

Technische Universität München

Risikoabschätzung als ein Werkzeug der präventiven Konservierung

Dargestellt am Beispiel der Schack-Galerie, München

Diplomarbeit

Studiengang
Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft

erstellt von

Marcus Herdin

März 2002

1. Prüfer: Prof. Erwin Emmerling
2. Prüfer: PD Dr. Andreas Burmester

Danksagung

Mein Dank gilt allen, die mir bei der Erstellung dieser Diplomarbeit behilflich waren.

Vor allem die vielen Gespräche mit Dr. Burmester waren sehr wertvoll und lehrreich. Ohne die Bereitstellung der finanziellen Mittel seitens der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen hätte die Arbeit nicht in dieser Art durchgeführt werden können.

Sehr angenehm war die Zusammenarbeit mit Herrn Laudenbacher, Frau Poggendorf und Dr. Rott. Mein weiterer Dank gilt dem Personal der Schack-Galerie, namentlich Frau Hinz, Herrn von Meer und Herrn Pleintinger.

Danken möchte ich ebenso meinen Kommilitonen für die Durchführung der Dichtigkeitsmessungen: Sonja Krug, Gisela Trosbach, Tim Bechthold, Felix Horn, Jörg Klaas und Roland Ulmer. Ebenso danke ich für das gute Arbeitsklima im Doerner-Institut Andrea Obermeier, Heide Skowranek, Ursua Baumer, Lars Raffelt und Christoph Krekel.

Ich danke meiner Frau Sylvie für ihre große Geduld, vor allem zum Ende der Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Risikoabschätzung im Bereich Konservierung/Restaurierung	3
3. Geschichte der Galerie	7
3.1 Graf Schack und seine Sammlung	7
3.2 Geschichte des Gebäudes.....	9
4. Planung der Risikoabschätzung	15
5. Beschreibung der aktuellen Situation	16
5.1 Sammlung.....	16
5.2 Gebäude	19
5.2.1 Allgemein.....	19
5.2.2 Innenausstattung.....	21
5.2.3 Technische Ausstattung	21
5.2.4 Luftwechsel-/Dichtigkeitsmessung.....	24
5.3 Risikofaktoren.....	29
5.3.1 Licht	29
5.3.2 Klima.....	35
5.3.3 Luftschadstoffe.....	42
5.3.4 Staub.....	49
6. Zusammenfassung und Empfehlungen	62
6.1 Zusammenfassung.....	62
6.2 Empfehlungen.....	63
7. Literaturverzeichnis	73
8. Anhang	
Adressen und Kostennachweise.....	1
Meßdaten der Dichtigkeitsmessung.....	3
Meßdaten der Schadstoffuntersuchungen.....	4
Klimabewertung Raum 3	5
Klimabewertung Raum 10	11
Klimabewertung Raum 16.....	17

Einleitung

Die Einführung in die Denkweise der ‚präventiven Konservierung‘ während des Studiums weckte das Interesse sich eingehender mit der Thematik zu befassen. Faszinierend ist der ganzheitliche Ansatz dieses Bereiches in der Konservierung/Restaurierung von Kunst- und Kulturgut. Durch eine ‚Risikoabschätzung‘ kann die Vielzahl der verantwortlichen Ursachen für eine Gefährdung von Kunstgegenständen berücksichtigt und beschrieben werden.

Da das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit die Vorstellung einer praktisch durchgeführten Risikoabschätzung ist, wurde von einer zu tiefgreifenden theoretischen Aufarbeitung des Themas abgesehen. Aus der großen Anzahl theoretische Ansätze wurden die Aspekte herausgegriffen, die zur Klärung der praktischen Durchführung notwendig waren und zudem einen zielgerichteten Einblick in die Thematik lieferten. Die Risikoabschätzung wurde für die ausgestellten Gemälde in der Schack-Galerie (München) durchgeführt.

Was nun die inhaltliche Vorgehensweise der Arbeit anbelangt, so wird zunächst kurz geklärt, was unter den Begriffen *Präventive Konservierung* und *Risikoabschätzung* im Bereich der Konservierung/Restaurierung zu verstehen ist. Die präventive Konservierung hat einen ganzheitlichen Ansatz und ist als kontinuierlicher Prozeß zu verstehen. Ebenso steht eine Risikoabschätzung nicht für sich alleine, sondern ist eingebunden in ein komplexes Handlungssystem oder -schema, welches den gesamten Bereich ‚Museum‘ mit seinen Teilbereichen Sammlung, Ausstellung, Depot, Leihgaben, Konservierung/Restaurierung, Verwaltung etc. betrifft.

Im Anschluß an die Begriffserklärung erfolgt ein Abriß zur Geschichte und Bedeutung der Schack-Galerie. Dieses Kapitel umfaßt eine kurze Biographie des Sammlers, die Geschichte der Sammlung sowie eine kurze Darstellung der Baugeschichte.

Dem Abriß zur Geschichte und Bedeutung der Galerie schließt sich der wichtigste Teil der vorliegenden Arbeit an: die Risikoabschätzung für die Schack-Galerie. Im ersten Kapitel dieses Abschnittes, der ‚Planung der Risikoabschätzung‘ werden Vorgaben und Ziele beschrieben. Die relevanten Risikofaktoren werden festgelegt und die beteiligten Personen genannt.

Das sich daran anschließende Kapitel der ‚Beschreibung und des heutigen Bestandes‘ ist in die drei Schwerpunkte ‚Sammlung‘, ‚Gebäude‘ und ‚Risikofaktoren‘ unterteilt. Im Unterkapitel zu den Risikofaktoren wird jeweils die Auswahl der durchgeführten Untersuchungen begründete und erläutert sowie deren Aussagekraft untersucht.

Im letzten Kapitel werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefaßt, bewertet und gewichtet und führen zu Empfehlungen.

Das Literaturverzeichnis gliedert sich in zwei alphabetisch geordnete Teile. Im ersten sind gedruckte Medien aufgelistet, im zweiten Teil sind die Internetadressen verwendeter Quellen aus dem ‚World Wide Web‘ angegeben.

Risikoabschätzung im Bereich Konservierung/Restaurierung

Die *präventive Konservierung* gewinnt seit den 1990er Jahren wieder mehr an Bedeutung.¹ Auf eine eindeutige Definition hat man sich noch nicht einigen können, doch sind Vorschläge für eine europäische Strategie zur Präventiven Konservierung im *Dokument von Vanta* im September 2000 verabschiedet worden. Folgende Aussagen können gemacht werden, zu denen ein allgemeiner Konsens besteht.

Unter dem Begriff präventive Konservierung sind jene Maßnahmen zu verstehen, die Kunstwerke vor Schäden bewahren oder die Möglichkeit der Schädigung reduzieren. Dazu zählt vor allem, die Umgebungsbedingungen für die Kunstwerke so günstig wie möglich zu gestalten, um die Ursachen von Schädigungen zu minimieren und das Fortschreiten der Alterung generell zu verlangsamen.

Die präventive Konservierung hat einen ganzheitlichen Ansatz und ist als kontinuierlicher Prozeß zu verstehen. Das bedeutet, sämtliche Faktoren werden betrachtet, bewertet, zu Gunsten der Kunstwerke verbessert und fortlaufend beobachtet. Zu diesen Faktoren zählen Klima (Temperatur und Feuchte), Licht bzw. die gesamte elektromagnetische Strahlung, gasförmige, feste und flüssige Schadstoffe, mechanische Belastungen sowie Umgang, Nutzung und Pflege der Kunstwerke.

Der ganzheitliche Ansatz und die Kontinuität sind der grundlegende Unterschied zur intervenierenden oder invasiven Konservierung/Restaurierung. Diese gliedert sich in die bekannten Fachbereiche. Ihr Ziel ist es möglichst einmalige Maßnahmen durchzuführen.

Präventive Konservierung konzentriert sich auf Sammlungen eher als auf Einzelkunstwerke. Sie versucht direkte konservatorische oder gar restauratorische Eingriffe zu vermeiden.²

Um überhaupt Entscheidungen treffen zu können, ist es notwendig sich der aktuellen Situation, in der sich die Kunstwerke befinden bewußt zu sein und diese zu bewerten. Die notwendigen Erkenntnisse sind durch eine *Risikoabschätzung* zu erhalten. Auch dieser Begriff entzieht sich noch einer eindeutigen Beschreibung. In der englischsprachigen Literatur werden die Begriffe *risk assessment*³ und *conservation assessment*⁴ nahezu gleichbedeutend verwendet. Risk assessment scheint jedoch mehr an einer wirtschaftlichen Denkweise ausgerichtet zu sein, als das beim Conservation assessment der Fall ist.

Im Wesentlichen ist eine Risikoabschätzung eine umfassende Beschreibung und Bewertung verschiedenster, für die jeweiligen Kunstwerke bedeutender Schadensfaktoren. Der entscheidende Unterschied zum heutigen Umgang mit derartigen Informationen (Daten zu Klima-, Licht-, und Schadstoffen) liegt in der eben umfassenden Betrachtungsweise. Begründet ist diese in der Berücksichtigung der Komplexität von Schadensmechanismen, der Vielzahl der dafür verantwortlichen Ursachen und von Synergieeffekten von Schadensfaktoren.⁵

¹ ROSE (1999, www).

² vgl. hierzu: LEVIN (1992, www.).

³ vgl. hierzu: a) WALLER (1994); b) ASHLEY-SMITH (1999).

⁴ vgl. hierzu: a) GETTY (1999, www); b) HCC (1999, www), Vol. 1.

⁵ vgl. hierzu: a) ASHLEY-SMITH (1999), S. 180 ff.; b) RYHL-SVENDSEN (2001), S. 613.

Die Hauptteile einer Risikoabschätzung sind die Planung, Durchführung und der Bericht. Die weitere Untergliederung kann unterschiedlich sein. Wichtig sind hierbei die Untersuchungen von Standort und Gebäude, Umweltbedingungen (extern und intern) sowie der Sammlung oder des Kunstwerkes selbst.

Die Zusammenhänge sind aus dem folgenden Diagramm zu ersehen.

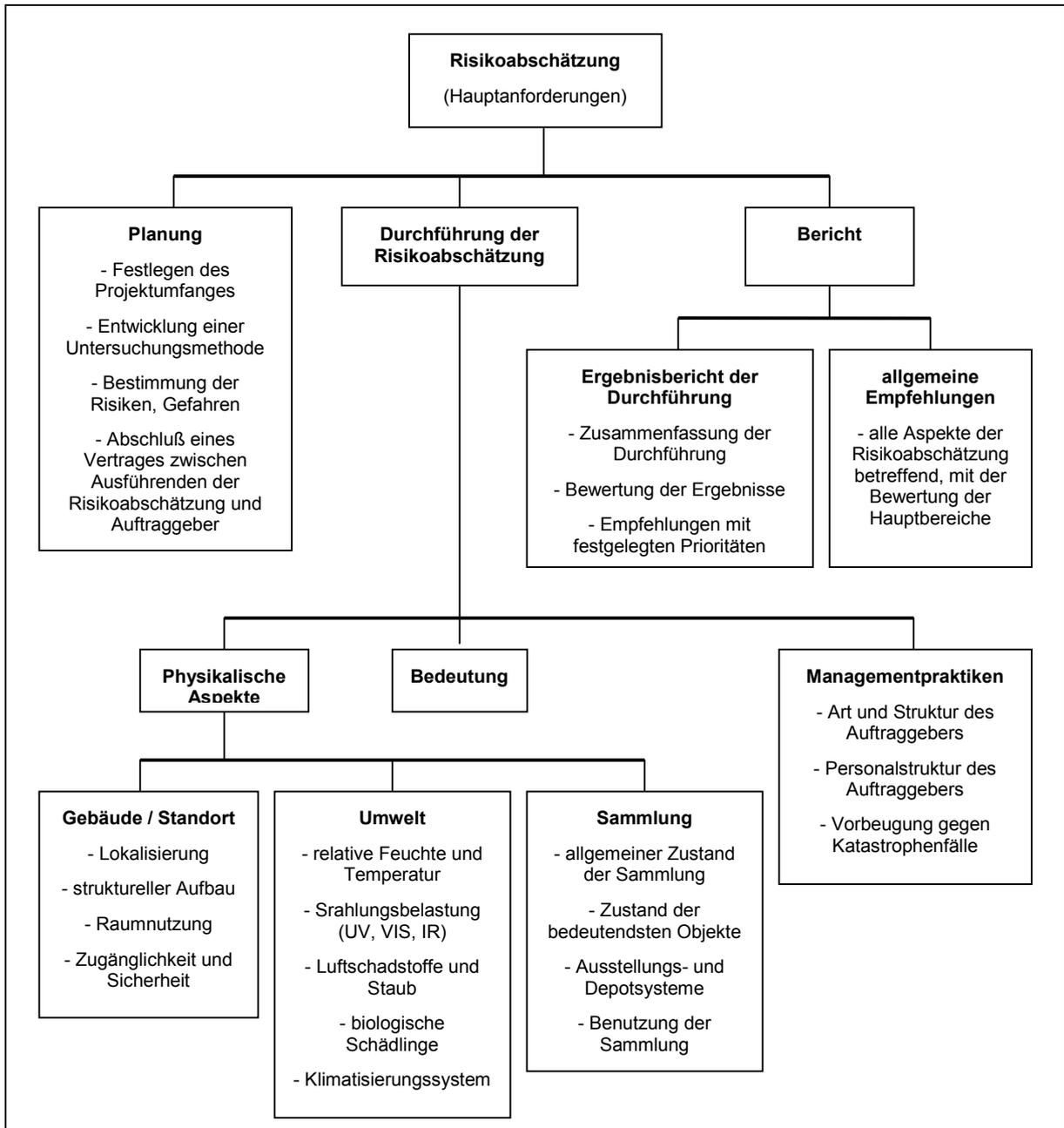
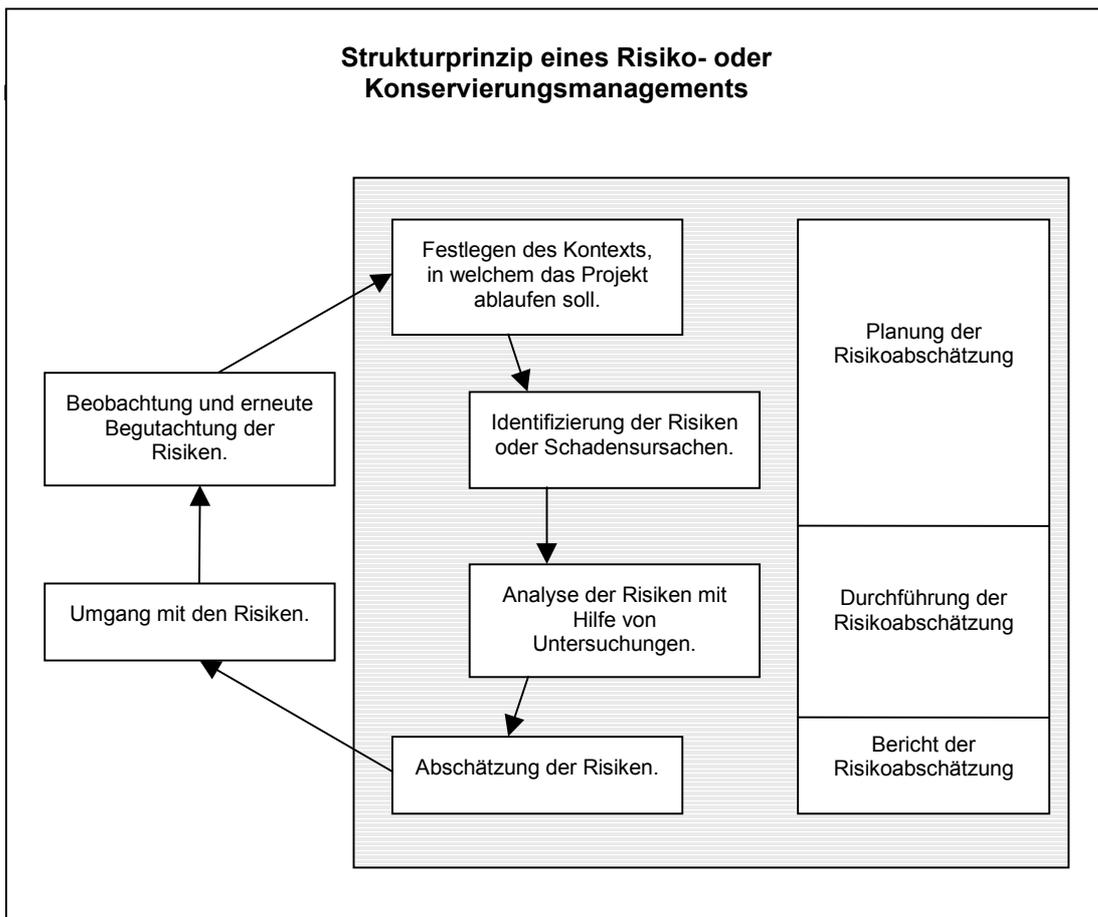


Diagramm 2.1: Übersicht von Zusammenhängen innerhalb der Struktur einer Risikoabschätzung.⁶

⁶ Mit Verwendung von a) HCC (1999), S. 10; b) ASHLEY-SMITH (1999), S. 21.

Eine Risikoabschätzung ist eingebettet in einem *Risiko- oder Konservierungsmanagement*. Dieses dient der Verwirklichung und Weiterführung von präventiven Vorhaben die in einem ‚Konservierungs- und Bewahrungs-Plan‘ formuliert sind. Die Struktur und der Ablauf eines Risiko- oder Konservierungsmanagements kann in sechs Schritte unterteilt werden und beinhaltet in den ersten vier Punkten den Prozeß der Risikoabschätzung.⁷

Wichtig ist der Zirkelschluß, damit die Situation des Kunstwerkes oder der Sammlung fortlaufend beurteilt und im Bedarfsfall schnell reagiert werden kann.



⁷ HCC (1999), S. 4 ff.,

Eine Risikoabschätzung sollte von einer Arbeitsgruppe durchgeführt werden. Teamwork mit interdisziplinärer Zusammenarbeit ist notwendig, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Bezogen auf eine Sammlung, sollte eine solche Arbeitsgruppe für eine Risikoabschätzung aus Mitgliedern folgender Fachbereiche bestehen:

- ein Restaurator
- Bauverwaltung
- Nutzer: Personen, deren Arbeit direkt mit der Leitung oder Betreuung der Sammlung zu tun hat (Konservierung/Restaurierung, Haustechnik, Referenten, Kuratoren) oder indirekt diese Bereiche beeinflusst (z. B. Reinigungskräfte, Aufsichtspersonal).

In manchen Fällen wird es notwendig sein, zusätzlich externe Fachleute zu Rate zu ziehen. Beispielsweise Bauingenieur oder Architekt für Berechnungen der Wärme- oder Kühllasten, Lichttechniker für die Lichtplanung etc.

Die Hauptverantwortung und Koordinierung bezüglich des Sammelns und der Auswertung der Informationen sollte beim Restaurator liegen. Vom Verantwortlichen sind abschließend der Bericht zu erstellen und Empfehlungen auszusprechen.

Eine Risikoabschätzung wird von einem Einzelkunstwerk, über eine einheitliche Sammlung hin zu einer gemischten Sammlung immer umfangreicher und schwieriger. Aus der Praxis ist es bekannt, daß man mit der Zunahme unterschiedlicher Materialarten und -gefüge weitreichendere Kompromisse bezüglich verschiedener Schadensfaktoren eingehen muß. Das Gleiche gilt bei einer Risikoabschätzung für die Bewertung der gesammelten Informationen und Empfehlungen.

Die Struktur von Risikoabschätzungen mag mehr oder weniger gleich bleiben, die einzelne Abschätzung ist jedoch immer im Kontext des Kunstwerkes oder der Sammlung im jeweiligen Kulturbereich zu verstehen.⁸

⁸ Eine tiefere Darstellung der Theorie zu Risikoabschätzungen und ihrer Durchführung oder Anwendung ist in der Diplomarbeit von Yngve Magnusson, TU München, 2002 nachzulesen.

3. Geschichte der Schack-Galerie

3.1 Graf Schack und seine Sammlung⁹

Adolf Friedrich von Schack wurde am 2. August 1815 in Schwerin in Mecklenburg geboren. Ab 1830 besuchte er das Pädagogium in Halle. 1833-1838 studierte Schack Rechtswissenschaften in Bonn, Heidelberg und Berlin. Im Jahre 1833 begannen Schacks Auslandsreisen, durch die er mit Spanien, Italien und dem Vorderen Orient mit den Jahren vertraut wurde.

1838 trat er in Berlin in den Preußischen Staatsdienst ein und wurde Referendar am dortigen Kammergericht. 1844 stieg er zum Legationsrat und 1848 zum diensttuenden Kammerherrn des Großherzogs auf. 1845 erschienen Schacks erste literarische Veröffentlichungen, denen im Laufe der Zeit weitere Übersetzungen und Verdeutschungen folgten. Die Ernennung zum Mecklenburgischen Bevollmächtigten im Verwaltungsrat des Dreikönigs-Bündnisses erfolgte im Jahre 1849. 1850 wurde Schack Mitarbeiter der Mecklenburgischen Gesandtschaft in Berlin und später deren Geschäftsführer. Auf eigenen Wunsch trat Schack November 1851 aus dem Staatsdienst aus.

Nach dem Tod des Vaters im Jahre 1852 zog sich Schack auf seine Güter in Mecklenburg zurück. Auf Einladung Maximilians II. verbrachte Schack die Jahre 1857-1872 weitgehend in München, wohin er 1856 übersiedelte. Der Ruf erging aufgrund Schacks Funktion als Dichter und Übersetzer.

Später kehrte er nach Auslandsaufenthalten, vorwiegend in Italien, immer wieder dorthin zurück. 1876 erwarb Schack die erbliche preußische Grafenwürde von Kaiser Wilhelm I.¹⁰

Die letzten zwei Jahrzehnte seines Lebens verbrachte Schack, inzwischen sehbehindert, pendelnd zwischen Italien, Schwerin und München.

1887 trat Schack aus politischen Gründen aus dem Maximiliansorden aus. Am 14. April 1894 verstarb Schack in Rom. Er wurde im Familiengrab in Stralendorf bei Schwerin beigesetzt.¹¹

Schacks Lebensplan entwickelte sich durch Reisen, Dichten, Übersetzen, Studieren und Sammeln von Kunstwerken. Jede dieser Komponenten war von Einfluß auf die anderen. Für die Beurteilung seiner Sammlung ist deshalb der Kontext seines Lebens und Schaffens unerlässlich.

Schack baute seine Sammlung in 17 Jahren auf. Seine erste Erwerbung war 1857 ein Gemälde von Bonaventura Genelli (Inv.Nr. 114 42). 1874 konnte die Sammlung mit etwa 180 Originalen und 64 Kopien weitgehend als abgeschlossen angesehen werden. Die Sammlung wurde von Schack noch bis 1894 erweitert auf 190 Werke und 85 Kopien nach alten Meistern.

⁹ Vgl. im folgenden, falls nicht anders vermerkt, POPHANKEN (1995).

¹⁰ BILLETTER (1994), S. 205 ff.

¹¹ BILLETTER (1994), S. 211 f.

Schacks Sammlung beinhaltet neben den Gemälden vier Kartons und 45 Handzeichnungen. Die vier Kartons befinden sich heute im Landesmuseum Schwerin, die Zeichnungen verwahrt die Staatliche Graphische Sammlung München.

Die Zusammenstellung von Originalen und Kopien innerhalb der Sammlung bildet eine feste Einheit. Das Ausstellungskonzept bestand in der Gegenüberstellung der alten Kunst in Form der Kopien und der modernen Kunst. Die Moderne sollte sich in diesem ‚Paragone‘ beweisen, die zeitgenössischen Künstler wie Böcklin, Feuerbach, Genelli oder Schwind wurden an den Kopien nach alten Meistern wie Giorgione, Tizian, Veronese oder Tintoretto gemessen. Das Sammeln von Kopien erschien in dieser Zeit nicht ungewöhnlich. Durch den Ankauf von Werkgruppen einzelner, damals vernachlässigter Künstler ist deren Werdegang nachzuvollziehen. Schack konzentrierte sich dabei auf die idealistische Malerei der Spätromantiker und realistischen Ansätze der Deutschromer.

