge oder Metalljalousien zu verzichten.

### Innenraum

Auch ein technischer Lichtschutz muss im historischen Innenraum ästhetisch überzeugen. Ein in der Fassadenansicht ansprechendes dunkles Gewebe kann im prunkvollen Ambiente rasch trist wirken. Häufig sind Fensterlaibungen und Fensterflügel hell gefasst, die dunklen Gewebe bilden dazu einen harten Kontrast.

Bei einer Fensterteilung in mehrere Flügel empfiehlt es sich, an jeden Flügel einen eigenen Screen zu montieren und nicht die gesamte Fensterfläche abzuhängen, dunkle Behänge fallen so weniger auf. Die Fenstergliederung bleibt besser ablesbar und die Machart der Fenster kann gezeigt werden, die Fenstergestaltung bleibt weiterhin raumprägend.

### Montage

Die Montage der Screens kann unkompliziert und ohne große Eingriffe in die Originalsubstanz erfolgen. Oben ist ein dünner Stab ausreichend, der in einem genähten Tunnelzug geführt werden kann und an Häkchen montiert ist. Aufgeschraubte Klettleisten sind ebenfalls eine gute Möglichkeit zur Befestigung, im Fachhandel oder bei guten Raumausstattern gibt es davon zahlreiche Varianten. Das untere Ende des Flächenvorhangs wird mit einem Beschwerungsstab versehen oder ebenfalls mit Häkchen befestigt (Abb. 9).

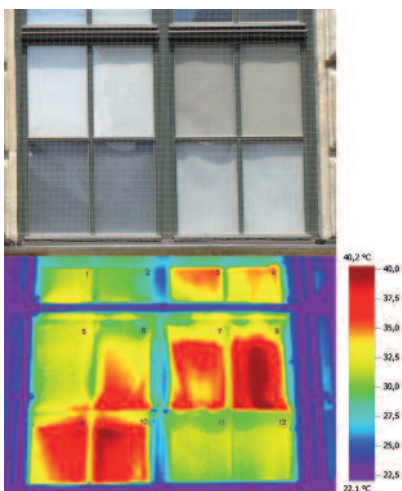
Die Befestigungen im Holzfenster sollten natürlich so gering dimensioniert wie möglich ausgeführt werden. Oft ist es möglich, bestehende Löcher zu nutzen, etwa bei vorhandenen Eckwinkeln am Fensterrahmen. An Metallrahmen lassen sich die Screens auch mittels starker Magnete befestigen.

Bei der Montage ist zu beachten, dass der Screen mit mindestens 2,5 cm Abstand vor der Fensterscheibe hängen sollte, damit eine ausreichende Luftumspülung gewährleistet ist und so der Bildung eines Mikroklimas im Zwischenraum vorgebeugt wird. Der Screen muss an den Seiten jeweils ca. 3 cm breiter sein als die Fensterscheibe, da sich sonst, bedingt durch den Durchlüftungsabstand, seitlich Lichtschlitze ergeben. Um Fensterbeschläge herum können Ausnehmungen erfolgen.

### Lichttransmissionsgrad

Der Lichttransmissionsgrad eines Gewebes, der für gewöhnlich vom Hersteller angegeben wird, ist aus konservatorischer Sicht der wichtigste Indikator bei der Planung des Lichtschutzkonzeptes und der Auswahl des Lichtschutzgewebes. Zusätzlich zum Transmissionsgrad ist für gewöhnlich auch der openness factor (OF) oder Öffnungsfaktor genannt. Dieser beschreibt die Maschenöffnungsgröße des Gewebes, also den Anteil der „Löchlein“, durch die man durchsehen kann. Bei einem OF von 1 % sind 99 % der Fläche verdeckt und 1 % offen. Je größer der OF, desto besser ist die Durchsicht, es dringt aber auch mehr Licht ein.