Besonders erwähnt seien die Maler, von denen Schack Werkgruppen angekauft hat. Ihre stilistische Einteilung dient der Gliederung der Sammlung. Maler wie Schnorr von Carolsfeld, Bernhard Stange, Adolf Stademann, Markus Larsson und einige weitere, von denen nur singuläre Ankäufe getätigt wurden, sind nicht berücksichtigt.

Eine Sonderstellung hat Bonaventura Genelli, zu dem Schack sehr engen Kontakt hatte. Da Genelli nicht auf seine künstlerische Freiheit bedacht war, konnte Schack großen Einfluß auf die Ausführung der Gemälde nehmen. Genelli, der hauptsächlich Zeichner war, hatte bei der malerischen Umsetzung Probleme, lieferte Schack aber dennoch großformatige Kompositionen. Schack verteidigte die Werke gegen alle Kritik von außen.

Zu den Frühromantikern zählen Johann Georg Dillis, Joseph Anton Koch, Franz Catel, Joseph Rebell und Karl Rottmann. Mit den Ankäufen deren Werke legte Schack die Ausgangspunkte für die größere Sammlung zeitgenössischer Kunst, der spätromantischen Landschaftsmalerei an. Die Werke sind posthum angekauft worden.

Bei den Spätromantikern sind Moritz von Schwind, Joseph von Führich, Edward Jacob von Steinle, Eugen Napoleon Neureuther und Carl Spitzweg zu nennen. Die Gemälde hat Schack wegen der Motivik des Dargestellten nach poetischen Vorlagen gesammelt. Die literarische Thematik hatte Vorrang gegenüber der malerischen oder künstlerischen Qualität.

Die Landschaftsmaler sind durch Fritz Bamberger, Carl Morgenstern und Eduard Schleich vertreten. Die qualitätvollen Landschaftsdarstellungen der Münchener Schule waren für Schack vor allem Erinnerungsbilder. Zu dieser Gruppe von Gemälden sind ebenso die Arbeiten von Eduard Gerhardt, Christian Morgenstern, von Fries, Ernst Willers, Albert Zimmermann und Karl Millner zu zählen.

Zu den Deutschrömern sind Arnold Böcklin, Anselm Feuerbach, Friedrich Preller d. Ä. und Franz Dreber zu rechnen. Trotz der deutlichen künstlerischen Vielfältigkeit und Verschiedenheit verbindet die Werke die gemeinsame Auseinandersetzung mit der Antike und der Renaissance sowie die Motivwahl. Die Wertschätzung und Anerkennung der Schack-Galerie als bedeutende Sammlung ist wesentlich auf die Präsentation der Deutschrömer zurückzuführen.

Als Kopisten waren für Schack Franz von Lenbach, Hans von Marées und August Wolf tätig. Die unterschiedliche Qualität der Kopien resultiert aus dem unterschiedlichen Selbstverständnis der ausführenden Künstler. Während Franz von Lenbach und Hans von Marées Maler waren, sind August Wolf, Karl Schwarzer und Daniel Penther als Berufskopisten zu betrachten. Die Einflußnahme Schacks auf deren Arbeiten ist nicht zu unterschätzen.

3.2 Geschichte des Gebäudes

Das Galeriegebäude befindet sich in München an der Prinzregentenstraße. Es bildet mit der ehemaligen preußischen Gesandtschaft einen großen Baukörper mit organisch getrennten Bauteilen. Die Schack-Galerie erstreckt sich über drei Etagen.

Der einzige Hinweis auf die Bauweise findet sich auf einer Plankopie unbekannter Herkunft. Die Konstruktion wird als ‚Massivkonstruktion‘ mit vorgeblendeten Fassaden in gelbgrünem Zeiler-Mainsandstein beschrieben. Man kann davon ausgehen, daß es sich bei der Massivkonstruktion um ein Ziegelmauerwerk handelt, da ein Bruchsteinmauerwerk zu teuer gewesen wäre.¹²

In der Literatur finden sich keine näheren Angaben zum Bau. Die Baugeschichte der Galerie konnte nicht lückenlos erarbeitet werden, doch hat sich ein etwas geschlosseneres Bild ergeben. Die Recherche stützte sich auf die unten genannten Quellen und Kopien aus Zeitschriften oder von Zeitungsausschnitten unbekannter Herkunft.

Aus diesem Grund wurde für diesen Abschnitt eine andere Art des Quellennachweises gewählt. Die Quellen erscheinen der Übersichtlichkeit halber nicht im allgemeinen Literaturverzeichnis. Der stichpunktartige Aufbau dient dem schnelleren Überblick.

¹² Mündliche Mitteilung vom Januar 2002 von Prof. Dr. Wolf Koenigs (Lehrstuhl für Baugeschichte, TU München).

1907-1909

Die Erbauung erfolgte durch das Baugeschäft Heilmann & Littmann (Architekt Professor Max Littmann). Die Bauweise wird als Massivkonstruktion beschrieben, mit Fassaden in gelbgrünem Zeiler-Mainsandstein.¹³ Erwähnt ist die Fertigung der Haupttreppe aus Eisenbeton.¹⁴

Die Einweihung fand am 18. September 1909 statt.¹⁵

Die Innenräume werden wie folgt beschrieben:

Heutiger Schack-Saal: Es gibt zwei Durchgänge (Holztüren) zu Musik- und Speisesalon und zwei auf die Terrasse (Holztüren). Der Erker mit Tonnengewölbe zum Innenhof ist heute abgetrennt und als Küche umgestaltet. Der Saal besaß drei Oberlichte.

Erdgeschoß: Der Boden war kleinteiliger gefliest. In der Quelle gibt es die Nennung der beteiligten Firmen und Grundrißpläne von Erdgeschoß und 1. OG.¹⁶

Alle Räume besitzen einfache Stoffbespannungen, lediglich der Lenbach-Saal [heutiger Schack-Saal] ist mit reicherer Dekoration ausgestattet.¹⁷

Es gibt auch Kritik an der Farbigkeit der Räume: Die Werke Schwinds hängen auf grauem Rupfen, den Werken Tizians schade das Grün der Wandbespannung und das 2. Obergeschoß ist unerträglich ‚himbeerlimo‘-farbig.¹⁸

1910

Beschrieben ist die noch ursprüngliche Hängung. Für das Erdgeschoß wird einfache Wandbespannung genannt. Der heutige Schack-Saal wird mit kassetierter Decke und Wände mit roter Damastbespannung beschrieben.¹⁹

1911

Erwähnt ist für den Lenbach-Saal (heutiger Schack-Saal) die indirekte, elektrische Beleuchtung hinter den Cornichen.²⁰

1918

Die Galerie fällt unter beschlagnahmtes deutsches Kronvermögen.²¹

1920

Der Zustand der Galerie wird als verwahrlost beschrieben.²²

¹³ [5] S.404, 405.

¹⁴ [1] Lokalbaukommission 1907-1939; 19337; vom 21.02.1908.

¹⁵ [3]

¹⁶ [5] Das preußische Gesandtschafts-Gebäude und die Schack-Galerie in München, in: Deutsche Bauzeitung. XLIII. Jahrgang. No. 81. Berlin, den 9.Oktober 1909., S. 549-553

¹⁷ [5] S.404, 405.

¹⁸ [4] Der Türmer, XII. Jg., Nov. 1909, Heft 2 (Stuttgart) [Mon 15 936].

¹⁹ [4] Das Bayernland XXI. Jahrgang, München 1910[4° Mon T 000/21, S. 33 f.].

²⁰ [5] Die preußische Gesandtschaft in München, von Gustav Levering, in Die Woche (Berlin), Jg.13, Nr. 16 (1911) (S. 663-666) S. 665.

²¹ [4] Stadtanzeiger, 20.Nov.1979, Nr. 89, S. 5.

²² [1] Münchener Zeitung.

1922

Grünliche, marmorne Türeinfassungen [Schack-Saal] sind beschrieben. Der Feuerbach-Saal [heutiger Schack-Saal] wird mit rotem Wandbehang geschildert, an dem ein Kabinett anschließt. Dieses ist ausgemalt mit blauem Grundton, verziert durch helle blaue Quadrate und hat eine weiße Decke. Dort hängen Schwinds kleine Bilder. Ein anderes Kabinett wird mit brauner Wandtönung beschrieben. Die violett ausgemalten Räume sind gut beleuchtet, bemängelt wird die schlechte Beleuchtung im Erdgeschoß.

Beschrieben ist eine Umordnung der Galerie: Im 1. Obergeschoß hängen statt Böcklin, jetzt Spitzweg und Rottmann. Böcklin ist nun im 2. Obergeschoß.²³

1932

Die Schack-Galerie wird Eigentum des Preußischen Staates unter der Verwaltung der Staatlichen Schlösser und Gärten Berlin.²⁴

Es kommt zu Umbauten und zur Umordnung der Sammlung, da von der Gesandtschaft ein Saal und drei Zimmer (Straßenfront) zur Galerie dazukommen.²⁵

Im 1. Obergeschoß werden in den Räumen die Ornamente, Deckenvergoldungen und Deckenbemalungen zurückgestimmt; grauer Anstrich.²⁶

Umgestaltung der Galerie:

Erdgeschoß: Weiterhin ist es schlecht beleuchtet. Die Räume sind in wärmerem Rot, goldbraun, hellerem und dunklerem Grau gehalten.

1. Obergeschoß: Erweiterung um vier Räume der Gesandtschaft. Der Hauptraum, der früher in wärmerem Rot gehalten war, erhält einen grauen Mondton. Der erste Seitenraum: früher blau und der zweite Seitenraum früher goldbraun werden wie alle anderen in nuanciertem Grau ausgeführt.

2. Obergeschoß: Als gut beleuchtet beschrieben mit monoton grauem Anstrich.²⁷

1938

Dokumentiert ist der Einbau von Luftschutzräumen im Keller anhand Schriftverkehr und einem Plan.²⁸

1939

Die Schack-Galerie wird in die Bayerischen Staatsgemäldesammlungen eingegliedert.²⁹

1946

Es kommt zur Umgestaltung des Schack-Saales für die Nutzung durch die Bayerische Staatskanzlei.³⁰

²³ [1] Stadt Zeitung 145 vom 26.06.22

²⁴ [3]

²⁵ [1] Münchener Zeitung, 03.11.1932

²⁶ [1] Neueste Nachrichten, 27.12.1932

²⁷ [1] Abendzeitung, München, 29.12.1932

²⁸ [1] Lokalbaukommision 1907-1939; Nr. 19337.

²⁹ [3]

³⁰ [2]

1948

Aus Plänen sind die Umgestaltungen ersichtlich:

Schack-Saal: drei Balkontüren; zwei Verbindungstüren zur Staatskanzlei. Umgestaltung der Fassade (Prinzregentenstraße).

Erdgeschoß: Entfernung der Fenstergitter, Unterteilung der Eingangstürflügel, Reduzierung der Portalstufen von vier auf drei, Veränderung des Mauerwerks über dem Portal.

Balkonraum: drei Balkontüren (Sprossenfenster), Umgestaltung der Supraportefelder.³¹

1950

Festgehalten ist die Instandsetzung der Galerie, die schwer bombengeschädigt war.³²

1953

Beschrieben sind Umgruppierungen der Gemälde in der Galerie.³³

1979

Wiedereröffnung der Schack-Galerie nach Renovierungsarbeiten (1977-79):

Erdgeschoß: Abnahme der Fenstergitter, nach Einbau einer Alarmanlage.

1. Obergeschoß: Mauerdurchbruch zwischen erstem und letztem Saal; Vermauern der Durchgänge zur ehemaligen Staatskanzlei.

2. Obergeschoß: neue Scheiben in den Oberlichtern.³⁴

- Erneuerung sämtlicher Fenster mit kombinierter Alarmsicherung; Abnahme der Fenstergitter.
- Raum- und Bildersicherung.
- Auswechslung der Scheiben in den Oberlichträumen.
- Neuanstrich sämtlicher Räume.
- Entfernung des Linolbelages im Treppenhaus und neun Galerieräumen, in denen ein Wollteppich verlegt wird.
- neue Vorhänge in sämtlichen Räumen.
- Mauerdurchbruch zwischen erstem und letzten Saal im 1. OG, wodurch ein Rundgang möglich wird.
- Neuordnung der Gemälde, vor allem im 1. OG.³⁵

³¹ [2]

³² [1] Bayerische Landeszeitung, 05.08.1950

³³ [1] Süddeutsche Zeitung, 04.08.1953

³⁴ [1] Süddeutsche Zeitung, 03.10.1979

³⁵ [3]

1993³⁶

Zumauern der beiden Verbindungstüren zur ehemaligen Staatskanzlei; Erneuerung des Kupferdaches über dem Schack-Saal wegen Sturmschäden.³⁷

Im November erfolgt die Anbringung einer Verdunklungsanlage für die Oberlichter.

1994

- Innenausmalung von Decken und Wänden mit Silikat-Dispersionsfarbe (nicht weiter definiert), Türen und Sockelleisten werden spezialgrundiert und lackiert.
- Der Parkettboden im Schack-Saal wird abgeschliffen und mit DD-Lack versiegelt. Es wurde Wasserlack und PU-Lack verwendet.
- Verlegungen eines Teppichs.
- Setzen zweier Floatglasscheiben (LRZ 12 mm).

1995

- Setzen von Isolierglas B1-EH1 im Erdgeschoß. Einmal Verbundsicherheitsglas (weiß) mit UV-Schutzfolie (LRZ 12 mm) und Einscheibensicherheitsglas mit Alarmspinne (6 mm).
- Anbringung von Sonnenschutzvorhängen mit UV-vermindernder Beschichtung.

1996

- Streichen der Fensternischen mit waschfester Silikatfarbe (nicht weiter definiert).
- Einbau von neuen Leuchtstoffröhren.

1997

- Einbau von Leuchten; Philips TLD 36194.

1998

- Umbau der Sonnenschutzanlage.

2000

- Raum 1 mit scheuerfester Wandfarbe gestrichen.
- Ausbesserungen am Glasdach.

2001

- Malerarbeiten mit Dispersionsfarbe für Innenräume (nach DIN 53 778).
- Ausbesserung von defekten Bodenplatten in der Eingangshalle mit Solnhofner Platten

³⁶ Hier und im Folgenden [2]. Nähere Angaben zu Material, besonderen Eigenschaften des Materials, genauere Beschreibung oder Identifizierung der Materialien oder zum Einbauort waren aus den Unterlagen nicht ersichtlich.

Quellen

[1] STADTARCHIV MÜNCHEN

- Zeitungsartikel von 1881-1979: Artikel zu Ausstellungen; teilweise interessant für Innenraumgestaltung.
- Akt der Landesbaukommission 1907-1939, Nr.19337: Schriftverkehr, Pläne

[2] STAATLICHES HOCHBAUAMT

- Rechnungen
- Pläne: unterschiedliche Erstellungszeiten; Originale und Kopien
- Schriftverkehr

[3] DATEN ZUR GESCHICHTE DER SCHACK-GALERIE (1856-1979)

- Zusammenstellung von den Bayerischen Staatsgemäldesammlungen (27.09.1979): Daten zur Sammlungs- und Gebäudegeschichte

[4] MONACENCIA, Literaturarchiv und Bibliothek München

- Zeitungsartikel

[5] KOPIEN UNBEKANNTER HERKUNFT.

4. Planung der Risikoabschätzung

Der zeitliche Rahmen für die Risikoabschätzung war auf sechs Monate beschränkt. Die Zeit für erforderliche Messungen wurde mit drei bis vier Monaten festgelegt. Für Vorbereitungen, Auswertungen und schriftliche Niederlegung wurden etwa zwei Monate veranschlagt.

An der Risikoabschätzung direkt beteiligt waren folgende Personen:

- Marcus Herdin, betreut durch Dr. Burmester (wissenschaftlicher Leiter des Doerner-Institutes, München).
- Herr Laudenbacher (Oberkonservator, Doerner-Institut) und Frau Poggendorf (Restauratorin, Doerner-Institut); beide betreuen die Schack-Galerie.
- Dr. Rott (Referent für die Schack-Galerie, Bayerische Staatgemäldesammlungen).
- Personal der Schack-Galerie: Aufsichtspersonal, v. a. Herr von Meer (Oberaufseher), Herr Pleitinger (stellv. Oberaufseher) und Frau Hinz (Gebäudereinigung).

Ziel der Risikoabschätzung war es, einen Überblick über die derzeitige Situation der Sammlung und der Galerie zu gewinnen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten zusammengefaßt und bewertet werden. Erwartet wurden Empfehlungen zum weiteren Umgang mit Sammlung und Galerie, sofern die Umstände dies erforderten.

Der schriftliche Bericht soll später als Diskussionsgrundlage oder Entscheidungshilfe dienen, falls Baumaßnahmen geplant werden. Durch die Risikoabschätzung wären gesicherte Fakten vorhanden, welche die Durchsetzung oder notwendige Berücksichtigung konservatorischer Ansätze in der Planung ermöglichen.

Für die Durchführung der Risikoabschätzung erschien es zunächst wichtig einen Gesamteindruck der Sammlung zu erhalten. So sollten als erstes die formalen Daten zu den Kunstwerken abgeklärt werden. Dazu zählen die Art der Gemälde (Ölmalerei, Aquarell, etc.), Zustandsbeschreibung, Schutzvorrichtungen (Verglasung, Rückseitenschutz) sowie die Art der Nutzung oder Präsentation (Hängungsart, Hängungsort).

Als zweites sollte der aktuelle bauliche Bestand der Galerie beschrieben werden. Dazu gehören die Innenraumausstattung, die technische Ausstattung der Heizungs-, Befeuchtungs- und Belüftungssysteme sowie die Bestimmung der Luftwechselrate des Gebäudes. Vorhandene Baupläne oder Grundrisse sollten zugänglich gemacht werden. Von den betreuenden Restauratoren wurden Aussagen hinsichtlich der Notwendigkeit einer Klimaanlage erwartet.

Als relevante Risiken für die Kunstgegenstände wurden Licht, Klima sowie Luftschadstoffe und -verunreinigungen festgelegt. Alle Faktoren sollten in geeigneter Weise untersucht, dargestellt und bewertet werden.

5. Beschreibung der aktuellen Situation

5.1 Sammlung

Die Sammlung besteht aus 190 Gemälden und 85 Kopien nach alten Meistern. Normalerweise werden 150 bis 160 Werke in den Ausstellungsräumen gezeigt. Da im Zeitraum der Risikoabschätzung gelegentlich umgehängt wurde, wechselte die Anzahl der gehängten Kunstwerke. Die folgenden Aussagen werden dadurch allenfalls unwesentlich beeinflusst.

Tabellarischer Überblick

Gemälde		
Anzahl der Gemälde in der Sammlung	157	100 %
Anzahl nicht verglaste Kunstwerke	70	45 %
Anzahl verglaste Kunstwerke	87	55 %
	ohne Fläche der Schmuckrahmen	mit Fläche der Schmuckrahmen
Gesamtfläche der Kunstwerke	143,45 m ²	180,84 m ²
Gesamte verglaste Fläche	32,69 m ²	32,69 m ²
Anteil Verglasungsfläche von gesamter Kunstwerkfläche	23 %	18 %
Träger		
Textil	133	85 %
Holz	13	8 %
Papier	10	6 %
Metall	1	1 %
doublierte Leinwände	6	
parkettierte Tafeln	1	
Farbauftrag		
Öl / Tempera	156	
Aquarell	1	

Tabelle 5.1.1: Fakten zu den gehängten Werken in der Schack-Galerie.³⁷

³⁷ Die Informationen stammen aus dem GEMÄLDEKATALOG (1969) und aus Beobachtungen des Verfassers.

Der überwiegende Anteil der Kunstwerke hat textiles Trägermaterial. Holz als Träger ist mehr vertreten als Papier. Ein Gemälde hat einen Kupferträger.

Von Bedeutung für die klimatische Belastung der Kunstwerke ist unter anderem der Rückseitenschutz. Mit Ausnahme der Holztafeln besitzen mindestens 95 % der Gemälde einen Rückseitenschutz. Dieser besteht hauptsächlich aus Kappaplatten, mit Papier kaschierten Hartschaumstoff-Platten, der Rest aus Hartfaserplatten. Schadstoffbelastungen durch die Rückseitenschutz wurden aus Zeit- und Kostengründen nicht untersucht. Bei den Hartfaserplatten könnten unter Umständen erhöhte Formaldehydwerte aus der Klebmasse auftreten.

Für die Betrachtungen hinsichtlich der Belastungen durch Klima und besonders durch Luftschadstoffe und Staub ist die ungeschützte Fläche der Kunstwerke ausschlaggebend. Es sind zwar über die Hälfte der Kunstwerke verglast, doch der prozentuale Anteil der verglasten Fläche liegt lediglich bei 18 oder 23 % (vgl. hierzu Tabelle 5.1.1). Dies läßt sich dadurch erklären, daß die größer- und großformatigen Gemälde unverglast sind.

Bis auf ein (verglastes) Aquarell sind alle Gemälde in Ölfarbe oder Tempera ausgeführt. In der Tabelle erscheint lediglich Öl. Diese Daten sind dem Bestandskatalog³⁸ entnommen. Durch bloße optische Betrachtung war eine Unterscheidung nicht mit Sicherheit zu treffen. Aus zeitlichen Gründen wurde eine Zuordnung durch die Durchsicht von Zustands- und Restaurierungsprotokollen nicht durchgeführt.

³⁸ GEMÄLDEKATALOG (1969).

Ein aussagekräftiger Überblick hinsichtlich des Zustandes der (ausgestellten) Werke war allein aus den Restaurierungsprotokollen oder aus den Bestandskatalogen³⁹ nicht zu gewinnen. Durch Gespräche mit den die Sammlung betreuenden Restauratoren ergab sich ein geschlosseneres Bild.

Nahezu alle Gemälde seien in einem unberührten, guten Erhaltungszustand.⁴⁰ Bedingt durch Alterungserscheinungen (starke Versprödungen von Trägern und Malschichten) und unterschiedliche, teilweise experimentellen Maltechniken des 19. Jahrhunderts wären die Kunstwerke jedoch sehr fragil und äußerst empfindlich gegenüber mechanischen Belastungen, wie sie selbst durch kurze Transporte hervorgerufen werden. Beispielhaft für die Empfindlichkeit der Werke stehen einige Werke von Schwind, die durch jedes Mal Schaden in Form von Malschichtverlusten genommen haben.

Dieser außergewöhnliche und seltene überkommene Zustand der Sammlung ist wohl auf die bis heute zurückhaltende Sammlungspolitik zurückzuführen. Ausleihen und Transporte finden lediglich in sehr geringem Umfang statt. Konservatorische Eingriffe, abgesehen vom Anbringen der Rückseitenschutze, gab es seit den 1960er Jahren lediglich bei einem Gemälde, welches im Treppenhaus gehängt ist. In den 1950-60er Jahren sind sieben Gemälde doubliert oder parkettiert worden. Restauratorische Eingriffe sind lediglich vereinzelt an Firnissen ausgeführt worden.

³⁹ GEMÄLDEKATALOG (1969).

⁴⁰ Vgl. hierzu und im folgenden: freundliche mündliche Mitteilungen von Herrn Laudénbacher (Doerner-Institut) vom 13.03.2002.

5.2 Gebäude

5.2.1 Allgemein

Zum heutigen Gebäudebestand gibt es keine vollständigen aktuellen Pläne. Verwendet werden Kopien originaler Vorlagen, Pläne von 1946, und digital erstellte Pläne. Die Pläne von 1946 sind im Wesentlichen Kopien der Originalpläne. Die digitalisierten Pläne basieren auf den beiden vorgenannten.

Für die Kartierung wurden dennoch die digitalisierten Pläne verwendet, da sie am übersichtlichsten sind. Die Raumbezeichnungen folgen den Plänen. Im ersten Obergeschoß wird der große Saal im Süden als Schack-Saal geführt. Raum 12 wird auch als Feuerbach-Saal bezeichnet, jedoch nicht innerhalb dieser Arbeit. Die Räume im zweiten Obergeschoß erhalten nach ihrer Erschließung die Raumnummern 15-17.

Die Galerie ist, wie beschrieben, Teil eines Gebäudekomplexes. Die Ausrichtung kann als leicht in Ost-West-Richtung gedrehte Nord-Süd-Ausrichtung (60° Nord) beschrieben werden. Die Fensteröffnungen der Ausstellungsräume befinden sich in den Ost- und West-Wänden. Die Oberlichte für das zweite Obergeschoß sind mit etwa 30° Schräge nach Westen ausgerichtet. Das Oberlicht für Raum 12 ist als Walmdach ausgeführt, mit Ost-West-Ausrichtung.

Für das Gebäude, dessen Unterhalt und Erhaltung ist das Staatliche Hochbauamt München 1 zuständig. Die Archivierung von Unterlagen zu den Baumaßnahmen erfolgt nach anderen Gesichtspunkten als es vom konservatorischen Standpunkt aus geschehen sollte.

Die Informationen zum neueren Bestand sind Rechnungen, Kostenvoranschlägen und Schriftverkehr entnommen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.⁴³

⁴³ Die Einsicht erfolgte nach freundlicher Genehmigung durch Frau Engel (Staatl. Hochbauamt München 1). Nähere Angaben zu Baumaterialien waren aus den Unterlagen nicht ersichtlich.

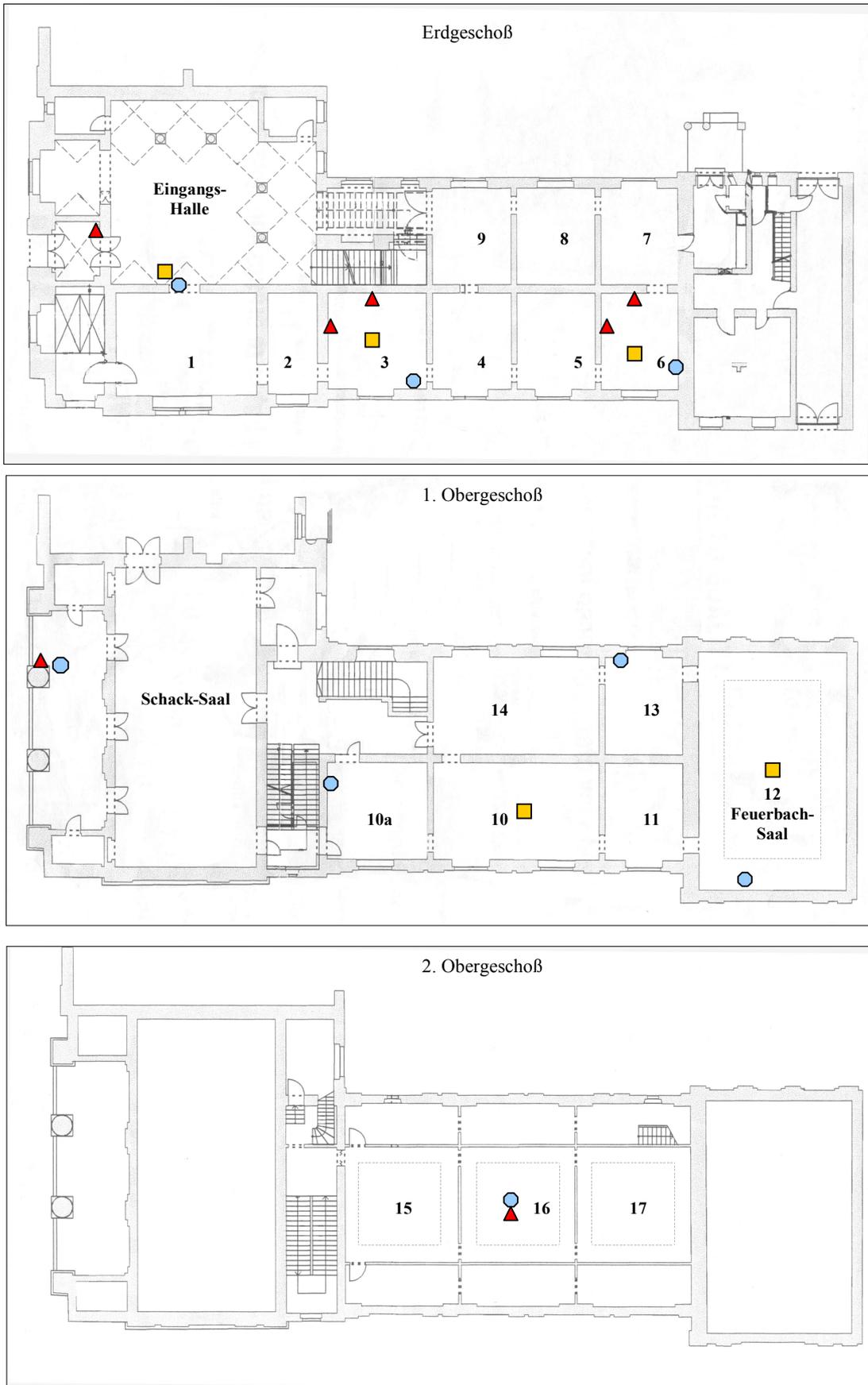


Abbildung 5.2.1: Kartierung der Meßorte in der Schack-Galerie

- Klimamessungen
- ▲ Schadstoffmessungen
- Staubmessungen

5.2.2 Innenraumausstattung

Die Wände in den Ausstellungsräumen sind mit Dispersionsfarben in einem mittleren Grauton gestrichen, in der Eingangshalle und den Aufgängen in Weiß. Die Decken sind ebenfalls weiß. Die Türstöcke und Sockelleisten in den Ausstellungsräumen sind weiß lackiert. Die Verbindungstüren vom Treppenhaus zu den Ausstellungsräumen sind massiv, holzsichtig Eiche.

Es gibt vier verschiedene Bodenbeläge, abgesehen von Aufenthalts- und Toilettenräumen. Die Eingangshalle und Aufgänge sind mit Solnhofner Steinplatten ausgelegt. In den Ausstellungsräumen im Erdgeschoß und ersten Obergeschoß befindet sich hellgrauer Wollteppichboden. Der Schack-Saal besitzt einen Parkettboden, auf dem ein großformatiger Teppich liegt. Die Ausstellungsräume im zweiten Obergeschoß sind mit einem braunen Filzbelag ausgelegt.

5.2.3 Technische Ausstattung

Lightsituation

In allen Ausstellungsräumen funktioniert die Raumbeleuchtung über Tageslicht durch Fenster oder Oberlichter und indirekte Beleuchtung über die Decken mit Leuchtstoffröhren.

Prinzipiell ist die Beleuchtung auf Tageslicht ausgelegt. Meist ist sie durch Kunstlicht unterstützt, da zu hohe Tageslichtstärken ein Schließen der Vorhänge bedingen. Eine ausschließliche Beleuchtung mit Tageslicht wird durch Beschränkungen in den Regulierungsmöglichkeiten erschwert. Da an den Fenstern die Regulierung der Lichtstärke lediglich im Öffnen und Schließen von Vorhängen besteht, ist eine einheitliche Beleuchtung innerhalb der einzelnen Räume nicht zu bewerkstelligen.

Die Verschattungsanlagen der Oberlichter sind manuell gesteuert und derzeit nicht voll funktionsfähig.

Im ersten Obergeschoß sind keine UV-Schutz-Verglasungen eingebaut.

Klimasituation

Die Schack-Galerie ist ein natürlich belüftetes Gebäude. Die Temperierung der Galerie erfolgt durch eine zentrale Warmwasserheizungsanlage. Die einzelnen Heizkörper befinden sich in den Ausstellungsräumen jeweils unterhalb der Fenster. Die Einstellung erfolgt per Hand über drehbare Thermostate, in denen sich die Temperaturfühler befinden. Die Heizkörper können jedoch nicht zufriedenstellend geregelt werden. Manche Heizkörper laufen wegen der mangelhaften Feinjustierung nicht, andere auf voller Leistung. Einige Räume sind somit überheizt. Problematisch ist die dadurch hervorgerufene Bildung von wärmeren und kälteren Zonen. Innerhalb der einzelnen Räume bestehen die bekannten Probleme bei Konvektionsbeheizung durch ‚punktförmige‘ Heizquellen: Staubumwälzung, große Temperaturunterschiede zwischen Raumluft und Außenwänden, erhöhter Befeuchtungsbedarf durch relativ hohe Lufttemperatur, regeltechnisch bedingte Kurzzeitschwankungen des Raumklimas und hoher Energieverbrauch. Eine einheitliche Temperierung ist durch das vorhandene Heizungssystem nicht möglich.

In den Räumen des zweiten Obergeschosses kann man die Wirkungsweise einer Wandtemperierung studieren. Diese Räume werden indirekt durch Heizkörper der umliegenden, schmalen Seitenräume geheizt. Wandschlitze in den Ostwänden dienen dem direkten Wärmedurchlaß, ansonsten strahlen die erwärmten Wände in die Räume Wärme ab. Örtlich stark unterschiedlich temperierte Zonen wie im Erd- und ersten Obergeschoß sind nicht festzustellen. Mittels Wandöffnungen in den westlichen Seitenwänden zu den Oberlichträumen sollen diese temperiert werden. Die Gefahr der Kondensation an der äußeren Verglasung, die aus einfachen Drahtgläsern besteht, ist gegeben. Der Energieaufwand dieser unsinnigen Art der Temperierung ist unverträglich.

Wärme- oder Kühllastberechnungen sind nicht gemacht worden. Diese sollten seriöserweise von einem Bauingenieur oder Architekt durchgeführt werden. Die Ermittlung der Fenster- und Oberlichtflächen sowie der gesamten Wandflächen liegt vor. Daraus können die Außenwandflächen bestimmt werden. Problematisch ist die fehlende Information zur Art des Mauerwerks. Wie weiter oben beschrieben (vgl. dazu S.9) ist jedoch davon auszugehen, daß es sich um ein Ziegelmauerwerk handelt.

Zur Regulierung der Luftfeuchtigkeit werden transportable Verdunstungs-Luftbefeuchter eingesetzt. Es sind überwiegend alte Geräte, von denen immer wieder welche defekt sind.⁴⁴ Das Befüllen ist durch das Aufsichtspersonal gewährleistet. Die Wartung erfolgt durch die Haustechnik des Doerner-Institutes.

⁴⁴ Freundliche mündliche Mitteilung, Januar 2002, von Herrn Pleintinger (stellv. Oberaufseher).

**Erfassung des Wasserverbrauches der
Luftbefeuchter vom 14.-18.01.2002**

Befüllungsmengen [l]	durchschnittlicher Wasserverbrauch pro Tag [l/d]	
EG	379,5	75,9
1. OG	60,5	12,1
2. OG	10,5	2,1
gesamt	450,5	90,1

Tabelle 5.2.1: Wasserverbrauch während der Heizperiode.⁴⁵

Die Bewertung des Wasserverbrauches muß im Zusammenhang mit der Temperatur gesehen werden. Im Bereich von 50 % rF bei 20 °C Raumtemperatur bedeutet jedes Grad Temperaturdifferenz eine Veränderung der relativen Luftfeuchte um ungefähr 3%. Dies entspricht einer Differenz der absoluten Feuchte von etwa 0,3 g/kg trockener Luft, bei gleichbleibender relativen Feuchte.

Das Gesamtvolumen der Schack-Galerie beträgt ungefähr 6305 m³. Das entspricht etwa 8196,5 kg trockener Luft. Bei einer Senkung der Temperatur um 1 °C würden etwa 2,5 kg bzw. Liter Wasser weniger benötigt, um die gleiche relative Feuchte zu erreichen. Wie im nachfolgenden Rechenbeispiel dargelegt, würden bei einer Luftwechselrate von 0,3 im Durchschnitt ungefähr 20 Liter Wasser pro Tag weniger verbraucht werden.

$$6305 \text{ (Volumen Galerie)} \times 1,3 \text{ (Dichte trockene Luft)} = 8196,5 \text{ kg trockene Luft}$$

$$8196,5 \text{ (trockene Luft)} \times 0,3 \text{ (Diff. abs. Feuchte)} = 2,5 \text{ kg Wasser (2,5 l)}$$

$$2,5 \text{ (Wasser)} \times 8 \text{ (8 Luftwechsel pro 24 h)} = 20 \text{ l/d}$$

Problematisch ist die auffällige Undichtigkeit der Fensterrahmen in allen Geschossen. Durch die unkontrollierbare Fugenlüftung in diesem Ausmaß, wird die Stabilität des Raumklimas stark beeinträchtigt (vgl. dazu die Ausführungen im Kapitel ‚Aktuelle Situation / Klima‘).

Schadstoffsituation

Wie oben erwähnt ist das Gebäude natürlich belüftet. Es gibt keine Filterung der Außenluft. Der durchschnittliche Luftwechsel liegt zwischen 0,3 und 0,4 pro Stunde (vgl. dazu weiter unten ‚Luftwechsel-/Dichtigkeitsmessung‘).

Ähnlich wie für das Klima sind die undichten Fensterrahmen hinsichtlich des Schadstoffzutritts in das Gebäude problematisch. Schadstoffemissionen finden hier und am Eingang statt.

⁴⁵ Die Aufzeichnungen wurden freundlicherweise von Herrn Pleintinger (stellv. Oberaufseher) gemacht.

5.2.4 Luftwechsel-/Dichtigkeitsmessung

Einführung

Die Luftwechselrate gibt Auskunft über die Dichtigkeit des Gebäudes. Sie beschreibt die Häufigkeit des Austausches der Innenraumluft mit der Außenluft. Die Luftwechselzahl gibt an, wieviel Kubikmeter Luft von außen in einer Stunde in das Gebäude einströmen.

Im vorliegenden Fall geht es nicht um die Ortung von Leckagen, sondern vorerst um eine allgemeine Darstellung des aktuellen Zustandes des Gebäudes. Zu hohe Luftwechselraten führen zu Problemen in der Klimatisierung, da die neue Luft wieder auf die angestrebten Werte konditioniert werden muß. Eine Konditionierung ist immer mit einem Energieaufwand verbunden, welcher aus ökonomischen Gründen zu minimieren ist.

Je geringer der Luftwechsel pro Stunde ist, desto weniger Luftschadstoffe und Verunreinigungen gelangen von außen in die Galerie. Da sich diese, wie bereits beschrieben, an einer stark befahrenen, sechsspürigen Straße befindet, ist die Untersuchung auch in dieser Hinsicht wichtig.

Als Bereich der größten Undichtigkeit wird die Eingangstür angenommen. Mit anschließenden Messungen zur Schadstoff- und Staubkonzentrationen sowie den stattfindenden Klimamessungen kann diese Annahme unter Umständen gestützt werden.

Die Luftwechselrate wurde mit Hilfe der Spurengas-Methode ermittelt, die im englischen Sprachgebrauch als Tracergas-Method bezeichnet wird. Es wird keine Aussage darüber gemacht, wo die Luft eingetreten ist oder wie sie sich im Raum verteilt. Diese Methode ist die einzige, welche den Luftwechsel Raumluf/Außenluft angibt, ohne andere Parameter wie Windgeschwindigkeit, Temperaturgradient innen/außen etc. berücksichtigen zu müssen. So gehen bei Blower-Door-Messungen, einer anderen Meßmethode, sehr viele dieser Parameter ein. Zudem wird dabei mit einer unnatürlichen Druckdifferenz zwischen Innenraum und Außen gearbeitet.⁴⁶

Die Spurengas-Methode beruht auf der Beschreibung der Veränderung der Spurengas-Konzentration pro Volumen in der Zeit. Die Luft sollte vollständig mit dem gut detektierbaren Gas durchmischt sein, damit eine mathematische Berechnung möglich wird.

⁴⁶ Freundliche mündliche Mitteilung vom November 2001 von Dr. Raatschen (Firma *TracerTech*)

Bei der angewendeten Spurengas-Methode der Firma *TracerTech* erfolgt die Bestimmung der Meßintervalle aufgrund des angenommenen Luftwechsels des zu bemessenden Raumes. Problematisch wird es, wenn man sich dabei zu sehr verschätzt, da dann die Messungen unter Umständen wiederholt werden müssen.

Als Spurengas wird Schwefelhexafluorid (SF₆) eingesetzt.

Schwefelhexafluorid ist ein geruchloses, nicht toxisches, gesundheitlich völlig harmloses Gas, welches im hier verwendeten Konzentrationsbereich vollkommen unbedenklich in bewohnten Räumen eingesetzt werden darf. In 20 Jahren der Anwendung als Indikatorgas sind international noch keine nachteiligen Wirkungen bekannt geworden.⁴⁷

Schwefelhexafluorid ist oktaedrisch aufgebaut. Es ist farblos, [...] nicht entzündbar, ungiftig und wasserunlöslich. Seine relative Gasdichte ist 5,1mal so hoch wie Luft. Das Gas ist auffallenderweise chemisch fast so indifferent oder inert wie Stickstoff.⁴⁸ Der Verteilungskoeffizient (log pow) liegt bei 1,68.

JAN HOLMBERG beschreibt eine weitere Spurengas-Methode, AIMS (Air Infiltration Measurement System) genannt.⁴⁹ AIMS wurde von Russel Dietz im Brookhaven Laboratory in Upton, New York entwickelt, um eine kostengünstige, aussagekräftige Methode zur Beschreibung der Infiltrationsrate in Gebäuden anzubieten.

Das Spurengas wird von einer passiven Quelle mit einer konstanten Rate abgegeben. Die Durchschnittskonzentration des Spurengases wird über einen vorgegebenen Zeitraum von Passivsammlern gemessen, beziehungsweise absorbiert. Es wird in drei Zeiträumen gemessen: während des Tages, der Nacht und über eine ganze Woche. Als Spurengase werden Perfluorkohlenstoff-Gase (PFT) verwendet. Angenommen wird, daß die Konzentration des absorbierten Gases dem Quotienten der Emissionsrate der Spurengas-Quelle durch die Infiltrationsrate an Außenluft entspricht.

Die Methode basiert auf der Annahme, daß das emittierte Gas gleichmäßig mit der Raumluft vermischt ist, wenn es von den Passivsammlern aufgenommen wird. Um das zu erreichen, wird eine Anzahl von Quellen und Sammlern über die zu untersuchende Raumfläche/Raumvolumen verteilt.⁵⁰

⁴⁷ TRACERTECH (www.tracertech.de), Meßdurchführung S. 4.

⁴⁸ HOLLEMAN-WIBERG (1995), S. 101.

⁴⁹ vgl. hierzu und im folgenden: HOLMBERG (1997) Teil C, 3.2.

⁵⁰ HOLMBERG (1997), Teil C, 6.1.2.

Durchführung am 20.11.2001

Es wurde das ganze Gebäude auf einmal bemessen. Für die Durchführung der Messungen in den drei Etagen bildeten die Helfer drei Gruppen:

EG: Jörg Klaas, Carolin Rötter, Gisela Trosbach.

1. OG: Tim Bechthold, Sonja Krug, Roland Ulmer.

2. OG: Marcus Herdin, Felix Horn.

Zur Verfügung standen fünf 60ml-Spritzen mit 100%igem Schwefelhexafluorid und dreißig Leerspritzen zur Probenahme.

Im Erdgeschoß (2429,2 m³) und ersten Obergeschoß (3114 m³) wurden 120 ml, im zweiten Obergeschoß (819 m³) 60 ml injiziert. Um eine gleichmäßige Verteilung pro Stockwerk zu erreichen, richtete sich die Menge des ausgegebenen Gases nach den Volumina der jeweiligen Räume.

Besser wäre es gewesen, die Menge des Spurengases bereits in den Raumvolumina der einzelnen Stockwerke proportional zu verteilen. Die Beurteilung der Meßergebnisse wäre dadurch etwas einfacher.

Die Luft wurde mit Kartons verwedelt, um eine gute, gleichmäßige Durchmischung der Luft mit dem Spurengas zu gewährleisten. Verwedelt wurde kurz nach der Injektion des SF₆ und zwei bis dreimal zwischen und vor allem kurz vor der nächsten Probenahme.

Die erste Probenahme wurde nach 15 Minuten vorgenommen. Die weiteren Meßintervalle wurden auf jeweils 15 Minuten nach dem vorherigen Probenahmebeginn festgelegt. Die Dauer der Meßintervalle ergibt sich aus der geschätzten Luftwechselrate.⁵¹ Im vorliegenden Fall (Erbauung 1909, natürliche Belüftung, geschlossene Fenster) wurde die Luftwechselrate auf 1-2 Luftwechsel pro Stunde geschätzt. Die genommene Luftmenge entsprach ebenso wie bei der Injektion dem jeweiligen Raumvolumen.

Pro Etage wurden jeweils zwei Meßreihen durchgeführt. Pro Meßdurchgang wurde zum einen eine integrale Messung ausgeführt und zum anderen wurden ‚integral-lokale‘ Punktmessungen vorgenommen.

Bei der integralen Messung wurden die Räume in der Reihenfolge des Injektionsweges abgestritten und eine Leerspritze (60 ml) in Brusthöhe aufgezogen. Die Messungen sind bis zu einer Raumhöhe von drei Metern repräsentativ.

⁵¹ TRACERTECH (www.tracertech.de), Meßdurchführung S. 4.

Um Angaben zur Qualität der Durchmischung der Luft mit dem Spurengas bei größeren Raumhöhen zu erhalten, wurden ‚integral-lokale‘ Punktmessungen in drei Räumen pro Etage durchgeführt.⁵² Die Meßhöhe sollte in der Regel so groß wie möglich sein. Wegen unterschiedlich großen Leitern waren die Meßhöhen pro Etage verschieden groß. Im Erdgeschoß 3,6 m bei 5,4 m Raumhöhe, im ersten Obergeschoß 4,5 m bei Raumhöhen von 8 m (Schack-Saal und Raum 12) und 5,4 m (übrige Räume) und im zweiten Obergeschoß 3 m bei 4,4 m Raumhöhe.

Die Probenahmespritzen wurden mit den mitgelieferten Kappen verschlossen und zusätzlich mit Klebestreifen gesichert. Der Aufkleber der Spritzen wurde mit den Angaben von Meßdatum, Probenahmeintervall und Ortsbezeichnungen beschriftet. Diese Daten wurden zusätzlich in ein Formblatt eingetragen.

Die Spritzen wurden zur Auswertung an die Firma *TracerTech* gesendet.

⁵² Anregung von Dr. Raatschen (Firma *TracerTech*) im November 2001.

Ergebnisbericht⁵³ und Bewertung der Messungen

1. Der Konzentrationsverlauf ist immer eine gerade Linie, d. h. die Durchmischung war in jeder Etage gut und der Luftwechsel über der Meßzeit konstant.
2. $LW_{EG} = 0,36$; $LW_{1.OG} = 0,00$; $LW_{2.OG} = 0,3$; Da im Winter bei NULL Windstärke der reine Stackeffekt bzgl. der Infiltration vorliegt, strömt die Außenluft im wesentlichen unten ins Gebäude ein und bei offenem Treppenhaus in den oberen Etagen aus dem Gebäude. D. h. der LW von 0,36 ist ein Außenluftwechsel, Außenluft verdünnt das Tracergas im EG.
3. Obwohl das Volumen des 1.OG größer ist als das des EG, haben Sie die gleiche Menge an Tracergas injiziert. Das führt im 1. OG zu einer geringeren Anfangskonzentration. Die im Laufe der Zeit vom EG ins 1.OG strömende Luft hat eine höhere Konzentration und kompensiert dadurch die Infiltration im 1.OG. Auch bei gleicher Anfangskonzentration in beiden Etagen würde wegen der Auftriebsströmung die Konzentration im 1.OG langsamer abnehmen. Hier ist die Abnahme NULL. Daraus läßt sich aber nicht unbedingt schließen, daß keine Undichtigkeiten vorhanden sind.
4. Die im 2. OG injizierte Tracergasmenge ist volumenbezogen gesehen größer als in den anderen beiden Geschossen, deshalb die höheren Konzentrationen. Würde man ein Einströmen aus dem 1.OG unterbinden, wäre der LW wahrscheinlich noch größer als 0,3.
5. Sie können auch alle Werte in ein Spreadsheet eintragen und den mittleren Luftwechsel des Gesamtgebäudes bestimmen, wobei das dann wirklich der Außenluftwechsel ist. Die Schwankungsbreite ist dann allerdings größer.