Bei höchsten Schutzanforderungen (max. 50 Lux) ist ein Transmissionsgrad von 1-2 % angeraten. Hier kommen nur



8 Residenz München, Königsbau, Fassade zum Max-Joseph-Platz, Nibelungensäle, Thermografieaufnahme der unterschiedlich farbigen Gewebe mit ihren Absorptionseigenschaften. Die dunkleren Gewebe heizen sich stärker auf, die helleren reflektieren die auftreffende Strahlung in Teilen wieder nach außen.



9 Aschaffenburg, Schloss Johannisburg. Der Screen ist an hervorkragenden Metallhaken im Fensterstock befestigt sowie oben und unten über einen Tunnelzug an einem Stab fixiert.





10 Landshut, Burg Trausnitz, Säle der Wirkteppiche. Trotz starker Abdunkelung bleibt die Fenstergliederung noch ablesbar, auf der Tapiserie werden in Fensternähe auch bei direkter Sonneneinstrahlung keine 50 Lux erreicht. Eine Vollverdunkelung mit einem Black-Out-Stoff oder einer Kartonplatte wirkt dagegen im Denkmalkontext oft unangebracht.



11 Schloss Neuschwanstein, Palas, Sängersaal. Das montierte Screengewebe hat eine Transmission von 5 %, wegen des openness factors von 4 % ist die Durchsicht nach draußen trotzdem noch gut.

12 Lichttransmissionsgrade von Lichtschutzscreens und deren Auswirkungen. Die Transmissionsgrade sind den Herstellerangaben entnommen, die Aussagen zur Schutzwirkung und Erscheinung der Screens beruhen auf Erfahrung und eigenen Messreihen.

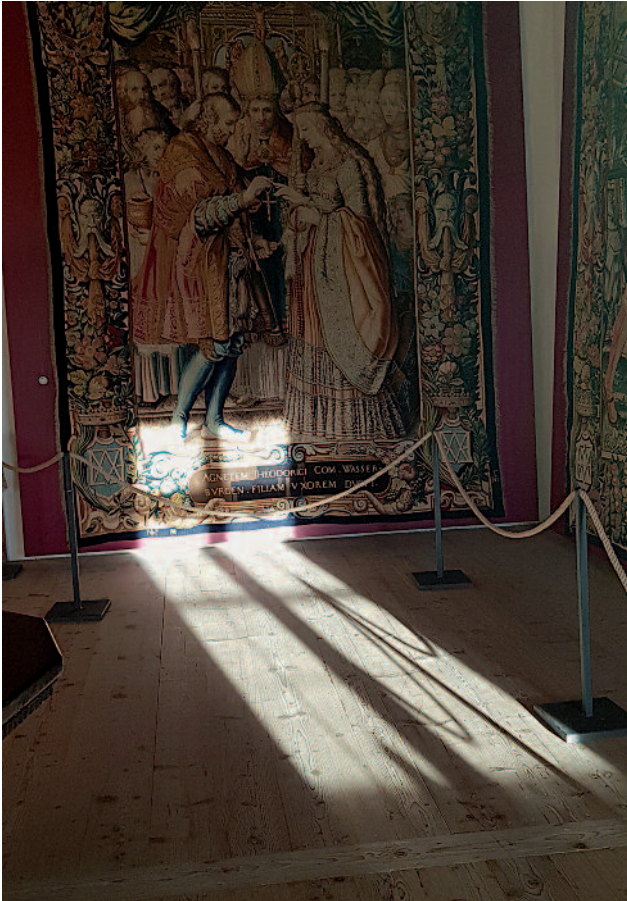
blickdichte Varianten, also ein OF von 0 %, in Frage. Die oft aufwendige Fenstergliederung durch Sprossen und einzelne Fensterflügel kann dennoch als Schatten ablesbar bleiben (Abb. 10).

Transparente Screens, also solche mit Durchsicht nach draußen, beginnen bei ca. 5 % Transmission (Abb. 11). In den Liegenschaften der Bayerischen Schlösserverwaltung werden in den historisch ausgestatteten Räumen hauptsächlich Gewebe mit einem Transmissionsgrad von 5–8 % und einem OF von bis zu 4 % eingesetzt. An Objekten, die 3–4 m vom Fenster entfernt stehen und die somit nur indirekt beleuchtet werden, ergibt sich eine maximale Belichtungsstärke von 150–200 Lux (Abb. 12). Die Lichtstärke verringert sich in den Raum hinein massiv, mit jedem Meter Entfernung vom Fenster nimmt sie um das Quadrat des Abstandes ab. Grundlage für die Berechnung ist das photometrische Entfernungsgesetz: Wenn man die Fensterebene mit dem Screen als Ebene 1 annimmt, ist bei 1 m Abstand vom Fenster (Ebene 2) die Beleuchtungsstärke  $\frac{1}{2}$ -mal so groß, bei 2 m Abstand (Ebene 3)  $\frac{1}{9}$ -mal so groß, nach 3 m (Ebene 4) Abstand  $\frac{1}{16}$  usw. In der Tiefe des Raumes kommt so gut wie kein indirektes Tageslicht mehr an, wie bereits oben beschrieben, daher ist eine zusätzliche künstliche Beleuchtung unbedingt nötig.

Schutzvorgaben	Transmissionsgrad	Wirkung
Max. 50 Lux	< 3%	Intransparent, fast vollverdunkelt, Nachführung Kunstlicht zwingend
Max. 250 Lux	5% - 12%	Transparent, Nachführung Kunstlicht zwingend
Vermeidung von Überblendung, Klimastabilisierung	12% - 30%	Transparent, Nachführung Kunstlicht im Einzelfall zu entscheiden

Allerdings können in den Sonnenflächen, also den Flächen, auf denen das einfallende Restsonnenlicht direkt auftrifft, deutlich höhere Werte anfallen. Bei der ungefilterten Einstrahlung von Tageslicht können Beleuchtungsstärken bis zu 100000 Lux erreicht werden, die 5 % Resttransmission durch den Screen kann also im schlimmsten Fall noch 5000 Lux betragen. Unbedingt zu beachten ist hierbei der Sonnen-





13  
Landshut, Burg Trausnitz, Säle der Wirkteppiche. Screen mit Durchblick und Lichttransmission von nur 5 % sowie relativ hohem openness factor von 4 %. Bei niedrigem Sonnenstand kommt es zum Anstieg der Beleuchtungsstärke auf über 5000 Lux. Die Jahresdosis von 15000 Lux/h pro Jahr war schon nach 4 Monaten aufgebraucht. Der Screen musste ausgetauscht werden.