Die Luftwechselrate für das Gebäude ist nach diesem Bericht etwa 0,36. Das würde bedeuten, die Luft würde in dreieinhalb Stunden komplett ausgetauscht sein.

HOLMBERG gibt in seinem Bericht eine Klassifizierung von Museumsgebäuden hinsichtlich deren Luftwechselrate an.⁵⁴

Air changes per hour	HOLMBERG grade	Present status
< 0.5	A	excellent
< 1.0	B	good
< 2	C	moderate
< 5	D	poor
< 10	E	very bad

Tabelle 5.2.2: Klassifizierung von Museumsbauten hinsichtlich der Luftwechsel pro Stunde.

Nach dieser Klassifizierung bekäme die Schack-Galerie die 'Holmberg-Note' A. Die vorherrschende Situation wäre demnach sehr gut.

⁵³ Zitat des Ergebnisberichtes der Firma *TracerTech*.

⁵⁴ HOLMBERG (1997) Teil C, 3.1.

5.3 Risikofaktoren

5.3.1 Licht

Einführung

Der Restaurator muß mit der Tatsache umgehen, daß lichtempfindliche Kunstwerke [gilt nicht nur diese!] eine begrenzte ‚Ausstellungslebenszeit‘ haben. Diese ist mit der Belichtungszeit definiert, welche notwendig ist dem Kunstwerk einen wahrnehmbaren Schaden zuzufügen oder eine inakzeptable Veränderung im Gefüge zu verursachen. Somit muß jede unnötige Lichtbelastung vermieden werden. Dies ist als ein Teil von Risikomanagement zu verstehen.⁵⁵

Ausschlaggebend für die Gefährdung der Kunstgegenstände durch Lichteinwirkungen ist die *Dosis* der Lichteinwirkung oder die Belichtung. Sie läßt sich mit folgender Formel beschreiben:⁵⁶

$$\text{Belichtung} = \text{Beleuchtungsstärke} \cdot \text{Zeit}; \quad H [\text{lxh}] = E [\text{lx}] \cdot t [\text{h}]$$

Das Zusammenwirken zweier Faktoren wird als Reziprozitäts-Gesetze oder Bunsen-Roscoe'sches Gesetz bezeichnet.

Zur Belichtung der Kunstgegenstände während ihrer Ausstellungszeit durch Tages- und Kunstlicht kommen unter Umständen die Belichtungen durch Blitzlicht (durch Besucher, reprographische Aufnahmen oder Aufnahmen zu Untersuchungs- und Dokumentationszwecken) sowie die Belichtungen in den Restaurierungswerkstätten (Arbeitslicht und unter Umständen UV-Untersuchungen) hinzu.

Ein beleuchteter Gegenstand absorbiert die Energie passiv und aktiv. Beide Arten der Absorption treten zusammen auf, beide sind unerwünscht. Während die passive Absorption der Strahlung zur Erwärmung des Gegenstandes führt⁵⁷, ruft die aktive Absorption, neben anderen Erscheinungen, photochemische Veränderungen hervor.⁵⁸ Dazu zählen die Veränderung von Farbstoffen (Dunkeln oder Ausbleichen), Abbau von Überzügen (Vergilben) sowie die chemisch-physikalische Zerstörung von Materialien, wie beispielsweise die Versprödung textiler Bildträger.

⁵⁵ SCHAEFFER (2001), S. 1.

⁵⁶ HILBERT (1996), S. 87 f.

⁵⁷ HILBERT (1996), S. 112.

⁵⁸ HILBERT (1996), S. 87.

Die Alterungsrate von Materialien unter Lichteinwirkung verändert sich, da sich die Belichtungszeiten oder deren Auswirkungen anhäufen. Bei vielen Materialien *verringert* sich das Maß der Veränderungen, nachdem in einer Initialperiode eine signifikante Veränderung stattgefunden hat. In diesen Fällen rufen weitere Belichtungen kaum noch Veränderungen in diesem Material hervor. Das gilt beispielsweise für instabile organische Farbstoffe, wie sie beispielsweise in Wandbespannungen vorhanden sein können und für die Malmaterialien der Gemälde in der Schack-Galerie.

Einige Substanzen zeigen ein gegensätzliches Verhalten. Bei diesen *erhöht* sich das Maß der Veränderung durch Lichteinwirkung mit der Belichtungszeit. Das trifft beispielsweise auf eingefärbte, transparente Lasuren, einige Zinnoberrot-Verbindungen und Blei(II)oxid (PbO), das Gelbpigment Massicot zu. Diese Materialien folgen nicht dem Reziprozitäts-Gesetz.⁵⁹ Vermutlich beschleunigen die Zerfallsprodukte den Veränderungsprozeß überproportional.⁶⁰

Sehr wichtig wäre deswegen das Wissen um die ‚Belichtungsgeschichte‘ der einzelnen Kunstwerke, also welche Vorbelichtungen diese erfahren haben. In den seltensten Fällen wird darüber jedoch Auskunft zu erhalten sein.

Für die Berechnungen farblicher Veränderung von Materialien gibt es unterschiedliche Angaben oder Herangehensweisen, von denen zwei hier aufgeführt seien.

HILBERT (1996) ⁶¹	SCHAEFFER (2001) ⁶²
Bestrahlungsstärke des Materials	
spektrale Strahlungsverteilung der Lichtquelle	charakterisierte Lichtquelle
spektrale Transmission des Filters	
relative spektrale Empfindlichkeit des Materials	Absorptionsspektrum des Materials
	Oberflächennahe Konzentration der lichtempfindlichen Moleküle
Dauer der Beleuchtung	

Tabelle 5.3.1: Auflistung der entscheidenden Parameter für die farbliche Veränderung von Material. Sich entsprechende Parameter sind gegenübergestellt.

⁵⁹ vgl. dazu SCHAEFFER (2001), S. 163 f.

⁶⁰ vgl. dazu HILBERT (1996), S. 95, Abb. 49.

⁶¹ HILBERT (1996), S. 88 ff.

⁶² SCHAEFFER (2001), S. 161.

Optimal wäre eine Synthese beider Ansätze. Die Ermittlung der oberflächennahen Konzentration der lichtempfindlichen Moleküle, wie SCHAEFFER sie fordert scheint allerdings unverhältnismäßig aufwendig, wenn nicht sogar nahezu unmöglich zu sein. Diese Information wäre ausschließlich durch eine individuelle Untersuchung zu erhalten. Das bedeutet in jedem Fall einen zeitlichen und finanziellen Aufwand. HILBERTS Angaben scheinen hingegen praktikabler und ausreichend. Die notwendigen Informationen sind in entsprechender Literatur nachzulesen.

Im Falle der Schack-Galerie wären Gemäldeoberflächen mit heterogenen Verteilungen verschiedener Materialien zu bewerten, die überwiegend nicht analysiert sind.

Durchführung

Zu bedenken ist bei Tageslichtmessungen, unter welchen Umständen diese stattfinden. Die Farbtemperatur und die Beleuchtungsstärke hängen vom ‚Himmelszustand‘, also der Bewölkung, dem Sonnenstand sowie von der Tages- und Jahreszeit ab. Vergleichbare Meßergebnisse sind lediglich bei gleichmäßig klarem oder bewölktem Himmel zu erreichen. Wechselnde Bewölkung führt zu einer enormen Spreizung der Werte, je nach dem ob die Sonne gerade verdeckt ist oder ungehindert scheint.

Die Beleuchtungsstärke nimmt mit höherem Sonnenstand zu. Die Farbtemperatur und der UV-Anteil sind bei klarem Himmel am höchsten. Sie nehmen von bedecktem Himmel zum direkten Sonnenlicht hin ab.⁶³

Die Messungen wurden im Zeitraum vom 27.02.-04.03.2002 durchgeführt. Der Sonnenstand lag, je nach Uhrzeit zwischen 30° und 45° über dem Horizont. Gemessen wurde nach Ausstellungseröffnung, am frühen Nachmittag und kurz vor Schließung der Galerie.

In folgenden Räumen wurde gemessen:

EG: Räume 1, 3, 6, 7, 9.

1. OG: Räume 10, 12, 14.

2. OG: Räume 15, 16, 17.

Die Räume befinden sich auf beiden Seiten des Gebäudes mit Ost- (Räume 1, 3, 6, 10) und Westausrichtung (Räume 7, 9, 14). Die restlichen Räume haben Oberlichter, wobei die Raumhöhe in Raum 12 mit 8 m fast doppelt so hoch ist wie in den Räumen im zweiten Obergeschoß mit einer Raumhöhe von 4,40 m.

Die Messungen erfolgten in etwa 1,6 m Höhe parallel zur Gemäldeoberfläche.

Es wurden die jeweils höchsten Werte aufgezeichnet, um das maximale Schädigungspotential zu ermitteln. Die niedrigste Lichtstärke liegt dann in der Regel bei etwa 50 %.⁶⁴

⁶³ HILBERT (1996), S.15 ff..

⁶⁴ BURMESTER (1987), interner Schriftverkehr betreffs 'Lichtverhältnisse Schack-Galerie München'.

Die Lichtstärkemessungen wurden mit dem ‚Minolta Illumance Meter T-1‘ durchgeführt. Für die Messung des UV-Anteiles in der Strahlung wurde der ‚Elsco UV Monitor Type 762‘ verwendet.

Bewertung

Es sind jeweils 88 Messungen für die Beleuchtungsstärke sowie für den UV-Anteil durchgeführt worden.

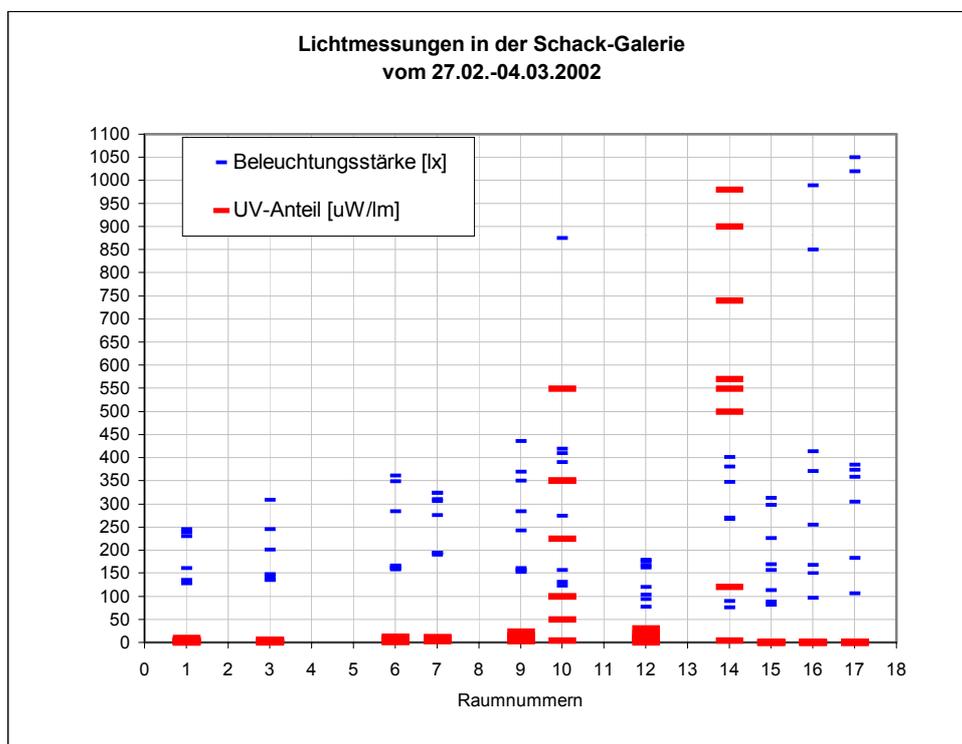


Diagramm 5.3.1: Darstellung der Meßwerte.

Die Jahresbeleuchtungszeit in der Schack-Galerie liegt bei 2160 Stunden für die offizielle Öffnungszeiten (mit 7 Stunden bei 30 Tagen/pro Monat mit einem Ruhetag pro Woche). Die wirkliche Beleuchtungszeit liegt jedoch höher, da die Galerie außerhalb der Öffnungszeiten zwar unbeleuchtet, aber nicht vollständig verdunkelt ist. Hinzu kommen zusätzliche Belichtungszeiten durch Arbeiten (Reinigung, Hängungsarbeiten, Wartungsarbeiten etc.) und Sonderveranstaltungen. Ein Wert von durchschnittlich etwa 2350-2500 Stunden scheint realistisch.

Die folgende Tabelle zeigt Richtwerte für Beleuchtungsstärken und für den UV-Anteil.

BELEUCHTUNGSSTÄRKE [LX]	UV-ANTEIL [μ W/LM]	QUELLE
80-320	50 (30-50)	Hilbert ⁶⁵
200 \pm 50, alternativ 650 klxh/a	75 (60-80)	Thomson ⁶⁶

Tabelle 5.3.2: Richtwerte für Beleuchtungsstärken und UV-Anteil in der Beleuchtung.

Mit 43 von 88 Meßwerten liegen nicht einmal die Hälfte der Beleuchtungsstärken unter den geforderten 200 lx. 51 Meßwerte liegen unter 250 lx. Beleuchtungsstärken unter 200 lx sind (abgesehen von Raum 12) vormittags oder nachmittags und sämtliche bei geschlossenen Vorhängen mit Kunstlichtbeleuchtung gemessen worden (vgl. dazu Diagramm 5.3.1).

Das bedeutet, daß die Kunstlichtbeleuchtung keine Schwierigkeiten hinsichtlich der Beleuchtungsstärken, wie auch der UV-Anteile, bereitet.

Da im Falle der Schack-Galerie ständig wechselnde Tageslichtverhältnisse vorhanden sind, ist es sinnvoller die Belichtung der Kunstwerke über mittlere wöchentliche oder jährliche Belichtungszeiten zu beschreiben.⁶⁷ Die mittlere Belichtung (berechnet aus den ermittelten Meßwerten) liegt bei etwa 270 lx. Schließt man Meßwerte über 440 lx, also die Spitzenwerte, aus der Berechnung aus, liegt der Mittelwert bei 226 lx.

mittlere Beleuchtungsstärke	270 lx	226 lx
wöchentliche mittlere Belichtung (mit Ruhetag)	11.340 lxh	9.492 lxh
wöchentliche mittlere Belichtung (ohne Ruhetag)	13.230 lxh	11.074 lxh
jährliche mittlere Belichtung (mit Ruhetag)	590 klxh	494 klxh
jährliche mittlere Belichtung (ohne Ruhetag)	688 klxh	576 klxh

Tabelle 5.3.3: Belichtungsstärken pro Zeiteinheiten. Bei 270 lx ohne Begrenzung der Beleuchtungsstärke, bei 226 lx mit der Beschränkung auf weniger als 440 lx.

⁶⁵ HILBERT (1996), S. 117.

⁶⁶ THOMSON (1986), S. 268.

⁶⁷ a) THOMSON (1986), S. 28 ff.; b) HILBERT (1996), S. 20.

Aus Tabelle 5.3.3 wird ersichtlich, welchen Einfluß die Begrenzung der Beleuchtungsstärke auf die mittlere wöchentliche oder jährliche Belichtung hat. Mit der Beschränkung der Beleuchtungsstärke auf maximal 440 lx, liegt man mit 576 klxh/a unter dem empfohlenen Grenzwert von 650 klxh/a⁶⁸ für die jährliche mittlere Belichtung.

Vorausgesetzt ist bei der Angabe der Belichtungszeiten die absolute Verdunkelung der Galerie außerhalb der Öffnungszeiten. Zu bedenken ist weiterhin, daß die vorliegenden Werte im ersten Quartal 2002 ermittelt wurden. Im Sommer sind bei höherem Sonnenstand höhere Beleuchtungsstärken zu erwarten.

Die höchsten Beleuchtungsstärken wurden in Raum 9 sowie im ersten und zweiten Obergeschoß gemessen. Begründet sind die Werte in Raum 9 durch unverdeckte Fensteröffnungen, im ersten Obergeschoß durch direkte Sonnenbeleuchtung (ohne Reflexion an benachbarten Gebäuden). Im zweiten Obergeschoß ist die mangelhafte Verschattung der Oberlichter verantwortlich. Die fast die gesamten Deckenflächen einnehmenden Oberlichter befinden sich in lediglich 4,40 m Höhe, also in relativ geringem Abstand zu den Kunstwerken. Im Gegensatz dazu sind die niedrigen Meßwerte (<178 lx) in Raum 12 mit 8 m Höhe zu beachten. Dort wird augenscheinlich, wie die Strahlungsenergie im Quadrat zur Entfernung abnimmt.

Die UV-Anteile erreichen lediglich im ersten Obergeschoß (Räume 10 und 14) wegen des fehlenden UV-Schutzes inakzeptable Werte. Die in Raum 12 im Vergleich zu den anderen Räumen (außer 1. OG) höheren UV-Anteile sind unter Umständen auf das Alter der Leuchtstoffröhren zurückzuführen. Die Röhren konnten wegen der großen Raumhöhe mit den vorhandenen Leitern nicht überprüft werden.

⁶⁸ THOMSON (1986), S. 268.

5.3.2 Klima

Einführung

Von besonderer Bedeutung bei der Betrachtung des Klimas ist neben den absoluten Werten der relativen Luftfeuchtigkeit ihre Schwankungsbreite und Häufigkeit der Schwankungen. Als Anhaltspunkte dienen die Aussagen von Tabelle 5.3.4.⁶⁹ Die Aussagen sind auch Grundlage für die Bewertung der Meßergebnisse.

Wie im Kapitel ‚Sammlung‘ (S. 16 ff.) dargestellt, muß wegen der unterschiedlichen Materialien ein Kompromiß hinsichtlich des Sollwertes der Feuchte geschlossen werden. Denkbar ist es, das Intervall für die minimalen und maximalen Feuchtwerte während einer Woche auf 48 % - 53 % festzulegen.

Es gibt sehr unterschiedliche Angaben zu Klimasollwerten. Die Entwicklung geht weg von Absolutwerten hin zu Minimal- und Maximalwertangaben, in denen sich die Klimawerte bewegen sollen.⁷⁰ Deswegen wurde in dieser Arbeit der oben angeführte Ansatz zur Bewertung des Klimas verwendet. Die Sollwerte geben nachvollziehbare Kennwerte an.

Gemessen und bewertet wurde ausschließlich das Raumklima. Die Mikroklimata zwischen Wand, Rückseitenschutz, Träger, Gemäldeoberfläche und Verglasung waren ausgenommen. Die Beziehung Temperatur/Feuchtigkeit ist beim Raumklima umgekehrt proportional. Bei Mikroklimata sind diese Beziehungen, empirischen Erkenntnissen zufolge genau umgekehrt, also direkt proportional.⁷¹ Die Auswirkungen von Veränderungen des Klimas könnten demnach innerhalb der Sammlung entgegengesetzt sein, je nachdem ob ein Gemälde verglast oder unverglast ist. Ausschlaggebend hierfür ist eine ausreichende Dichtigkeit dieser Systeme.

Zur Aussagekraft der einzelnen Meßwerte sei noch berücksichtigt, daß pro Raum jeweils nur ein Meßgerät in der Nähe eines Gemäldes eine Punktmessung durchgeführt hat. Damit kann nur eine sehr beschränkte Aussage über die wirklichen Feuchtigkeits- und Temperaturverteilungen innerhalb des gesamten Raumes getroffen werden. Schichtungen oder lokale Unterschiede können bei einer derartigen Meßanordnung nicht sichtbar gemacht werden.

⁶⁹ BURMESTER und ECKERMANN (1999), S. 15.

⁷⁰ Vgl. hierzu: BURMESTER (2000), S. 14-17 und Tabelle 5.3.4.

⁷¹ Freundliche mündliche Mitteilung vom November 2001 von Renate Poggendorf (Doerner-Institut), aufgrund empirischer Erfahrungen.

VERWENDETE KLIMASOLLWERTE FÜR SAMMLUNGEN

PUNKT	KENNWERT	SOLLWERT
1	Änderung der relativen Feuchte während einer Stunde	<p style="text-align: center;">$\leq 2,5 \%$</p> <p>Beachte: Die Änderung sollte möglichst gering, die Häufigkeit von Schwankungen möglichst klein gehalten werden.</p>
2	Änderung der relativen Feuchte während eines Tages	<p style="text-align: center;">$\leq 5 \%$</p> <p>Beachte: Die Änderung sollte möglichst gering, die Häufigkeit von Schwankungen möglichst klein gehalten werden.</p>
3	Minimal- und Maximalwerte der relativen Feuchte während einer Woche	<p style="text-align: center;">Holz: 55 % - 60 % Leinwand: 50 % - 55 % Papier: 45 % - 50 % Metall: 5 % - 40 %</p> <p>Beachte: Werden Objekte aus verschiedenen Materialien deponiert oder ausgestellt, kann der Wert nur ein Kompromiß zwischen den konservatorischen Bedürfnissen der Einzelmaterialien sein.</p>
4	Saisonales Gleiten der relativen Feuchte während eines Jahres	<p style="text-align: center;">+5 % (Sommer) ... -5 % (Winter) gegenüber den Wochenwerten (Punkt 3)</p> <p>Beachte: Die Vorgeschichte der Objekte, bauliche Gegebenheiten oder regionale Besonderheiten (Klimazone) können ebenfalls für eine Absenkung oder Erhöhung der relativen Feuchte sprechen.</p>
5	Änderung der Temperatur während einer Stunde	<p style="text-align: center;">$\leq 1 \text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>Beachte: Die Änderung sollte möglichst gering, die Häufigkeit von Schwankungen möglichst klein gehalten werden.</p>
6	Saisonales Gleiten der Temperatur während eines Jahres	<p style="text-align: center;">4-28 $^\circ\text{C}$</p> <p>Beachte: Für die Mehrzahl ausgestellter Materialien sind niedrigere Temperaturen aus konservatorischer Sicht vorteilhaft. Die Wahl der Innentemperatur orientiert sich an dem durchschnittlichen monatlichen Außenwert, wobei die Differenz zwischen beiden möglichst klein sein sollte. Erhöhte Temperaturen im Bereich zwischen 24 und 28 $^\circ\text{C}$ sind höchstens in 150 Stunden pro Jahr zulässig.</p>

Sollwerte für die relative Feuchte und die Temperatur direkt am betreffenden Objekt. Die Anforderungen sind in sechs Punkten fallender Priorität angeordnet: Der relativen Feuchte wird somit eine höhere Priorität als der Temperatur zugewiesen, wobei grundsätzlich die Gesamtheit der Anforderungen zu beachten ist [...].

Tabelle 5.3.4: Sollwerte für das Klima in Sammlungen, nach Burmester und Eckermann.

Durchführung

Zur Bestimmung der Temperatur und relativen Feuchte wurden neun Datalogger *Monilog HTD 9460* der Firma *SMT & HYBRID GmbH* verwendet. Ausgelesen wurde über ein Laptop mit dem Programm *Monilog TEFEU 2.1*. Eine verbesserte Darstellung und Bearbeitung der Meßergebnisse erfolgte mit den Programmen *SPSS 10.03*⁷² und *Microsoft® Excel 97*.

Bei den Meßgeräten wurden Zweipunktkalibrierungen durchgeführt, um alle Meßkurven durch den Nullpunkt zu legen und die gleiche Steigung der Meßkurven zu erhalten.

Die Kalibrierung wurde wie folgt durchgeführt. Kalibriert wurde auf 33 % und 76 % relative Feuchte bei ca. 20 °C. Zur Kalibrierung werden in Erlenmeierkolben gesättigte Lösungen von Magnesiumchlorid ($\text{MgCl}_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$; 33,1 % bei 20 °C) und Natriumchlorid (NaCl ; 75,7 % bei 20 °C) hergestellt. Grundlage dieses Verfahrens ist die Eigenschaft gesättigter Salzlösungen, oberhalb der Wasseroberfläche eine genau definierte relative Feuchte zu erzeugen. Die Meßsonden wurden über die Lösung gehängt, die Kolben wurden mit Aluminiumfolie möglichst dicht abgeschlossen. Nach ungefähr 6-8 Stunden waren stabile Meßwerte erreicht. Erst dann wurde die Kalibrierung durchgeführt.

Acht Meßgeräte wurden am 31.10.01 wie folgt plaziert (vgl. dazu Abb. 5.2.1, S.20):

EG: Halle über Eingang zu Raum 1 (414); Raum 3, links neben Fenster (404); Raum 6, Ostwand, rechts (415).

1.OG: Balkon, vorher bis 04.11.01 im Treppenhaus, Heizung, linke Seite (401); Raum 10, Südwand, Mitte (405); Raum 12, Ostwand, Heizung, rechte Seite (402); Raum 13, Westwand, rechts neben Fenster (403); Schack-Saal, Ostwand, auf Kaminsims rechts (406).

2. OG: mittlerer Raum, Raummitte (416).

Der neunte Datalogger für die Außenmessungen wurde auf dem Balkon aufgestellt.

Um objektnah zu messen, wurden die Meßfühler (außer in Raum 16) etwa handbreit über den Schmuckrahmen an den Hängedrähten befestigt. Die Datalogger konnten für Besucher unzugänglich auf Fenstersimsen oder hinter Heizungsverkleidungen untergebracht werden.

⁷² Freundliche Bereitstellung eines speziell geschriebenen Auswertungsprogrammes durch Dr. Burmester (Doerner-Institut).

Bewertung

Die Werte der relativen Feuchte haben Priorität gegenüber den Temperaturwerten, da Kunstwerke in der Regel empfindlicher für Feuchtigkeitsänderungen als für wechselnde Temperaturen sind.

Zur Auswertung der Meßdaten wurden verschiedene Darstellungsformen gewählt. Mit den verschiedenen Diagrammen lassen sich unterschiedliche Aussagen verdeutlichen. Dadurch kann das Klima umfassender beschrieben werden, als dies alleine mit den üblichen Liniendiagrammen der Fall ist.

Beispielhaft sind im folgenden je eine Diagrammart dargestellt. Alle basieren auf den Meßdaten vom November 2001 aus Raum 16 im zweiten Obergeschoß.

- 1) Im Liniendiagramm sind die relative Feuchte und Temperatur gegen die Zeit aufgetragen. Ablesbar sind daran die Änderung der Feuchte- und Temperaturwerte zu jeder beliebigen Zeit. Die Darstellungsweise macht die Schwankungen und deren Häufigkeit sichtbar.

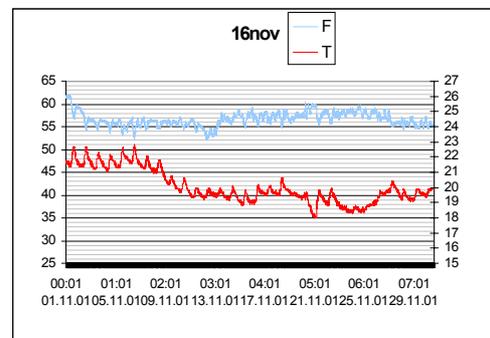


Diagramm 5.3.2: Liniendiagramm rF/T.

- 2) Die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Feuchte- oder Temperaturwerte erlauben eine Aussage über die Stabilität des Klimas bei bestimmten Werten. Idealerweise wird nur ein Wert angezeigt. In der Regel gruppieren sich die Werte mehr oder weniger normalverteilt um einen Höchstwert. Die beschreibende Kurve wird auch ‚Gaußsche Kurve‘ genannt. Je enger diese Kurve im Histogramm verläuft, desto idealer ist der Zustand.

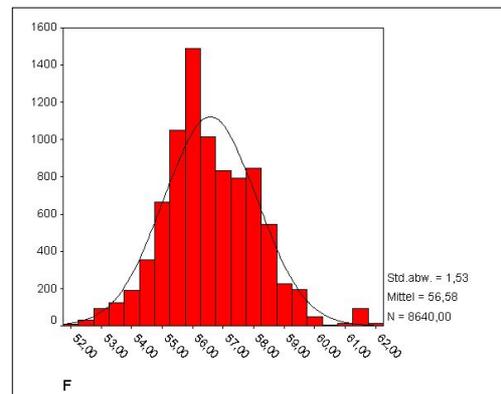


Diagramm 5.3.3: Histogramm der Feuchte.

- 3) Die Diagramme der Tagesmittelwerte mit der Angabe der zweifachen Standardabweichung sind gestraffter und insofern übersichtlicher als Liniendiagramme. Innerhalb der Linien liegen 95 % der Meßwerte. Trends sind leichter zu erkennen. Minimal- und Maximalwerte sind nicht dargestellt. Die eigenartige Angabe des Datums beruht auf Konvertierungsproblemen, die aus Zeitgründen nicht mehr gelöst werden konnten.

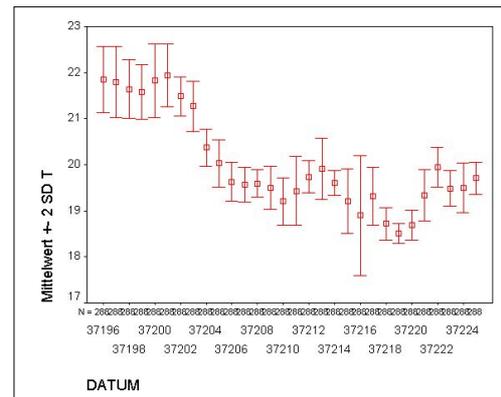


Diagramm 5.3.4: Verlaufsdiagramm der Temperatur.

- 4) Die Korrelation von Temperatur und relativer Feuchte zeigt an, ob es zusätzliche Einflüsse auf das Klima gibt. Sind keine Einflüsse vorhanden, würde sich eine Gerade ergeben, in diesem Fall von links oben nach rechts unten fallend.

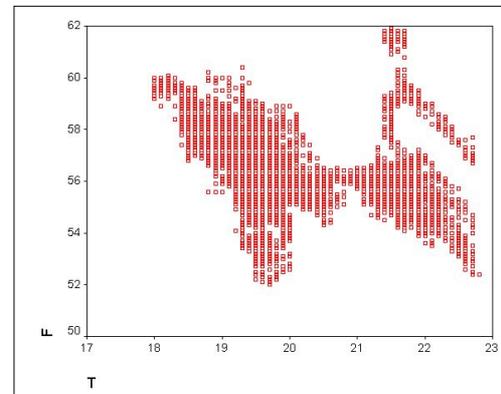


Diagramm 5.3.5: Stuediagramm rf/T.

Zum Vergleich wurden die Thermohygrographenblätter herangezogen.⁷³ Die Meßgeräte sind in 50 cm Höhe über dem Boden aufgestellt. Die Unterschiede der absoluten Temperatur- und Feuchtigkeitswerte sind aus Gründen der Meßgenauigkeiten und Höhendifferenz der Meßpunkte nicht zu bewerten.

Beim Vergleich zeigte sich wie erwartet, daß die Meßwerte der Datalogger sich in den Kurven, die von den Thermohygrographen aufgezeichnet wurden, widerspiegeln. Kleine, kurzzeitige Schwankung werden aufgrund der Trägheit der Haarharfen nicht detektiert. Wenn diese Schwankungen minimiert und in einem gewünschten Bereich gehalten werden können, erscheinen die Thermohygrographen ausreichend, um die tendenzielle Klimasituation zu überwachen. Verlässliche Absolutwertangaben erhält man ausschließlich über elektronische Datalogger. Zumindest für die Einregulierung des Klimas sind elektronische Datalogger notwendig, damit die feineren, kurzzeitigen Veränderungen aufgezeichnet werden können.

⁷³ Die Thermohygrographenblätter wurden freundlicher Weise von Herrn Pleitinger (stellv. Oberaufseher) während der Meßphase wöchentlich gewechselt. Üblicherweise erfolgt der Wechsel aus museumsinternen Gründen alle drei Wochen.

Das Klima während der Heizperiode ist sehr ungleichmäßig und läßt sich nur schwer kontrollieren. Der Einfluß der Eingangshalle ist im Erdgeschoß festzustellen. Im ersten Obergeschoß ist das Klima in den verschiedenen Ausstellungsräumen am ausgeglichtesten. Die Meßkurven verlaufen weitgehend parallel. Im zweiten Obergeschoß beeinflussen die Oberlichter das Klima wesentlich.

Die folgenden Aussagen beruhen auf der Auswertung der Klimadaten, welche mit dem Programm SPSS erstellt wurden. Im Anhang (S. 8-37) befinden sich als Anschauungsbeispiele die Ausdrücke von drei Räumen aus Erdgeschoß (Raum 3), erstem Obergeschoß (Raum 10) und zweitem Obergeschoß (Raum 16). Insgesamt läßt sich sagen, daß das Klima in der Schack-Galerie nicht stabil und kaum zu beschreiben war. Tendenziell zeigen alle Meßorte ähnliche Kurven, auch wenn die Absolutwerte und Steigungen sehr unterschiedlich sind.

Die Feuchtwerte innerhalb der dreimonatigen Meßzeit lagen etwa im Bereich von 25-59 % rF, also 24 % Schwankungsbreite für die ganze Galerie. In den einzelnen Räumen betrug der maximale Schwankungsbereich 16-27 %. Im Erdgeschoß waren die Werte der relativen Feuchte am inhomogensten.

Die Häufigkeit der Änderungen pro Stunde lagen meist zwischen 8-12, bei 12 Meßwertermittlungen pro Stunde. Die Schwankungen bewegten sich oft im empfohlenen Bereich unter 2,5 Prozentpunkten. Die einzelnen Schwankungsbreiten waren unterschiedlich, bewegten sich in der Regel zwischen etwa 4-7 Prozentpunkten. Die empfohlene Änderung der Feuchte von weniger als 5 Prozentpunkten innerhalb eines Tages konnten meist nicht eingehalten werden.

Die Maximalwerte der Temperatur lagen über den gesamten Beobachtungszeitraum zwischen 17,5-25,5 °C.

Die Änderungen pro Stunde lagen meist unterhalb 1 °C. Somit erfüllten sie die geforderten Bedingungen. Stabile Werte über mehrere Tage oder Wochen waren damit jedoch nicht automatisch verbunden (Ausnahme war Raum 6 im November). Die Werte bewegten sich in unregelmäßigen Kurven in den oben genannten Temperaturbereichen. Die Häufigkeitsverteilungen zeigten überwiegend blockhafte Anordnung mit ähnlich hohem Ausschlag oder mehrere Blöcke bei verschiedenen Temperaturen. Die Temperaturen waren demnach gleichmäßig über einen gewissen Bereich oder in verschiedenen Teilbereichen verteilt. Die Temperaturen konnten also nicht durchgehend auf einen engeren Temperaturbereich reguliert werden.

Außer in der zweiten Hälfte im Dezember lagen die Temperaturwerte im Erdgeschoß mit durchschnittlich 22-25 % zu hoch. Im ersten Obergeschoß konnten die Werte mit 19-23 °C näher am Sollwert 20 °C gehalten werden. Im zweiten Obergeschoß konnten die Werte bis Mitte Dezember um den Sollwert gehalten werden. Die zunehmende Kälte ließ die Temperaturen dann auf 19 °C und weniger fallen.

Die Problematik der Temperaturregulierung zeigt sich deutlich in den gleitenden Kurvenverläufen, die von den Außentemperaturen hervorgerufen werden.

Die fehlende Korrelation von Temperatur und relativer Feuchte bei allen Meßpunkten läßt auf zusätzliche Einflüsse auf das jeweilige Klima schließen. Diese werden in der Undichtigkeit der Fenster und Fensterrahmen sowie in der Beeinflussung durch das Treppenhaus gesehen. Die dadurch verursachte wechselnde Befeuchtung ist zu berücksichtigen. Könnte die absolute Feuchte gleich gehalten werden, würde sich eine Korrelation von relativer Feuchte und Temperatur ergeben.

Im Erdgeschoß zeigte sich der Einfluß der Eingangshalle auf die Ausstellungsräume. Raum 3 folgte dem Klima der Eingangshalle deutlich, mit etwas abgeschwächten Ausschlägen. Raum 6, der weiter vom Eingang entfernt liegt, war weniger stark beeinflusst. Die Temperaturwerte waren durchgehend zu hoch. Die Werte in Raum 6 kamen den gewünschten 50 % rF über die gesamte Meßdauer am nächsten. Die Feuchtigkeitswerte lagen in der Halle und Raum 3 insgesamt zu niedrig. In Raum 6 wurden wiederum die besten Ergebnisse erzielt, die allein im Dezember im Sollwertbereich lagen.

Die Ausstellungsräume im ersten Obergeschoß zeigten untereinander sehr ähnliche Kurven. Hier war das Klima am ausgeglichensten. Die Temperaturen waren im November insgesamt zu hoch, konnten im Dezember in den Sollwertbereich reguliert werden und stiegen im Januar wieder an. Die Feuchtwerte waren über den Meßzeitraum unterschiedlich und lagen zeitweise sowohl über wie auch unter den gewünschten 50 % rF.

Im zweiten Obergeschoß machte sich der Einfluß der nicht isolierten Oberlichter und die schlechte Temperierung bemerkbar. Während die Temperaturen von November bis Januar von zu hohen nach zu niedrigen Werten glitten, war die Feuchte durchgehend zu hoch.

Deutlich geworden ist Wichtigkeit und Nutzen der verwendeten Softwareprogramme zur Auswertung der Meßdaten. Durch die Wahl zusätzlicher Auswertungsformen oder anderer Darstellungsarten der Meßwerte könnte die Aussagekraft der Auswertung erhöht und eingängiger gemacht werden.

5.3.3 Luftschadstoffe

Einführung

Die schädigende Wirkung von gasförmigen Luftschadstoffen auf Kunstwerke ist allgemein bekannt und beschrieben. Die wichtigsten Emissionsquellen sind die äußere Umwelt, Innenraumausstattungen, Materialien in Ausstellungs- oder Aufbewahrungsbehältnissen wie Vitrinen, Schränke oder Regale und die Kunstwerke selbst.⁷³

Die Hauptschadstoffe für Gemälde mit organischen Überzügen und Textilien oder Holz als Träger sind Stickstoffdioxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂), Schwefelwasserstoff (H₂S) und Staub (vor allem die alkalischen Bestandteile)⁷⁴. Ozon (O₃) verursacht farbliche Veränderungen und wurde deswegen in die Messungen aufgenommen.

Tabelle 5.3.5 zeigt eine Auswahl⁷⁵ von Schadstoffen mit den für die Schack-Galerie relevanten Informationen.

Das Potential einer Schädigung durch einen gasförmigen Schadstoff verhält sich proportional zu dessen Konzentration.⁷⁶ Zu bedenken ist dabei allerdings, daß sich durch Synergieeffekte die schädigende Wirkung wesentlich erhöhen, sogar vervielfachen kann. Solche Effekte ergeben sich bei Mischungen von Schadgasen und der Anwesenheit von katalytisch wirkenden Metallen oder Metallionen in aufliegenden Staub- oder Schmutzschichten in Abhängigkeit der Höhe von Temperatur und Luftfeuchtigkeit.⁷⁷

Durch die sehr komplexen Zusammenhänge ist es äußerst schwierig, die wirkliche Belastung eines Kunstwerkes durch Luftschadstoffe abzuschätzen, geschweige denn zu messen. Ein Anhaltspunkt für die Bewertung einer Belastung ist die Höhe der Grenzwertüberschreitung.

Die Schadstoff/Oberflächen-Reaktivität nimmt in der Reihenfolge Ozon, Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Schwefelwasserstoff ab. Diese Eigenschaft kann man sich zu Nutze machen, um durch die Art von Bodenbelag, Wand- und Deckengestaltung die Schadstoffe zu binden. Holz und Teppiche reagieren gut mit O₃, SO₂ und NO₂. Wandanstriche liegen in der Mitte der Reaktivitätsskala, wobei dort poröse und alkalische Anstriche Schadstoffe besser binden als undurchlässige, glatte Anstriche.⁷⁸

Beispielsweise bei a) THOMSON (1986) S. 153 ff.; b) Ashley-Smith (1999) S. 29 ff., 164 ff.; c) BLADES et al. (2000) S. 5 ff.; d) Ryhl-Svendsen (2001) S. 613-615.

⁷⁴ a) THOMSON (1986) S. 130 ff.; b) BLADES et al. (2000) S. 6-9.

⁷⁵ BLADES et al. (2000) S. 6, 12.

⁷⁶ ASHLEY-SMITH (1999) S. 174 f.

⁷⁷ ASHLEY-SMITH (1999) S. 180 ff.

⁷⁸ BLADES et al. (2000) S. 13 ff.

Wichtig hierfür ist das Verhältnis der Oberflächengrößen von Kunstwerken und Wand sowie Innenausstattungen. Je größer die Raumbooberflächen, desto größer ist die Möglichkeit, daß Luftschadstoffe absorbiert werden. In der Schack-Galerie ist das Verhältnis Wandfläche zu ‚Kunstwerkfläche‘, gleiche Oberflächenstrukturen vorausgesetzt, etwa 20:1. Nimmt man die Deckenflächen dazu 27:1. Schließt man die beiden großen Säle aus der Berechnung aus, schrumpft das Verhältnis auf 18:1 bzw. 24:1.

WICHTIGE LUFTSCHADSTOFFE FÜR GEMÄLDE

SCHADSTOFF	EFFEKT	QUELLEN
Ozon (O ₃)	<ul style="list-style-type: none"> - Bleichen von Farbstoffen - Verfärbung von (Textil-)Farbstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> - äußere Umwelt
Schwefeldioxid (SO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - Schädigung von Malerei und Farbstoffen - Verminderung der Festigkeit von Textilien - Versprödung und Verfärbung von Papier 	<ul style="list-style-type: none"> - äußere Umwelt - wenige Innenraumquellen
Stickstoffdioxid (NO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - Verschmutzung von Malerei und organischen Überzügen - Bleichen von (Textil-)Farbstoffen - Verminderung der Festigkeit von Textilien 	<ul style="list-style-type: none"> - äußere Umwelt
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	<ul style="list-style-type: none"> - Verschmutzung von Malerei und organischen Überzügen - Verfärbung von (Textil-)Farbstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> - äußere Umwelt - Konstruktions- und Dekorationsmaterial - Wolle und Textilien - menschliche Stoffwechselprodukte
Staub (alkalische Partikel)	<ul style="list-style-type: none"> - Verschmutzung von Malerei und organischen Überzügen - Bleichen von (Textil-)Farbstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> - äußere Umwelt, Verkehr - Menschen, Abrieb, Pollen, Insekten, Teppiche - Gips-/Stuckoberflächen

Tabelle 5.3.5: Auswirkungen und Quellen von Luftschadstoffen, Gemälde betreffend.

Durchführung

Untersucht wurde in der Schack-Galerie lediglich die Innenraumluft. Messungen zwischen Oberfläche und Verglasung der Kunstwerke wurden nicht vorgenommen.

Gemessen wurde an fünf Meßorten: im Windfang, in den Räumen 3, 6 und 16 sowie als Referenz auf dem Balkon.

Mit der Meßanordnung im Erdgeschoß (Windfang, Raum 3, Raum 6) sollte eine eventuelle Abnahme der Schadstoffkonzentrationen mit zunehmender Entfernung zum Eingang dargestellt werden. Die Messung im zweiten Obergeschoß Raum 16 diente dem gleichen Zweck. Zu berücksichtigen ist, daß Schadstoffe auch durch Undichtigkeiten beispielsweise bei Fenstern oder im Mauerwerk eindringen können und den Effekt der Konzentrationsabnahme mit zunehmender Entfernung überlagern können.

Als Referenz zu den Innenraummessungen fand eine Außenmessung auf dem Balkon im ersten Obergeschoß statt. Diese erschien notwendig, da die nächsten Meßstationen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz ca. 2,1 km (München/Stachus) bzw. 1,9 km (München/Effnerplatz) von der Schack-Galerie entfernt sind. Diese Meßdaten wurden als zusätzliche Referenzwerte mit berücksichtigt.

Für die Messungen wurden Passivsammler der Firma *Gradko International Ltd.*, England verwendet. Passivsammler liefern im Gegensatz zu Kurzzeitmessungen eine realitätsnähere Beschreibung der am Objekt vorhandenen Schadstoffkonzentration.⁷⁹

An den Kunstwerken sammeln sich die Schadstoffe ebenso wie an einem Passivsammler an. Beim Passivsammler können die Schadstoffe ohne Wechselwirkungen wieder desorbieren, wenn die maximale Absorptionskapazität überschritten wird. Beim Kunstgegenstand hingegen reagieren die Schadstoffe ab und weitere Reaktionen können stattfinden.

Kurzzeitmessungen zeigen die momentane Konzentration des gemessenen Schadstoffes an. Je nach Schadstoff treten die Maximalwerte zu unterschiedlichen Tageszeiten auf. Für Ozon zwischen 12-16 Uhr, Schwefeldioxid zwischen 20-24 Uhr und Stickstoffdioxid zwischen 18-23 Uhr. Diese Angaben beruhen auf den 3h-Mittelwerten der letzten drei Tage (02.-04.11.2001), die von den Meßstationen München/Stachus und Effnerplatz des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz ermittelt wurden.

⁷⁹ BLADES et al. (2000) S. 18.

SCHADSTOFF	DETEKTIONSLIMIT GRADKO- SAMMLER IN PPB	SCHACK-GALERIE BALKON IN PPB	MÜNCHEN STACHUS IN PPB	MÜNCHEN EFFNERPLATZ IN PPB
O ₃	1,0 (2 µg/m ³)	3,49 (6,98 µg/m ³)	58 (115 µg/m ³)	-
SO ₂	0,02 (0,05 µg/m ³)	1,29 (3,35 µg/m ³)	2,3 (6 µg/m ³)	0,4 (1,1
NO ₂	0,02 (0,03 µg/m ³)	20,05 (38,10 µg/m ³)	48 (97 µg/m ³)	39,5 (75 µg/m ³)
H ₂ S	0,1 (0,14 µg/m ³)	-	-	(2,1 (3 µg/m ³))

Tabelle 5.3.6: Empfindlichkeit der Passivsammler und gemessene Schadstoffkonzentrationen im Außenbereich.

SCHADSTOFF	PPB = µG/M ³	µG/M ³ = PPB
O ₃	1 = 2,0	1 = 0,51
SO ₂	1 = 2,6	1 = 0,38
NO ₂	1 = 1,9	1 = 0,53
H ₂ S	1 = 1,4	1 = 0,71

Tabelle 5.3.7: Umrechnungstabelle für die Einheiten µg/m³ in ppb.⁸⁰

Um objektnah zu messen, wurden die Passivsammler an den Hängedrähten handbreit über den Schmuckrahmen der Gemälde befestigt. Die Meßdauer betrug vier Wochen (04.12.2001 bis 04.01.2002).

⁸⁰ BLADES et al. (2000) S.7 und THOMSON (1986) S. 131.

Bewertung

Im vorliegenden Fall fanden aus finanziellen Gründen lediglich fünf Messungen pro Schadstoff statt. Ebenso mußte auf die Durchführung von Blindmessungen als Referenz verzichtet werden. Bei dieser geringen Anzahl der Einzelmessungen ist eine aussagekräftige Interpretation kaum möglich.

Erst ab einer höheren Anzahl von Einzelmessungen können Aussagen zu sogenannten Ausreißern getroffen werden. Mehrere Messungen an denselben Meßorten böten die Möglichkeit eines direkten Vergleichs von Meßergebnissen.