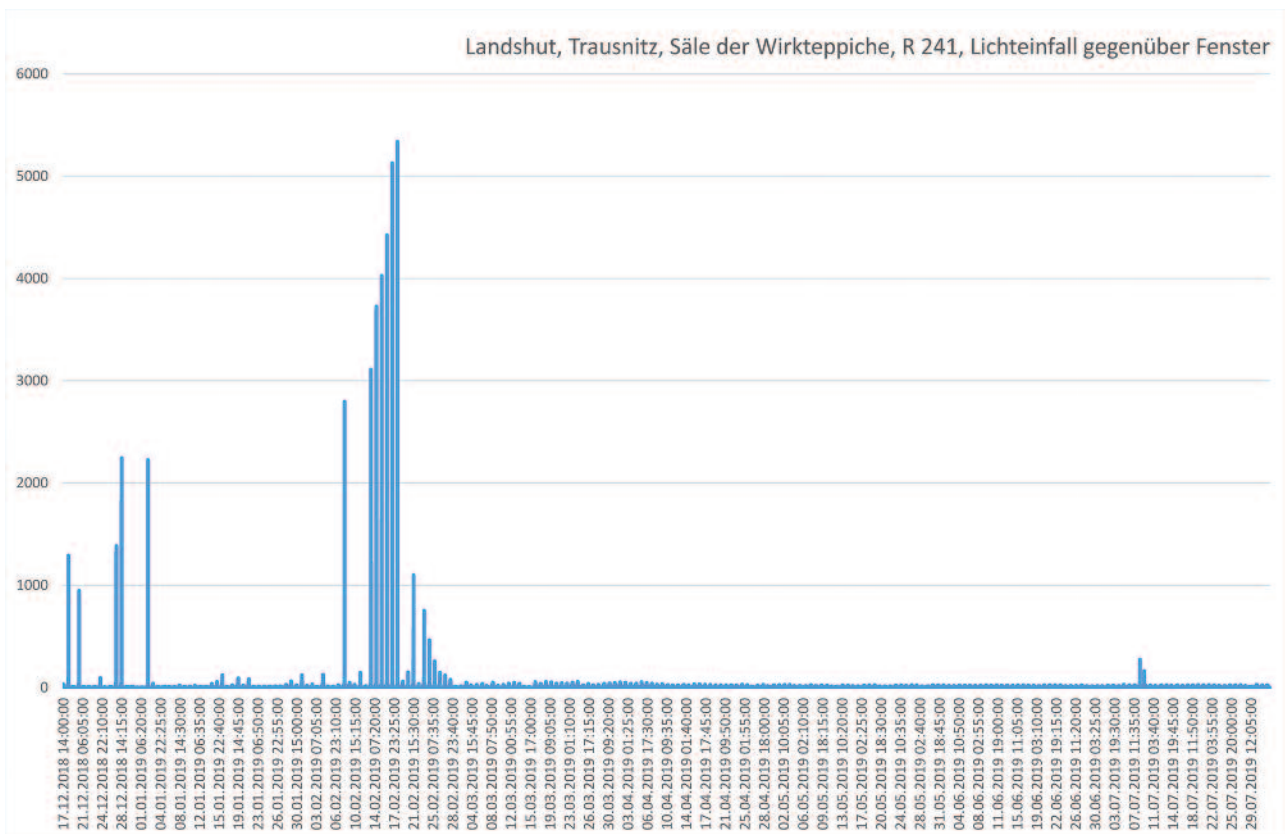
stand. Bei Räumen mit einer Ausrichtung der Fenster nach Osten oder Westen muss der tiefe Sonnenstand am Morgen und Abend berücksichtigt werden. Bei Räumen nach Süden kann bei niedrigem Sonnenstand im Winter das Sonnenlicht tief in den Raum hineingelangen und lichtempfindliche Objekte erreichen. Auch wenn die direkte Belichtung nur an wenigen Tagen im Jahr erfolgt, kann die empfohlene Jahresdosis<sup>8</sup> bei empfindlichen Objekten schnell überschritten sein (Abb. 13 und 14).

### Farbauswahl

Die Farbauswahl bei den Screens beeinflusst das innere und das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes, wie bereits oben angesprochen. Es empfiehlt sich, einen Grundton zu wählen, in der Bayerischen Schlösserverwaltung hat sich ein warm-toniges Anthrazit als Standard durchgesetzt.

Oftmals ändern sich die Lichtschutzanforderungen von Raum zu Raum, der Festsaal eines Schlosses, der meist aus lichtunempfindlichem Stuck und Wandflächen besteht, kann stär-

14  
Landshut, Burg Trausnitz, Säle der Wirkteppiche, Lichtmessung. Der Lichtlogger (Driesen + Kern DK361 LuxLog ruggedPlus) ist in Abb. 13 links im Bild neben dem Wirkteppich zu sehen. Das Diagramm zeigt die Meßwerte nach der Umplatzierung des Loggers an den unteren Rand der Tapiserie in den lichtbeschieenen Bereich.



15

Neues Schloss Schleißheim, Ostfassade, Bemusterung von Lichtschutzscreens, obere Fensterreihe mit unterschiedlich farbigen Lichtschutzscreens, die darunterliegende ohne Verschattung. Die Eigenfarbigkeit des Behangs beeinflusst die Fassadenansicht.



ker belichtet werden als zum Beispiel ein historisches Schlafzimmer mit textilen Wandbehängen und Baldachin. In solch einem Fall werden Screens mit unterschiedlichen Transmissionsgraden, aber gleicher Farbigkeit benötigt, um die Fassadenansicht von außen homogen erscheinen zu lassen. Es empfiehlt sich, einen Hersteller zu wählen, der Produktserien im gleichen Farbton bei unterschiedlichen Transmissionsgraden im Angebot hat (Abb. 15).