Trotzdem sind unter Vorbehalt tendenzielle Aussagen möglich und können Anlaß für weitergehende Untersuchungen geben.

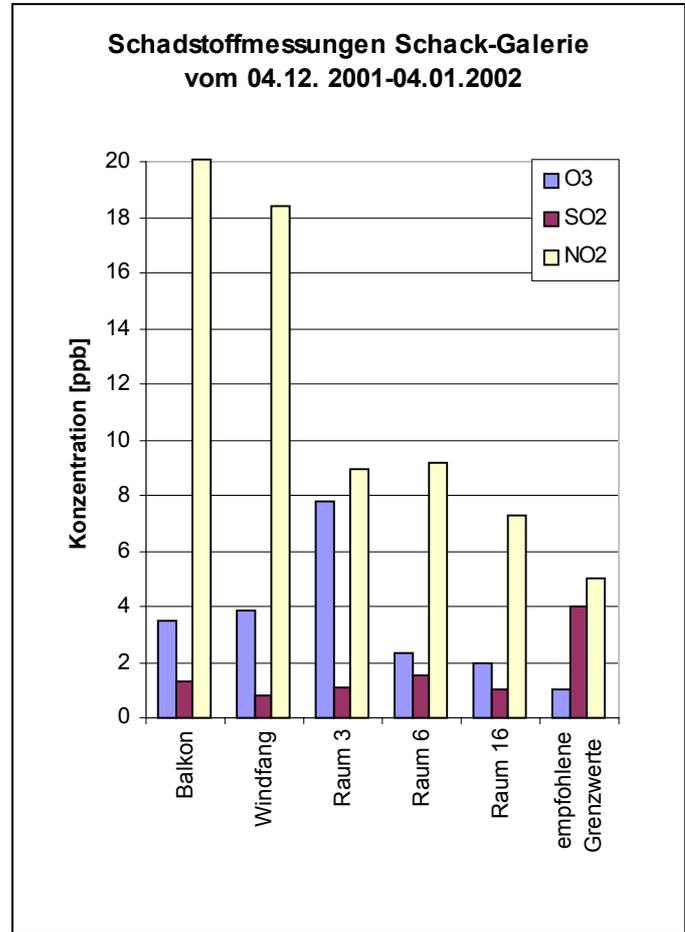


Diagramm 5.3.6: Ermittelte Schadstoffkonzentrationen in der Schack-Galerie. Vergleiche zu den empfohlenen Grenzwerten Tabelle 5.3.8.

Für die Bewertung der gemessenen Schadstoffkonzentrationen wird die Spalte ‚Empfohlener Grenzwert allgemein [ppb]‘ von Tabelle 5.3.8 herangezogen. Die Grenzwertangaben für Papier dienen dem Vergleich.

GRENZWERTE FÜR SCHADSTOFFKONZENTRATION IM MUSEUMSBEREICH

SCHADSTOFF	EMPFOHLENER GRENZWERT ALLGEMEIN [PPB]	EMPFOHLENER GRENZWERT FÜR PAPIER [PPB]	QUELLE
O ₃	1 (2 µg/m ³)	13 (26 µg/m ³)	G. Thomson US National Bureau of Standards
SO ₂	<4 (10,4 µg/m ³)	<4 (10,4 µg/m ³) 0	G. Thomson US National Bureau of Standards British Museum Libraries
NO ₂	<5 (9,5 µg/m ³)	<2,5 (4,8 µg/m ³) 0	G. Thomson US National Bureau of Standards British Museum Libraries

Tabelle 5.3.8: Empfohlene Grenzwerte für unterschiedliche Schadstoffe.⁸¹

Die Ozonwerte in der Galerie liegen im Windfang um etwa 11 % und in Raum 3 (EG) um mehr als das Doppelte höher als außen. Die Ursache dieses hohen Wertes ist ungeklärt. In den Räumen 6 (EG) und 16 (2.OG) sind die Werte um etwa 1/3 bis fast die Hälfte niedriger. Die Meßgenauigkeit ist mit +/- 6 % angegeben. Wird der „Papier-Grenzwert“ des NATIONAL BUREAU OF STANDARDS⁸² als Maßstab genommen, liegen die gemessenen Werte deutlich darunter. THOMSON hingegen fordert als Grenzwert die Nachweisgrenze von 0-2 ppb, womit alle Meßwerte mindestens um das Doppelte darüber liegen.

Die Werte für Stickstoffdioxid liegen in den Galerieräumen um den Faktor 1,5-1,9 deutlich über den empfohlenen Grenzwerten. Im Vergleich zum Außenwert haben sich die Konzentrationen im Erdgeschoß auf weniger als die Hälfte, im 2. OG auf etwas weniger als 2/3 reduziert. Die Konzentration im Windfang ist kaum niedriger als die Außenkonzentration. Im Mittel ist die Konzentration innen 42 % der Außenkonzentration. Die Meßgenauigkeit liegt bei zirka +/- 12 %. Alle Meßwerte liegen über sämtlichen aufgeführten Grenzwerten.

Die Schwefeldioxid-Konzentration ist im Gebäude an drei von vier Meßpunkten niedriger als außen. Die Ursache für die höhere Konzentration in Raum 6 (EG) ist ungeklärt. In Anbetracht des ebenfalls erhöhten Stickstoffdioxid-Wertes könnte sich hier die Undichtigkeit der Fensterrahmen auswirken. Die mittlere Konzentration der Innenwerte (ohne Raum 6) liegt bei 83 % des Außenwertes. Die Meßgenauigkeit beträgt +/- 6 %. Sämtliche Meßwerte liegen unter dem empfohlenen Grenzwert.

⁸¹ BLADES et al. (2000) S. 9.

⁸² US National Bureau of Standards (1983).

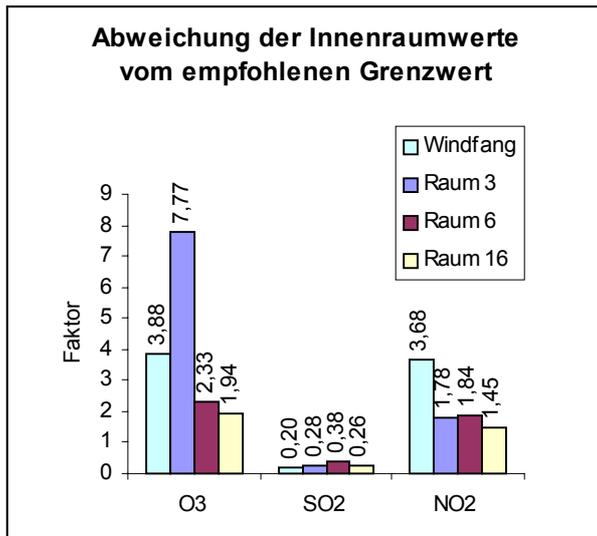


Diagramm 5.3.7: Überschreitung des Grenzwertes für die jeweiligen Schadstoffe. Faktor 1 entspricht dem Grenzwert.

Die Konzentration von Schwefelwasserstoff lag unter der Nachweisgrenze.

Vom Staatlichen Hochbauamt wurden Raumlufthuntersuchungen auf PCB in Auftrag gegeben. Polychlorierte Biphenyle wurden als Weichmacher in vielen Fugenmitteln verwendet.⁸³ Die Meßwerte lagen ebenfalls unterhalb der Bestimmungsgrenze. Durchgeführt wurden diese Untersuchungen von der Firma *terrnorm GmbH* in München. Die Konzentrationen lagen unter der Bestimmungsgrenze.

⁸³ CITYINFONETZ.DE (2002, www).

5.3.4 Staub

Einführung

Staubablagerungen beeinträchtigen die Lesbarkeit sowie den optischen Eindruck von Kunstwerken und führen zu Schäden, entweder direkt oder in Verbindung mit gasförmigen Luftschadstoffen und Feuchtigkeit.

SCHÄFER schreibt 1995 über Staub oder Schmutz als ‚Materie am falschen Ort‘. Die Zusammensetzung von Oberflächenschmutz ist ein Gemisch von Schwebstoffen unterschiedlicher Größe aus dem Innenraum und den Luftverunreinigungen des Außenbereiches. Bestandteile für Schmutz im Innenbereich sind Textilabrieb, Partikel menschlicher Haut und Haare, Kohlenstoffpartikel, fettig/ölige Rückstände unvollständig verbrannter Kraftstoffe, verschiedene Salze, Metalloxide und -komplexe, mineralischer Abrieb wie Silikate, Pigmentpartikel, Pilzsporen, Mikroorganismen, Pollen, Nikotin- und Teerablagerungen durch Tabakrauch, ferner besonders fetthaltige Bestandteile von Kochdünsten, Stärke, Gelatine etc.⁸⁴

Vor allem die alkalischen Anteile werden als schädigend beschrieben.⁸⁵

Metallkomponenten und Metalloxide, vor allem von Eisen, Mangan und Kupfer, sind wegen ihren katalytischen Eigenschaften zu beachten. So kann es in Anwesenheit von Feuchtigkeit zur Umwandlung von gasförmigen Schadstoffen zu Säuren oder Basen kommen. Beispielsweise bei Eisen, das oft in beträchtlichen Mengen in Staub enthalten und katalytisch an der Umwandlung von Schwefeldioxid zu Schwefelsäure in Gegenwart von Feuchtigkeit beteiligt ist.⁸⁶

Partikel der Größe 0,1-2 µm werden als die wichtigsten für Museumsbelange erachtet.⁸⁷ Diese Fraktionen enthalten die Partikel aus Verbrennungsvorgängen, in denen sich wiederum Sulfate und Nitrate finden. Man kann davon ausgehen, daß diese Partikel den Großteil des Oberflächenschmutzes ausmachen. 20-50 % der Staubpartikel sind im Durchmesser kleiner als 1 µm.⁸⁸ Es werden deswegen die entsprechenden Partikelfraktionen bevorzugt betrachtet. Die Fraktion 7,5-10 µm gibt die obere Grenze der Partikelgrößen von Feinstaub an, auf welche sich Richt- und Grenzwertangaben beziehen.

⁸⁴ a) SCHÄFER (1995), S. 139 f.; b) THOMSON (1986), S. 132 f.; c) BLADES et al. (2000), S. 5 f.

⁸⁵ BLADES et al. (2000), S. 12.

⁸⁶ KÜHN (2000), S. 336 f.; b) THOMSON (1986), S. 132.

⁸⁷ a) CASSAR et al. (1999), S. 31; b) THOMSON (1986), S. 247 ff.; c) EIPPER (1993), S. 9; NAZAROFF (1993, www), S. 10.

⁸⁸ THOMSON (1986), S. 247 ff.

Die Oberflächen oder Materialien, die in der Schack-Galerie mit Staubablagerungen in direkte Wechselwirkung treten sind vor allem Firnisse der Gemälde, Überzüge der Metallauflagen der Rahmen, Metallauflagen der Rahmen und Verglasungen der Gemälde. In der Galerie sind zwar 87 von 157 Gemälden verglast, also über 50 %, doch umgerechnet lediglich 23 % der Bildoberflächen der Kunstwerke. 77 % der Oberflächen sind demnach der Staubbelastung ausgesetzt. Dazu kommen noch die Oberflächen der Rahmen, die ausnahmslos ungeschützt sind.

Rahmen werden in der Regel nicht als eigenständige Kunstwerke betrachtet, auch wenn sie wesentlich zur Rezeption der Gemälde beitragen. Das Erscheinungsbild der Rahmen wird meist erst beachtet, wenn Verschmutzungen oder Schäden störend werden. So ist beispielsweise bei vergoldeten Rahmen, ebenso bei Rahmen mit anderen Metallauflagen die Abnahme von derartigen Verschmutzungen, ohne die Fassung in Mitleidenschaft zu ziehen, weiterhin ein ungelöstes Problem.⁸⁹

Die Reinigung der Kunstwerke, im Sinne einer Abnahme der oberflächlichen Verschmutzung erfolgt ein- bis zweimal jährlich.⁹⁰

Oberstes Ziel ist die Reduzierung des Staubes (ein Ausschluß ist unmöglich!) im Sammlungsbereich allgemein. Dazu ist vor allem die Kenntnis der Staubmenge wichtig. Für die Entfernung des Schmutzes ist die Zusammensetzung des Schmutzes von Bedeutung. Partikelanalysen, wie sie in entsprechenden Labors durchgeführt werden, sind mit hohem technischen und finanziellen Aufwand verbunden, in der musealen Praxis also kaum realisierbar. Abgesehen vom Verhältnis des Aufwandes zu den daraus resultierenden Erkenntnissen, führen bereits relativ einfache Untersuchungen, wie pH-Wert-Messungen oder mikroskopische Untersuchungen im Auflicht zu brauchbaren Ergebnissen.⁹¹

⁸⁹ Freundliche mündliche Mitteilung vom März 2001 von Herrn Johannes Engelhardt, (Doerner-Institut).

⁹⁰ Freundliche mündliche Mitteilung vom 19.02.2002 von Dipl. Rest. Renate Poggendorf (Doerner-Institut).

⁹¹ SCHÄFER, 1995, S. 141 f.

Durchführung

Die Untersuchungen des Staubes und Oberflächenschmutzes der Schack-Galerie wurden mit quantitativen und qualitativen Methoden durchgeführt. Die Staubanalysen und pH-Wert-Messungen beziehen sich nur auf die Schack-Galerie. Als Referenz wurden in den Münchener Pinakotheken in verschiedenen Räumen Messungen der Staubkonzentrationen durchgeführt.

Staubkonzentrationsmessung

Für die quantitative Messung der Staubkonzentration wurde das Laser-Staubmeßgerät *Modell 1.105* der Firma *GRIMM* verwendet. Es wurden dabei die Partikelverteilungen an fünf Meßorten (Eingangshalle sowie Räume 3, 6, 10 und 12) in der Schack-Galerie und als Referenz an drei weiteren Stellen in der Alten Pinakothek (Säle 10 und 12) sowie in der Neuen Pinakothek (Saal 4) bestimmt.

Die aufgezeichneten Größenfraktionen liegen zwischen $> 0,5 \mu\text{m}$ und $> 15 \mu\text{m}$. Auswertung oder Darstellung beschränken sich auf die Größenfraktionen $> 0,5 \mu\text{m}$, $> 1 \mu\text{m}$, $> 2 \mu\text{m}$ und $> 7,5 \mu\text{m}$.

Um objektnah zu messen, stand das Meßgerät, in der Schack-Galerie auf einem Gestell in etwa 1,60 m Höhe, in den Pinakotheken auf einem Sockel in etwa 1,30 m Höhe. Abweichungen in der Höhe der Konzentrationen aufgrund unterschiedlicher Meßhöhen werden als vernachlässigbar betrachtet.

In den Pinakotheken erhielt das Gerät eine Abdeckhaube aus Sperrholz, um Fremdbedienung oder Verstellungen durch Unbefugte auszuschließen und stand in einer Raumecke. In der Schack-Galerie konnte auf die Abdeckung aufgrund der besseren Aufsichtsmöglichkeiten durch das Personal verzichtet werden. Das Gerät mußte aus Sorge um die ausreichende Standfestigkeit des Gestelles in den Räumen, etwa 2,5 m (Raum 3, 6, 11 und Halle) und 5 m von den Kunstwerken in Raummitte (Raum 12) aufgestellt werden.

Das Staubmeßgerät arbeitete unter Netzanschluß mit einer volumengeregelten Pumpe (3) für eine konstante Probennahme. Das Gerät arbeitet nach der Referenz- und Äquivalenzmethode, wobei hier lediglich letztere für die getroffenen Aussagen ausgewertet wurde. Bei dieser Methode werden die angesaugten Partikel (1) aufgrund unterschiedlicher Streuung des Laserlichtes (5) in Abhängigkeit der Größe einem Größenkanal zugeordnet (9).

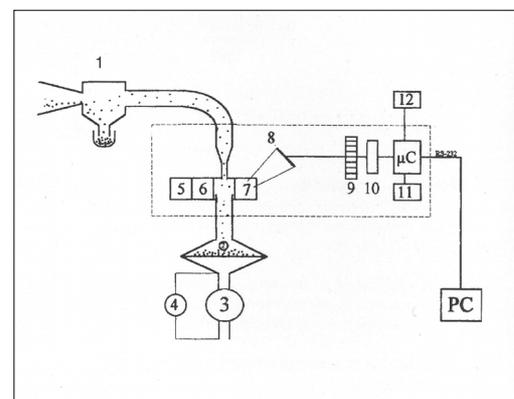


Abbildung 5.3.1: Funktionsschema des Staubmeßgerätes.

Die Abbildung ist dem Herstellerprospekt entnommen.

Die Meßgenauigkeit beträgt bei konstanter Temperatur nach den Angaben der Firma *GRIMM* +/- 2 % über den gesamten Meßbereich.

Die Meßdaten wurden auf einer Speicherkarte gesammelt und über einen PC abgerufen. Die Meßintervalle betragen pro Meßort 24 Stunden. Am günstigsten wäre jeweils ein Meßbeginn am Morgen vor Ausstellungseröffnung gewesen, um die Situation eines einzelnen Tages darstellen zu können. Wegen der zeitlichen Beschränkung der Leihfrist des Gerätes mußte fortlaufend gemessen werden, um möglichst viele Meßorte einbeziehen zu können. Das bedeutet, die Messungen zeigen Ausschnitte zweier Tage, was bei der Auswertung der Tagesbeobachtung zu berücksichtigen ist.

Für die Auswertung und besserer Darstellung wurde das Programm *Microsoft® Excel 5.0* verwendet, da die Software der Firma *GRIMM* dazu nur beschränkt in der Lage ist.

Staubanalyse

Die Analysen dienen der Bestimmung der im Staub enthaltenen Komponenten. Die Erkenntnisse sind bei der Einschätzung des Schädigungspotentials des Staubes hilfreich.

Es wurden Proben von Schmuckrahmen und Verglasungen von Gemälden im ersten Obergeschoß genommen. Der Staub wurde mit einem Pinsel auf einen Objektträger übertragen, mit Eindeckmittel (*Entellan, Merck*) fixiert und unter dem Polarisationsmikroskop untersucht. Anhand von optischen Vergleichen unter dem Mikroskop mit Referenzmaterialien konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

Unterschiedliche Fasern, vermutlich Hautpartikel, schwarze Partikel, die in ihrem Aussehen an verbranntes Papier erinnern, kristalline Partikel, viele sehr kleine Partikel. Nahezu alle Partikel waren im Durchlicht zu betrachten. Genauere und aussagekräftigere Untersuchungen konnten aus zeitlichen und finanziellen Gründen nicht gemacht werden.

pH-Wert-Messung

Die pH-Wert-Messungen wurden wie bei SCHÄFER⁹² beschrieben durchgeführt. Der Oberflächenschmutz wurde auf einen Objektträger mit einer Vertiefung gebracht und mit entionisiertem Wasser benetzt. Nach einer Einwirkzeit von zirka 10 Minuten wurde mit einem pH-Indikatorstäbchen der pH-Wert bestimmt. Zur Verwendung kamen *Acilit® pH 0-6 pH-Indikatorstäbchen* nicht blutend (Firma *Merck*), mit Indikationsschritten von 0,5 pH.

⁹² SCHÄFER (1995), S. 142

Bewertung

Staubkonzentrationen

Die im folgenden aufgeführten Grenz- und Richtwerte von Fein- oder Schwebstaub⁹³ beziehen sich auf Partikelgrößen kleiner als 10 µm.

Als Bewertungskriterien für die Luftbelastung durch Feinstaub (Schwebstaub) werden in Deutschland in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionschutzgesetz), in der 22. Verordnung zum BImSchG sowie in einer VDI-Richtlinie verschiedene Grenz- und Richtwerte genannt.

Schwebstaub			
Immissionswert	Zeitbezug	Schutzobjekt	Verbindlichkeit
22. BImSchV			
150 µg/m ³	Arithmetischer Jahresmittelwert aus Tagesmittelwerten	Menschliche Gesundheit	Grenzwert
TA-Luft			
150 µg/m ³	Arithmetischer Jahresmittelwert aus Tagesmittelwerten	Menschliche Gesundheit	Grenzwert
VDI-Richtlinie 2310			
250 µg/m ³	Tagesmittelwert	Menschliche Gesundheit	Richtwert
150 µg/m ³	Tagesmittelwert an aufeinanderfolgenden Tagen	Menschliche Gesundheit	Richtwert
75 µg/m ³	Jahresmittelwert	Menschliche Gesundheit	Richtwert

Die EU-Richtlinie 80/779/EWG legt in ihrem Anhang IV Grenzwerte fest, die mit der 22. Bundes-Immissions-Schutz-Verordnung (BImSchV) in deutsches Recht umgesetzt worden sind.

Die Maximalen Immissions-Konzentrationen (MIK-Werte) werden von der VDI-Kommission (VDI = Verein Deutscher Ingenieure) in der VDI-Richtlinie 2310 festgelegt. Bei Einhaltung der MIK-Werte ist der Schutz der menschlichen Gesundheit bzw. seiner Umwelt nach dem derzeitigen Wissensstand und nach Maßgabe der zugehörigen Kriterien gewährleistet. Bei den in der Richtlinie genannten Werten handelt es sich um Richtwerte. Die Werte besitzen keine Gesetzeskraft.

Tabelle 5.3.9: Grenz- und Richtwerte für Staubkonzentrationen.

⁹³ Feinstaub wird in der englischsprachigen Literatur als PM_{2,5} bezeichnet. Deutsche Richt- und Grenzwerte setzen allerdings auch die amerikanischen PM₁₀-Werte als Grenze. Die Situation ist derzeit unklar, nach einer freundlichen mündlichen Mitteilung vom 20.02.2002 von Herrn Melchert der Firma GRIMM.

Als Grenzwert ist vom NATIONAL BUREAU OF STANDARDS⁹⁴ eine monatliche Durchschnittskonzentration unter $75 \mu\text{m}/\text{m}^3$ angegeben. Dies entspricht dem Jahresmittelwert der VDI-Richtlinie.

Während das NATIONAL BUREAU OF STANDARDS Grenzwerte für die Lagerung von papierem Archivmaterial angibt, ist in den deutschen Grenz- und Richtwerten die menschliche Gesundheit die Grundlage.

Organismen können Schadstoffe ausscheiden oder abbauen, bei Kunstwerken findet jedoch eine Anhäufung statt. Die Zerstörungsprozesse schreiten fort und können sich unter Umständen verstärken. Daher sind auch kleine Mengen eines Schadstoffes auf lange Sicht schädigend. Diese Tatsache muß bei der Benutzung und Festlegung berücksichtigt werden. Angaben, bezogen auf die menschliche Gesundheit, können für Kunstwerke zu hoch sein.⁹⁵

Die Staubkonzentrationen in der Schack-Galerie liegen in den Durchschnitts- als auch in den Spitzenwerten deutlich über denen der Alten und Neuen Pinakothek. Der Grund hierfür ist mit größter Wahrscheinlichkeit der Fußbodenbelag: in der Schack-Galerie Teppich, in beiden Pinakotheken Parkett.

Während die Tages-Spitzenwerte in der Alten Pinakothek unter $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$ und in der Neuen Pinakothek unter $60 \mu\text{m}/\text{m}^3$ liegen, erreichen sie in der Schack-Galerie bis zu $340 \mu\text{m}/\text{m}^3$. Die Tages-Durchschnittswerte liegen in der Schack-Galerie mit 45 bis $150 \mu\text{m}/\text{m}^3$ deutlich höher als in der Alten Pinakothek (11 und $6 \mu\text{m}/\text{m}^3$) und der Neuen Pinakothek ($37 \mu\text{m}/\text{m}^3$).

Zu beachten ist dabei in der Schack-Galerie insbesondere die höhere Staubkonzentration bei Partikeln geringerer Größe im Vergleich zu größeren Partikeln. In den Pinakotheken hingegen sind die Konzentrationen der Partikelfraktion nahezu gleich. In der Schack-Galerie sind demnach die gefährlichen Partikelfraktionen in höherem Maß vertreten. Dies könnte auf das Saugen der Teppichböden zurückzuführen sein. Beim Saugen verbleiben lediglich die größeren Partikel im Filterbeutel, die kleineren werden zum größten Teil durchgelassen. Dadurch erhöht sich die Konzentration der kleineren Partikel gegenüber jener der größeren.⁹⁶

⁹⁴ NATIONAL BUREAU OF STANDARDS (1983).

⁹⁵ RYHL-SVENDSON (2001), S. 613.

⁹⁶ BRIMBLECOMBE (1990), S. 8.

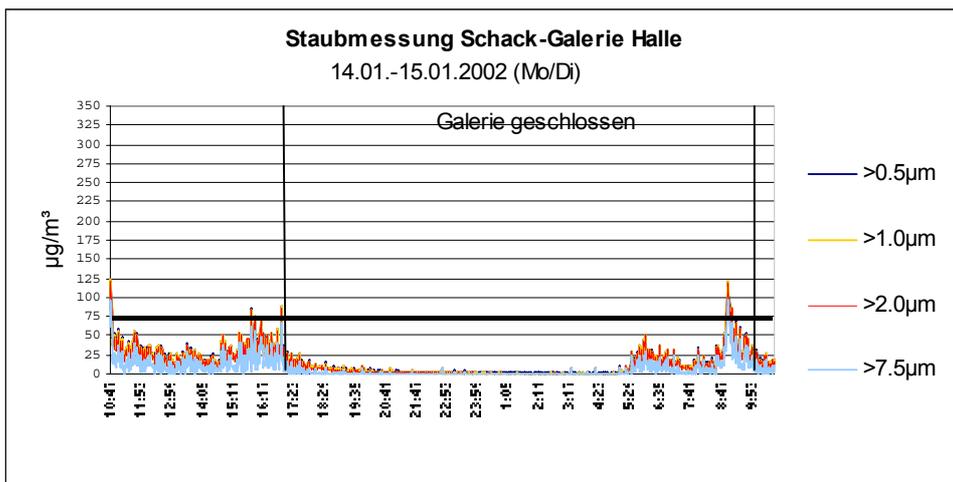
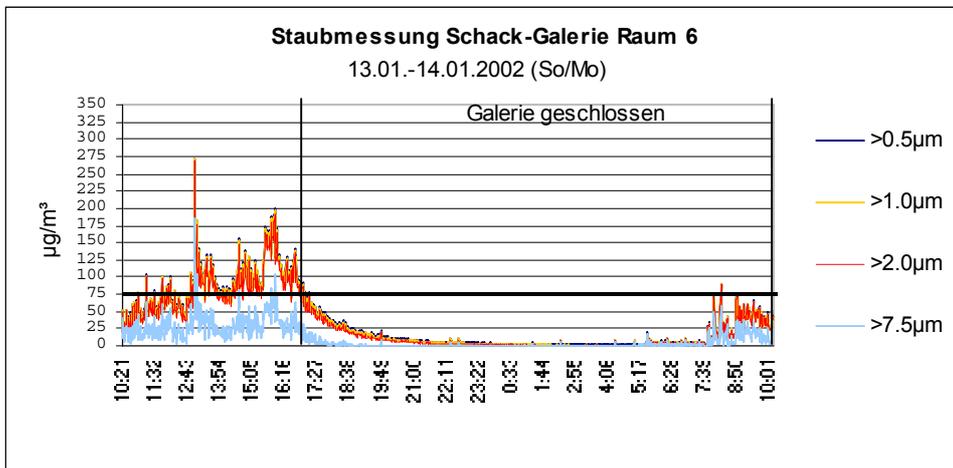
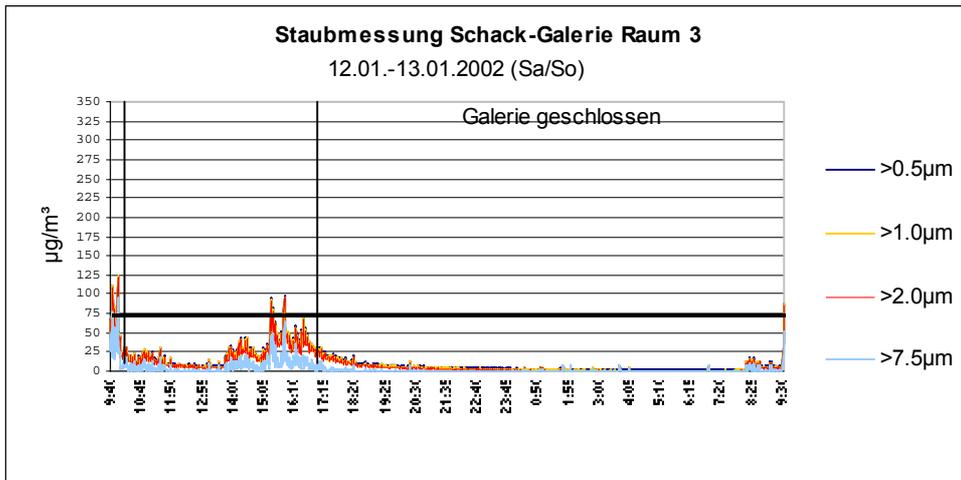


Diagramme 5.3.8-5.3.10: Staubmessungen in der Schack-Galerie im Erdgeschoß.

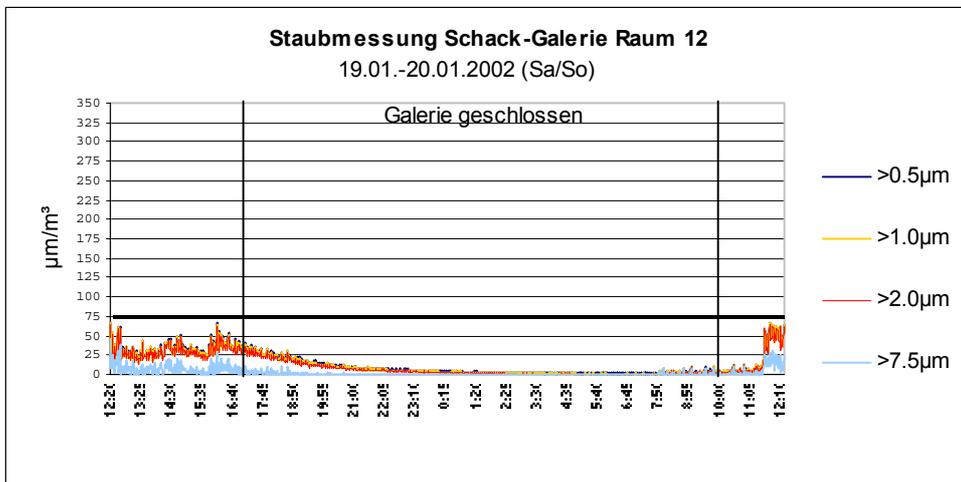
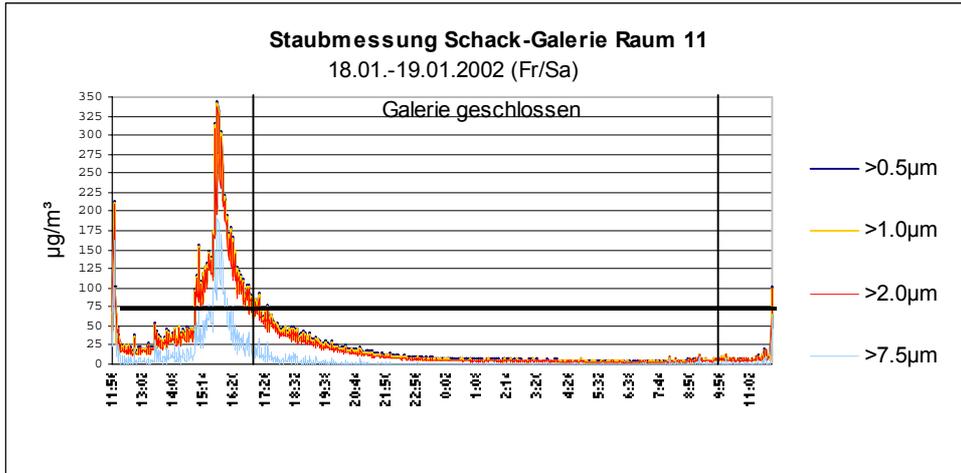


Diagramme 5.3.11-5.3.12: Staubmessungen in der Schack-Galerie im ersten Obergeschoß.

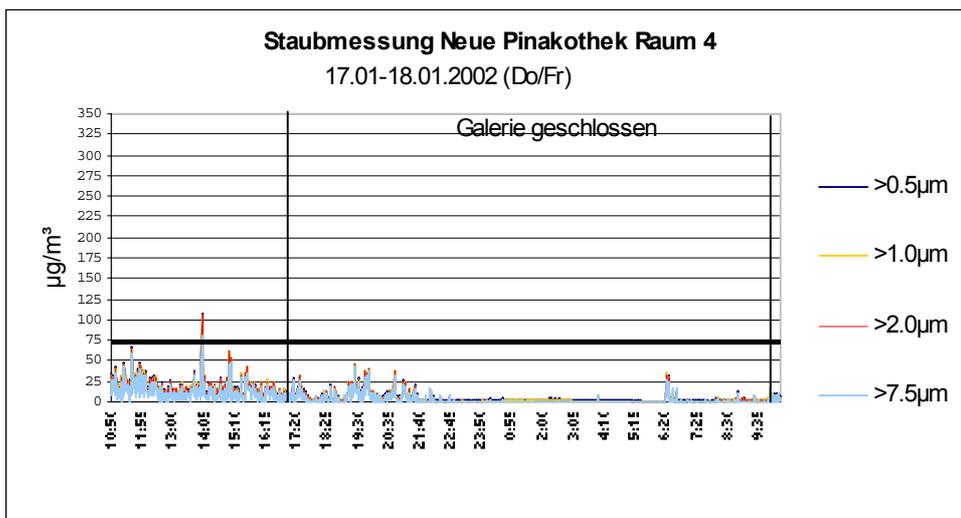
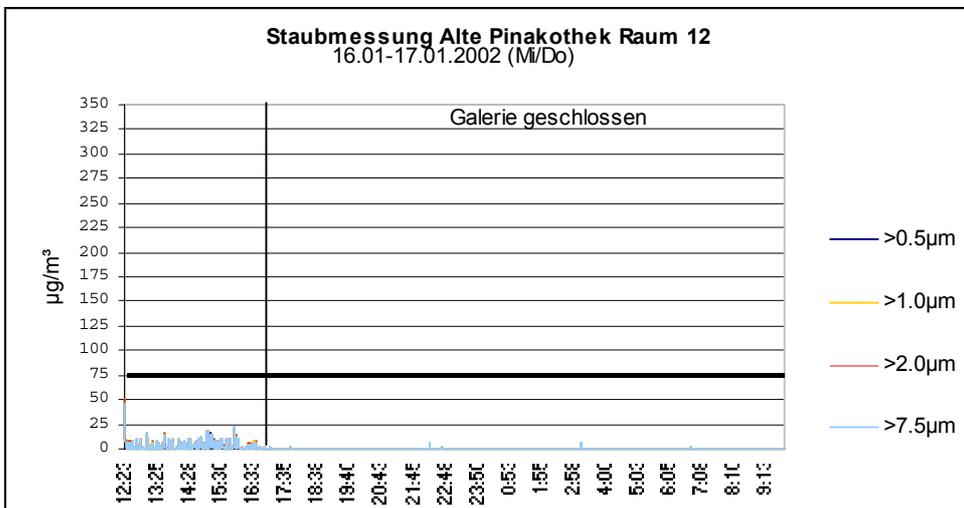
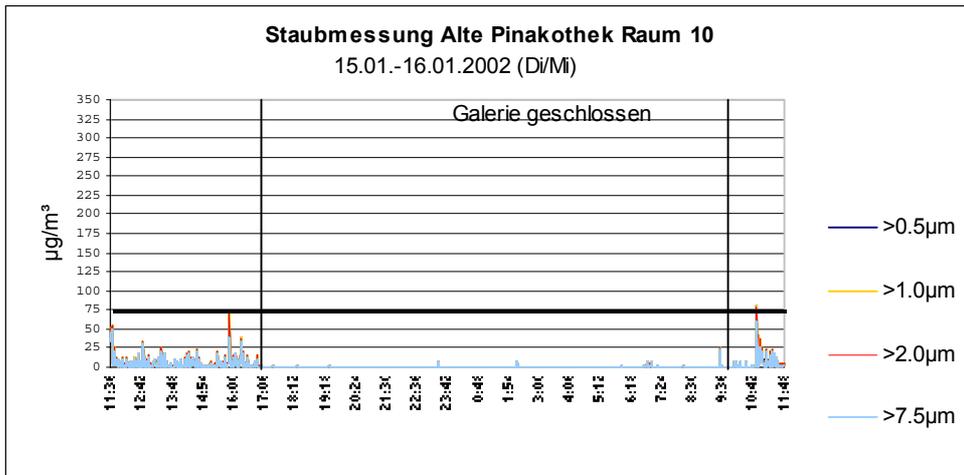


Diagramme 5.3.13-5.3.15: Staub-Referenzmessungen in den Münchener Pinakotheken.

MEßORT*	RAUM- VOLUMEN** [M ³]	RAUM- FLÄCHE [M ²]	BESUCHE R-ZAHL	TAGESMITTEL FEINSTAUB [µG/M ³]	TAGESMITTEL GESAMTSTAUB [µG/M ³]	ABSOLUTWERT GESAMTSTAUB [MG]	BESUCHER -ZAHL PRO M ²	BESUCHER -ZAHL PRO M ³
Halle	796	147,5	16	70	78	110,946	0,11	0,02
Raum 3	187	34,7	10	45	48	136,424	0,29	0,053
Raum 6	149	27,5	85	150	160	230,214	3,09	0,57
Raum 11	149	27,5	32	117	125	179,848	1,16	0,215
Raum 12	689	127,6	95	53	55	79,173	0,74	0,093
AP R 10	1200	150	500	11	13	17,374	3,33	0,417
AP R 12	1200	150	514	6	7	14,556	3,43	0,428
NP R4	1040	130	379	37	43	61,925	2,92	0,364

*Meßorte: ohne Zusatz in der Schack-Galerie, AP für Alte Pinakothek, NP für Neue Pinakothek

**Raumvolumen: In der Halle wurde am Durchgang zu Raum 1 gemessen (u. U. Raum 1 mit berücksichtigen). Die Volumina und Flächen der Räume in der Pinakothek werden etwas größer als Raum 12 in der Schack-Galerie angenommen, der Raum in der Neuen Pinakothek dürfte Raum 12 entsprechen.

Tabelle 5.3.10: Daten zu den Staubmessungen.

Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Besucher pro Raumvolumen und der gemessenen Staubkonzentrationen kann aus der oberen Tabelle und den Diagrammen 5.3.8 und 5.3.9 ersehen werden. Je höher der Wert für die Ausstellungsräume ist, desto höher ist auch die durchschnittliche Staubkonzentration.

Ebenso ist die gemessene Staubmenge, der Absolutwert in den kleineren Räumen höher als in den größeren. Für die Bewertung der Ablagerungsmenge sind weder die Häufigkeitsverteilung der Staubkonzentrationen noch die Mittelwerte von Bedeutung. Auch spielt die Partikelgröße keine Rolle. Bewertet wird die absolute Konzentration des gesamten Staubes. Diese quantitative Aussage kann bei der Entscheidung zur Ergreifung von Maßnahmen hinsichtlich der Reduzierung der Staubbilastung herangezogen werden.

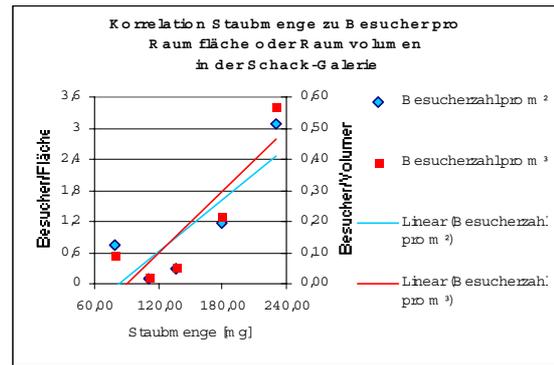
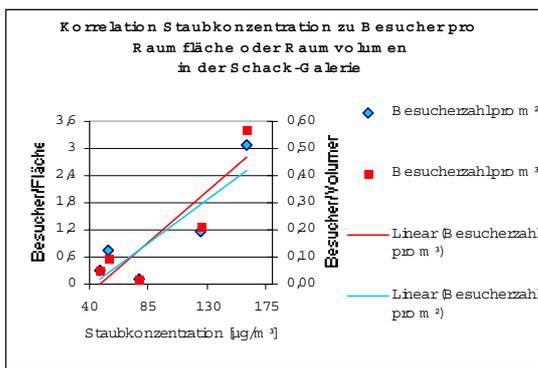


Diagramme 5.3.16 und 5.3.17: Die jeweiligen Korrelationen in Bezug auf Raumfläche und Raumvolumen liegen sehr nah beieinander.

Die Verteilung der verschiedenen Raumflächen und Raumvolumen in der Galerie bekommt dadurch eine große Bedeutung.

GRÖßENKATEGORIE	RAUMFLÄCHE [M ²]	RAUMVOLUMEN [M ³]	ANZAHL VON INSGESAM 18 RÄUMEN
klein	18,3-27,8	98,8-150,1	9
mittel	34,7	187,38	2
groß	49,0-57,3	215,6-309,4	5
sehr groß	127,6-152,0	1021-1216	2

Tabelle 5.3.11: Verteilung der Raumflächen und -volumen in der Galerie.

Tabelle 5.3.11 zeigt, daß die Hälfte der Ausstellungsräume zur kleinsten Kategorie gehört, bei welcher die Staubkonzentrationen, wie aus Tabelle 5.3.10 zu ersehen, vergleichsweise am höchsten sind. Dort ist das Verhältnis Raumfläche zu Raumvolumen relativ groß.

Nur zwei der 18 Ausstellungsräume entsprechen in ihren Dimensionen den Räumen in denen in den Pinakotheken gemessen wurde. Selbst in einem der großen Räume in der Schack-Galerie (Raum 12) lag die Staubkonzentration im Mittel um das 1,3-, 5- bis 9-fache über den Werten aus den Pinakotheken.

Der Grenzwert von 75 μm^3 wurde lediglich in zwei von vier Ausstellungsräumen und in der Eingangshalle, als Tagesmittel an vier verschiedenen Wochentagen, überschritten. Nimmt man jedoch an, daß die Konzentrationen in Räumen gleicher Abmessungen entsprechend sind, würde der Grenzwert in mindestens der Hälfte aller Räume überschritten worden sein.

Die VDI 2310 gibt Richtwerte für die Staubbelastung pro Fläche unter dem gesundheitlichen Aspekt.

Staubniederschlag und Inhaltsstoffe			
Immissionswert	Berechnungsmethode	Verbindlichkeit	Quelle
0,35 g/(m ² d)	Jahresmittelwert	Grenzwert IW1 (nicht gefährdende Stäube)	TA Luft
0,65 g/(m ² d)	max. Monatsmittel	Grenzwert IW2 (nicht gefährdende Stäube)	TA Luft

Tabelle 5.3.12: Grenzwerte für Staubniederschlag nach gesundheitlichen Aspekten.

Für die Bewertung des Risikos der Staubbelastung ausschlaggebend wird die Häufigkeit der Meßwerte angesehen, mit welcher der Grenzwert überschritten wird. Diese hängt mit der Anzahl der Besucher pro Raumvolumen zusammen.

Mit der Aussage über die Häufigkeit, läßt sich die Wahrscheinlichkeit für die Grenzwertüberschreitung errechnen, die dem Risiko der Staubbelastung entspricht.

Da die wichtigen Partikelfractionen, diejenigen bis 2 µm sind, scheint es sinnvoll die Häufigkeit der Grenzwertüberschreitung dieser und als Vergleich die der Fractionen bis 10 µm, des gesamten Feinstaubes, zu betrachten.

Raum	Häufigkeit der Grenzwertüberschreitung in %, in Klammern als Wahrscheinlichkeit	
	Fraktionen bis 2 µm	Fraktionen bis 10 µm
Halle	1,1 (0,011)	0,8 (0,008)
Raum 3	0,9 (0,009)	0,6 (0,006)
Raum 6	16,4 (0,164)	10,5 (0,105)
Raum 11	9,2 (0,092)	6,9 (0,069)

Tabelle 5.3.13: Grenzwertüberschreitungen bei den Staubbmessungen.

pH-Wert

Die pH-Wert-Messungen wurden wie oben beschrieben, mit entionisiertem Wasser durchgeführt. Es ergaben sich für die verschiedenen Proben folgende Werte:

Inv.-Nr. 115 21 Verglasung (Raum 12)	pH 5-5,5
Inv.-Nr. 115 21 Rahmen (Raum 12)	pH 5,5
Inv.-Nr. 114 57 Verglasung (Raum 11)	pH 5-5,5
Inv.-Nr. 114 57 Rahmen (Raum 11)	pH 5,5
Inv.-Nr. 115 45 Rahmen (Raum 12)	pH 5,5

Tabelle 5.3.14: Ermittelte pH-Werte von Staubproben.

Aufgrund der Messungen ist der Staub der genommenen Proben insgesamt leicht sauer. Alkalische Komponenten können deswegen jedoch nicht ausgeschlossen werden. Die Erkenntnisse können bei der konservatorischen Behandlung der Gemälde und Rahmen, vor allem bei einer Oberflächenreinigung von Bedeutung sein.

6. Zusammenfassung und Empfehlungen

6.1 Zusammenfassung

Die Zusammenfassung der aktuellen Situation gliedert sich wie das Kapitel ‚Beschreibung der aktuellen Situation‘ in die Bereiche Sammlung, Gebäude und Risikofaktoren.

Die Sammlung befindet sich im sehr seltenen Zustand kaum restauratorisch behandelt worden zu sein. Die Kunstwerke sind sehr gegen mechanische Belastungen empfindlich.

Das denkmalgeschützte Gebäude weist einige Mängel aus konservatorischer Sicht auf. Die Heizungsanlagen sind nicht befriedigend regulierbar. Dies und Undichtigkeiten der Fensterbereiche erschweren eine kontrollierbare Klimatisierung der Galerie in großem Maße. Durch die vorhandenen Teppichböden in den Ausstellungsräumen kommt es zu erhöhter Staubbelastung im Vergleich zu den Parkettböden in den Münchener Pinakotheken. Die Verschattungsanlagen der Oberlichter sind nicht funktionstüchtig, was wiederum unnötige Klima- und Lichtbelastungen der Kunstwerke bedeutet. Die fehlende UV-Schutzverglasung im ersten Obergeschoß ist aus konservatorischer Sicht nicht hinnehmbar.

Der Risikofaktor Licht ist hinsichtlich der UV-Belastung lediglich im ersten Obergeschoß von Bedeutung. In den anderen Ausstellungsräumen funktioniert der UV-Schutz durch entsprechende Verglasungen der Fenster und Verwendung geeigneter Leuchtmittel. Eine Beschränkung der Beleuchtungsstärken ist notwendig und könnte durch die richtige Nutzung der vorhandenen Verschattungssysteme erreicht werden. Gegen die Verwendung der Vorhänge gibt es allerdings berechnete ästhetische Vorbehalte.

Das Klima während der Heizperiode ist sehr ungleichmäßig und läßt sich nur schwer kontrollieren. Der Einfluß der Eingangshalle ist im Erdgeschoß festzustellen. Im ersten Obergeschoß ist das Klima in den verschiedenen Ausstellungsräumen am ausgeglichensten. Die Meßkurven verlaufen weitgehend parallel. Im zweiten Obergeschoß beeinflussen die Oberlichter das Klima wesentlich.

Bei den Messungen der Luftschadstoffe fällt vor allem Stickstoffdioxid wegen der hohen Konzentrationen auf. Die Verminderung des Schadstoffzutritts von außen ist ungenügend. Neben den undichten Fensterbereichen erfolgt der Schadstoffzutritt über den Eingang.

Bei den Staubmessungen fiel besonders der große Anteil kleiner Partikelfractionen auf. Die Ursache liegt in der Reinigung der verlegten Teppichböden.