### Fazit

In der Bayerischen Schlösserverwaltung hat sich nach langjähriger Erfahrung und vielerlei Versuchen die Kombination von UV-Schutz-Adhäsionsfolie und dunklem Screen als Norm etabliert. Bei der Wahl des Transmissionsgrades und somit dem Grad der Abdunkelung sind alle Fachdisziplinen zu hören und die oft weitreichenden Folgen zu bedenken. Die fachlichen Entscheidungen bedürfen der Vermittlung an Personal und Besucher. Nur so kann eine umfassende Akzeptanz der Lichtschutzmaßnahmen erreicht und in Zukunft flächendeckend ein guter Standard erreicht werden.

Dipl.-Rest. Tina Naumović  
 Leiterin des Fachbereiches Präventive Konservierung im Restaurierungszentrum der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen  
 Schloss Nymphenburg  
 Eingang 16  
 80638 München  
 tina.naumovic@bsv.bayern.de

### Anmerkungen

- 1 SANDWITH/STAITON 1991, S. 15–17
- 2 WHATMAN 1776, S. 54
- 3 KRÜCKMANN 2019, S. 39–40
- 4 Ähnlich verhielt es sich mit Ausstattungen in Kirchen, wie z. B. textilen Antependien oder gefassten Reliquien, z. B. prunkvoll gekleidete „Hl. Leiber“, die nur an bestimmten Feiertagen gezeigt wurden und während des restlichen Jahres durch Holztafelgemälde verdeckt waren.
- 5 Siehe Mollier-h,x-Diagramm (Enthalpie-Wasserbeladungs-Diagramm) oder den praktischen Online-Luftfeuchterechner <https://rechneronline.de/barometer/luftfeuchtigkeit.php>
- 6 Elektromagnetische Wellen zwischen 380 und 400 nm sind kaum mit dem Auge wahrnehmbar und sehr energiereich, hochwertige UV-Schutzfolien bieten ausreichenden Schutz auch gegen diesen Spektralbereich, siehe SPRINGER 2008, <https://cool.culturalheritage.org/waac/wn/wn30/wn30-2/wn30-204.pdf>, zuletzt aufgerufen am 13.11.2020.
- 7 <https://www.plexiglas.de/files/plexiglas-content/pdf/verarbeitungsrichtlinie/311-8-PLEXIGLAS-Verlegeanleitung-DE.pdf>, S.34
- 8 Nach CEN TS 16163:2014 bei lichtempfindlichen Objekten 15000 Lux/h pro Jahr

### Literatur

- KRÜCKMAN ET AL. 2019: Peter O. Krückmann, Johannes Erichsen, Cordula Mauß, Kurt Grübl, Die Eremitage in Bayreuth, 2. aktualisierte Auflage, München 2019, S. 39–40
- SANDWITH/STAITON 1991: Hermione Sandwith, Sheila Staiton, The National Trust Manual of Housekeeping, London 1991, S. 15–17
- SPRINGER 2008: Samantha Springer, UV- and Visible Light Filtering Window Films, WAAC (Western Association for Art Conservation), Newsletter, Vol. 30, Num. 2, May 2008
- WHATMAN 1776: Susanna Whatman, Her Housekeeping Book (1776–1789). In: Sarah Staniforth (Hrsg.), Historical Perspectives on Preventive Conservation, Los Angeles 2013

### Abbildungsnachweis

Abb. 1, 2, 4–6, 8–15: Tina Naumović, Bayerische Schlösserverwaltung  
 Abb. 3 und 7: Christoph Wenzel, Bayerische Schlösserverwaltung