6.2 Empfehlungen

Die Empfehlungen für die Baumaßnahmen und die Sammlung sind unabhängig voneinander, weshalb sie nebeneinander aufgelistet wurden. In der folgenden Tabelle sind die Empfehlungen in fallender Priorität angeordnet. Dem Schlagwort folgen in Klammern die von der Maßnahme betroffenen oder beeinflussten Faktoren. In den anschließenden Ausführungen werden zunächst die Sammlung betreffende Maßnahmen behandelt.

	BAUMAßNAHMEN	SAMMLUNG
1	Zonierung (Brandschutz, Klima, Schadstoffe, Kosten)	Sammlungspolitik (allgemein)
2	Bauteil- oder Wandtemperierung (Klima, Kosten)	Rückseitenschutz (Klima)
3	Luftbefeuchter (Klima, Wartung, Kosten)	Informationsverwaltung (allgemein)
4	Oberlichter/Licht (Licht, Klima, Wartung, Kosten)	
5	Oberlichter/Klima (Klima)	
6	UV-Schutz-Verglasung (Licht)	
7	Dichtigkeit des Gebäudes (Klima, Schadstoffe, Kosten)	
8	Schleuse im Windfang (Klima, Schadstoffe)	
9	Bodenbelag (Staub)	
10	Verschattung und Verdunkelung an Fenstern (Licht)	
11	Wandgestaltung (Klima, Schadstoffe)	

Tabelle 6.1: Wichtung der empfohlenen Maßnahmen.

Sammlung

Sammlungspolitik

Der Umgang mit der Sammlung ist unbedingt weiterhin so zurückhaltend wie bisher beizubehalten. Die starken Beschränkungen hinsichtlich Ausleihe, Transport, aber auch der Durchführung restauratorischer Maßnahmen sind von sehr großer Bedeutung. Nur so besteht die Möglichkeit, den überkommenen Zustand so lange wie möglich zu bewahren. Dieser einheitliche Zustand macht, abgesehen von der lokalen und sammlungsgeschichtlichen Bedeutung der Kunstwerke selbst, die Sammlung so wertvoll.

Rückseitenschutz

Der Rückseitenschutz sollte für alle Gemälde einheitlich aus Kappaplatten, Depafit oder ähnlichem, konservatorisch unbedenklichem Material bestehen. Die Hartfaserplatten sollten ausgetauscht oder zumindest auf ihre Unbedenklichkeit (eventueller Schadgasaustritt) hin untersucht werden.

Informationsverwaltung

Den Umgang mit Informationen kann man in zwei große Zuständigkeitsbereiche teilen. In einen internen Bereich der Bayerische Staatsgemäldesammlungen und in einen externen.

Im internen Bereich werden Informationen verwaltet, die direkt von den zuständigen Referenten, Restauratoren und wissenschaftlichen Mitarbeitern, unter Einbeziehung von Galeriepersonal und Haustechnikern in Erfahrung gebracht werden können. Dazu zählen vor allem die Erkenntnisse aus Untersuchungen der Kunstwerke oder dem Umgang mit ihnen (Konservierung/Restaurierung, Hängungstätigkeiten, Leihverkehr, kunsthistorische Bearbeitung, etc.). Daten aus Untersuchungen und Überwachung der direkten Umwelt (Klima, Licht, Schadstoffe, etc.) gehören ebenfalls in diesen Bereich.

Der externe Bereich beinhaltet die Verwaltung von Informationen, die nicht direkt vom Nutzer selbst in Erfahrung gebracht werden. Ein wichtiger Ansprechpartner ist das Staatliche Hochbauamt. Der Informationsfluß muß gewährleistet sein. Eine engere, abgestimmte Zusammenarbeit ist anzuraten, da unterschiedliche Sichtweisen und Bewertungsmaßstäbe die Verwertbarkeit von Informationen behindern oder zumindest erschweren.

Interner Bereich

Für eine übersichtliche, umfassende Beurteilung der Sammlung sollte eine digitale Datenbank angelegt werden, die sämtliche Informationen zu den Kunstwerken erfaßt. Beinhalten sollte die Datenbank auch die Beschreibung des jeweiligen Zustandes in Form von Kategorien.

Die Kriterien einer derartigen Zustandsbeschreibung oder Kategorisierung sollten so abgestimmt sein, daß die Empfindlichkeit der Kunstwerke gegenüber Einwirkungen von Klima, Luftverunreinigungen, Licht und mechanischen Belastungen einschätzbar wird. Es ist zu bedenken, daß dabei lediglich Tendenzen aufgezeigt werden, da konkrete Aussagen über die Auswirkung bestimmter Belastungen nur unter Vorbehalt getroffen werden können. Zu viele Unbekannte beeinflussen das individuelle Verhalten der Kunstwerke. Dennoch dient die gewünschte Vereinfachung und Kategorisierung der vielfältigen und zahlreichen Informationen zum einzelnen Kunstwerk der Verwertbarkeit und Aussagekraft. Ohne diese reduzierte Bewertung ist der Zustand einer gesamten Sammlung nicht darstellbar.

Zwei unterschiedliche Ansätze seien hier vorgestellt.⁹⁷ Die Herangehensweise, wie in Tabelle 6.2 dargestellt, entspricht üblichen Beschreibungen von Zuständen. Je schlechter der Zustand wird, desto umfangreicher wird die Beschreibung. Den Beschreibungen liegen jedoch keine einheitlichen, klaren oder einfach nachvollziehbaren Kriterien zugrunde.

Durch die Verwendung der Schadenstypen aus Tabelle 6.3 sind 288 unterschiedliche Zustände zu beschreiben. Eine Verbindung der Tabellen 6.2 mit 6.3 könnte zu einer praktikablen Kategorisierung führen, wie sie in Tabelle 6.4 vorgeschlagen ist. Über die einzelnen Schadenstypen und -phänomene sowie deren Zuordnung zu entsprechenden Kategorien muß im einzelnen diskutiert werden.

Da in den Bayerischen Staatsgemäldesammlungen gerade ein Datenbanksystem eingerichtet wird, sollte bei der Erstellung auf diese Auswertmöglichkeit nicht verzichtet werden.

ZUSTANDSKATEGORIEN

gut	guter Gesamtzustand, stabil keine Maßnahmen erforderlich
akzeptabel	optisch unbefriedigender Gesamtzustand oder beschädigt, aber stabil keine sofortigen Maßnahmen notwendig
schlecht	Eingeschränkte Verwendung, wahrscheinlich instabil Sofortigen Maßnahmen wünschenswert
inakzeptabel	äußerst geschwächt, höchst instabil, aktiv zerstörend, andere Objekte beeinflussend sofortige Maßnahmen notwendig

Tabelle 6.2: Beispiel einer Einteilung des Erhaltungszustandes in Kategorien.⁹⁸

⁹⁷ ASHLEY-SMITH (1999) S. 110 ff.

⁹⁸ ASHLEY-SMITH (1999) S. 111.

SCHADENSTYPEN

TYP	PHÄNOMEN
1 Strukturelle Schäden (Schichtentrennung, Schaden am Träger, ...)	a) groß / flächig b) klein / punktuell
2 Oberflächenbeschädigung	a) Schichten fest b) Schichten aufstehend c) Schichten lose
3 Übermalung/Retusche	a) punktuell b) großflächig
4 chemische Zerstörung (Vergilbung, Versprödung, ...)	a) stark auffällig b) auffällig c) unauffällig
5 biologischer Angriff	a) vorhanden b) nicht vorhanden
6 schlechte Altrestaurierungen	a) flächig b) punktuell
7 Oberflächenverschmutzung	a) leicht entfernbar b) schwer entfernbar

Tabelle 6.3: Auflistung von Hauptschadenstypen.

ZUSTANDSBESCHREIBUNG

KATEGORIE	SCHADENSTYPEN UND -PHÄNOMENE
gut: keine Maßnahmen erforderlich	kleine/punktuelle strukturelle Schäden (1b), Schichten fest (2a), punktuelle Übermalung/Retusche (3a), unauffällige chemische Zerstörung (4c), kein biologischer Angriff (5b), punktuelle schlechte Altrestaurierungen (6a), leicht entfernbare Oberflächenverschmutzung (7a)
akzeptabel: keine sofortige Maßnahmen erforderlich	kleine/punktuelle strukturelle Schäden (1b), aufstehende Schichten (2b), 3b, 4b, 5b, 6b, 7a
schlecht: sofortige Maßnahmen wünschenswert	1a, 2b/c, 3b, 4a/b, 5a/b, 6a/b, 7a/b
inakzeptabel: sofortige Maßnahmen notwendig	1a, 2c, 3b, 4a, 5a, 6a, 7b

Tabelle 6.4: Ansatzweise ausgeführter Vorschlag einer kategorisierenden Zustandsbeschreibung.

Externer Bereich

Eine Archivierung nach ‚verwaltungs- oder unterhaltstechnischen‘ Anforderungen unterscheidet sich in ihrer Zielsetzung wesentlich von der auf längere Zeiträume ausgerichteten konservatorischen Denkweise. Hier zeigt sich die Notwendigkeit der Zusammenarbeit der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen mit dem Staatlichen Hochbauamt.

Wichtig wäre die Bewertung durch das Hochbauamt von durchgeführten Baumaßnahmen nach konservatorischen Gesichtspunkten. In dieser Auflistung sollten zur schnelleren Übersicht lediglich die ausgeführten Baumaßnahmen aufgeführt sein. Es muß ersichtlich sein WANN, WAS, WO, WIE (MIT WAS) und VON WEM ausgeführt worden ist und wo die entsprechenden Unterlagen im Staatlichen Hochbauamt zu finden sind.

Als Vorschlag ist folgende Tabelle zu sehen:

Datum	ausgeführte Baumaßnahme	Lokalisierung, ggf. mit Planeintrag	genaue Bezeichnung verwendeten Materials	ausführende Firma	Verweis zum Archiv des Hochbauamtes

Tabelle 6.5: Vorschlag zur Dokumentation von **ausgeführten** Baumaßnahmen.

Die Weiterleitung mit Rückmeldung und gegebenenfalls Besprechung der Informationen sollte regelmäßig in vereinbarten Zeitintervallen erfolgen. Dadurch wird eine kontinuierliche Zusammenarbeit gewährleistet.

Baumaßnahmen

Zonierung

Aus Gründen des Brandschutzes ist eine Zonierung der Galerie in Brandabschnitte erforderlich. Dies könnte am unauffälligsten und unter dem ästhetischen Gesichtspunkt am befriedigsten mit dem Einbau von Glastüren verwirklicht werden. Mit der Verwendung entsprechender Gläser (F- oder G-Verglasung) würde man brandschutztechnische Auflagen erfüllen.⁹⁹

Die Klimatisierung der einzelnen Ausstellungsbereiche wäre durch eine Zonierung ebenfalls einfacher, da Einflüsse vom Treppenhaus reduziert würden.

Bauteil- oder Wandtemperierung

Problematisch sind die ungleichmäßige Temperierung der Ausstellungsräume auf einer Geschoßebene sowie die relativ großen Temperaturdifferenzen (von bis zu 5 °C!) zwischen den Ebenen in der gesamten Galerie.

Statt einer Erneuerung der Heizkörper und/oder Regulierungseinheiten sollte man den Einbau einer Bauteil- oder Wandtemperierung in Betracht ziehen. Damit wären mehrere Vorteile verbunden¹⁰⁰:

- Kosteneinsparung im Investitionsbereich,
- Verbrauchskostenreduzierung,
- Reduzierung der Wartungs- und Instandhaltungskosten,
- unproblematische Regulierung,
- Verbesserung der Raumlufzustände.

Durch den Einbau einer Wandtemperierung ist eine einheitlichere Temperatur innerhalb der einzelnen Ausstellungsbereiche zu erwarten. Voraussetzung ist eine Zonierung, beispielsweise durch Glastüren, wie oben beschrieben.

Die Raumtemperatur könnte aufgrund des angenehmeren Wärmeempfindens durch die Strahlungswärme gesenkt werden. Damit reduziert sich vermutlich der notwendige Befeuchtungsbedarf (absolute Feuchte) und infolge dessen auch der Wasserverbrauch.

⁹⁹ HILBERT (1996), S. 357 f.

¹⁰⁰ Freundliche Bereitstellung von Michael Kotterer (Museum Ostdeutsche Galerie, Regensburg) des Vorabzugs einer geplanten gemeinsamen Veröffentlichung des Museums Ostdeutsche Galerie, Schloß Schönbrunn und der Messerschmidt Stiftung München, in der Wissenschaftlichen Reihe Schloß Schönbrunn.

Luftbefeuchtung

Der Ersatz der transportablen Luftbefeuchter durch Geräte mit festem Wasseranschluß wäre zu empfehlen, um eine kontinuierliche Befeuchtung zu gewährleisten. Von Vorteil erscheinen Feuchtesensoren im Raum, außerhalb der Luftbefeuchter. Der Regelwert entspricht dann der tatsächlich vorhandenen Feuchte im Raum.

Die Bedienungs- und Wartungsarbeiten sind bei angeschlossenen Geräten weniger umfangreich. Das Aufsichtspersonal müßte sich dann nicht mehr im derzeitigen Ausmaß um die Luftbefeuchter kümmern. Unregelmäßigkeiten und Bedienungsfehler würden minimiert.

Oberlichter/Licht

Die Mechanik der Verschattungsanlagen in den Oberlichtern müßte instand- und eingesetzt werden. Der Ersatz des anfälligen Rollosystems durch ein mechanisch stabileres System (beispielsweise mit Lamellen) ist zu empfehlen.

Oberlichter/Klima

Die Oberlichträume müßten ausreichend temperiert werden. Vor allem die Oberlichträume über den Ausstellungsräumen im zweiten Obergeschoß müßten vermutlich im Sommer gekühlt werden oder es müßte zumindest ein Hitzestau ausgeschlossen sein. Im Oberlichtraum für Raum 12 gibt es eine Umluftanlage. Bei dieser wäre die Funktionstüchtigkeit zu überprüfen.

UV-Schutz-Verglasung

Der Ersatz der Fensterscheiben im ersten Obergeschoß durch Verglasungen mit UV-Schutz ist aus konservatorischer Sicht unumgänglich. Als kostengünstige Alternative könnten die jetzigen Fenster mit UV-Schutzfolie beklebt werden.

Bei Wandanstrichen sollte eine Farbe verwendet werden, welche die restliche UV-Strahlung absorbieren kann, wie beispielsweise mit Anteilen von Titanweiß (Rutilform).

Dichtigkeit des Gebäudes

Um das Eindringen von Schadstoffen aus dem Außenbereich (hier vor allem NO₂) zu vermindern und die Stabilität des Klimas zu fördern, muß die Dichtigkeit der Fenster und der Verfugungen verbessert werden.

Stickstoffdioxid liegt weit über den Grenzwerten und ist somit vorrangig zu betrachten.

Die Möglichkeiten der Reduzierung der Luftschadstoffe in der Galerie sind in der derzeitigen Gebäudesituation sehr beschränkt. Als Maßnahmen zur Reduzierung gasförmiger Schadstoffe kommen die Minimierung deren Eindringens von außen sowie die passive Bindung im Innenraum in Betracht. Eine passive Bindung der Schadstoffe kann durch entsprechende Wandgestaltungen (siehe unten) erreicht werden. Interne Schadstoffquellen wurden nicht erkannt.

Schleuse im Windfang

Über den Eingang erfolgt die größte Störung des Klimas und der höchste Schadstoffzutritt. Denkbar ist die Nutzung des Windfanges als Schadstoff- und Klimaschleuse¹⁰¹.

Durch die Umnutzung der Lüftungskanäle auf dem Balkon im ersten Obergeschoß könnte der Windfang klimatisiert und mit einem Gemisch von gefilterter Ab- und Frischluft beschickt werden. Die Schwingtüren zur Eingangshalle könnten durch einfache Maßnahmen abgedichtet werden. Beispielsweise durch die Anbringung von Bürsten oder Gummilippen an den Kantenflächen.

Bodenbelag

Trotz der beschränkten Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse können zur Reduzierung des großen Anteils an kleinen Partikelgrößen im Staub folgende Maßnahmen in Betracht gezogen werden:

- 1) Anzustreben ist vor allem die Reduzierung der hohen Konzentration an gefährlichen Partikeln bis 2 µm. Am effektivsten wäre es nach den vorliegenden Meßergebnissen, die Teppichböden durch Parkett zu ersetzen. Dabei sind allerdings neben den Beschaffungskosten vor allem die Folgekosten durch Reinigungs- und Pflegemaßnahmen zu berücksichtigen.
- 2) Eine Sofortmaßnahme wäre die Verwendung besserer Filtertüten oder -einsätze in die Staubsauger. Damit könnten die kleineren Partikelgrößen in höherem Maße zurückgehalten werden. Zu überprüfen wäre die Wirksamkeit dieser Filter. Die Verwendung von speziellen Industriestaubsaugern für Reinnräume wäre wünschenswert.

¹⁰¹ Vorschlag von Dr. Burmester beim Ortstermin vom 20.03.2002 in der Schack-Galerie.

Verschattung und Verdunkelung der Fenster

Als eine hilfreiche Faustregel hinsichtlich der Belichtung von Kunstwerken gilt:

*Je geringer die Dosis, desto günstiger für die Kunstwerke.*¹⁰²

Eine Reduzierung der Belichtung kann im vorliegenden Fall durch möglichst vollständige Verdunkelung außerhalb der Öffnungszeiten erfolgen. An den Fenstern wäre das durch Anbringen lichtdichter Vorhänge ohne größeren Aufwand zu erreichen. Die Oberlichter müßten ebenfalls eine Verdunkelung erhalten.

Eine Begrenzung der zulässigen Beleuchtungsstärke auf durchschnittlich 250 lx wäre notwendig. Die Richtwerte für die Beleuchtungsstärken sollte die Dosis der Belichtung als Grundlage haben (vgl. hierzu S. 33f.). Für die Monate mit niedrigem Sonnenstand (bis 30-40° im Tagesverlauf), könnten sogar Beleuchtungsstärken bis maximal 440 lx vertreten werden. Für Monate mit höherem Sonnenstand wäre die maximale Beleuchtungsstärke durch Messungen zu ermitteln. Voraussetzung wäre die Möglichkeit der kompletten Verdunkelung außerhalb der Öffnungszeiten. Durch (teilweises) Schließen der vorhandenen Vorhänge ließe sich eine Begrenzung der Beleuchtungsstärken, wie auch schon durch das Aufsichtspersonal gehandhabt wird, sehr einfach regulieren. Eine bessere Regulierung wäre durch die Verwendung halbtransparenter Jalousien gegeben. Wären zwei oder mehr Lagen vorhanden, könnte die Beleuchtungsstärke relativ gut dosiert werden. Eine andere Möglichkeit wären Lamellenvorhänge. Der Vorteil wäre die Möglichkeit der einheitlicheren Lichtführung, bei welcher der Tageslichtcharakter einer gerichteten Beleuchtung erhalten bliebe.¹⁰³ Im Gegensatz dazu verursachen die derzeit vorhandenen Vorhänge in Mittelstellungen eine uneinheitliche und im geschlossenen Zustand eine sehr diffuse Beleuchtung.

Zur Kontrolle und als Entscheidungshilfe wäre es notwendig, entweder ständig ein Meßgerät in der Galerie zu haben oder eingebaute, ablesbare Lichtsensoren. Ohne Meßgerät ist eine Bewertung der jeweiligen Lichtstärken nicht möglich.

Der Temperatureinfluß der Oberlichter in Raum 12 wird durch die große Raumhöhe etwas ausgeglichen. Diese Möglichkeit entfällt bei den niedrigen Räumen im zweiten Obergeschoß. Eine zusätzliche Reduzierung der Wärmelast und zugleich der Beleuchtungsstärke wäre durch den Aufbau außenliegender Verschattungsmechanismen, wie beispielsweise Lamellensysteme oder Lochgitter zu erreichen.

¹⁰² SCHAEFFER (2001), S. 162.

¹⁰³ HILBERT (1996), S. 57 f.

Wandgestaltung

Durch die Verwendung geeigneter, Schadstoffe absorbierender Innenraumausrüstung oder -gestaltung könnte eine weitere Reduzierung der Schadstoffkonzentrationen erfolgen. Von Vorteil wäre beispielsweise, den Wandanstrich wie oben beschrieben mit alkalischen Farben (Kalkfarben) mit möglichst poröser Oberfläche auszuführen oder sich für textile Wandbespannungen (eventuell sogar mit Absorptionsmaterial behandelt)¹⁰⁴ zu entscheiden. Ebenso könnte die Wandgestaltung so ausgeführt werden, daß sie als Feuchtepuffer dient.¹⁰⁵ Damit wäre eine Stabilisierung der Raumklimata zu erwarten.

¹⁰⁴ vgl. hierzu: WALLER (2002, www).

¹⁰⁵ vgl. hierzu: PADFIELD (1999), S. 83 ff.

7. Literaturverzeichnis

Analoge Medien

- ASHLEY-SMITH (1999) Jonathan Ashley-Smith, *Risk Assessment for Object Conservation*, Oxford 1999
- BILLETER (1994) Felix Billeter, *Adolph Friedrich Graf von Schack. Eine Chronik seines Lebens*, in: Lenz, Christian (Hrsg.), *Adolf Friedrich Graf von Schack. Kunstsammler, Literat und Reisender*; Ausstellungskatalog, München 1994, S. 195 ff..
- BLADES et al. (2000) Nigel Blades, Tadj Oreszczyn, Bill Bordass und May Cassar; *Pollution Control in Museum Buildings*, Hitching 2000
- BRIMBLECOMB (1990) Peter Brimblecombe, *Particulate material in air of art galleries*, in: *Dirt and Pictures Separated*, The United Kingdom Institute for Conservation, Gainsborough 1990
- BURMESTER (2000) Andreas Burmester, *Die Beteiligung des Nutzers bei Museumsneubau und –sanierung: Risiko oder Notwendigkeit? oder Welche Klimawerte sind die richtigen?*, in: Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (Hrsg.), *Raumklima in Museen*, Tagungsband, Bietigheim-Bissingen 2000, S. 9-24.
- BURMESTER und ECKERMANN (1999) Andreas Burmester und Wulf Eckermann, *Sollwerte für die relative Feuchte und die Temperatur direkt am betreffenden Objekt*, in: Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (Hrsg.), *Raumklima in Museen*, Bietigheim-Bissingen 1999, S.15.
- CASSAR et al. (1999) May Cassar, Nigel Blades und Tadj Oreszczyn, *Air pollution levels in air-conditioned and naturally ventilated museums: A pilot study*, in: ICOM Committee for Conservation, Preprints, 12th triennial Meeting Lyon, 29 August-3 September 1999, S. 31-37, London 1999
- EIPPER (1993) Paul-Bernhard Eipper; *Die Reinigung von Gemäldeoberflächen mit Tensiden: der Einsatz von modifizierten Polyvinylacetaten zur Konservierung von textilen Bildträgern*, Bern 1993

- GEMÄLDEKATALOG (1969) Bayerische Staatsgemäldesammlungen, *Gemäldekataloge Bd. 2, Schack-Galerie Textband*, München 1969
- HCC (1999) The Heritage Collections Council (Hrsg.), *Development of a best practice model for conservation and preservation assessment plans for cultural collections. Final Project Report: Methodology and Analysis. A Heritage Collections Council project undertaken by Artlab Australia in partnership with the History Trust of South Australia and the State Library of New South Wales. February 1999. Volume 2*, Australien 1999.
- HILBERT (1996) Günter S. Hilbert, *Sammlungsgut in Sicherheit. Beleuchtung und Lichtschutz, Klimatisierung, Sicherungstechnik, Bautenschutz*, Berliner Schriften zur Museumskunde, Bd. 1, 2., vollst. überarb. und erw. Aufl., Berlin 1996
- HOLLEMAN-WIBERG (1995) Nils Wiberg, *Holleman-Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie. Begründet von A. F. Holleman, fortgeführt von Egon Wiberg. 101., verbesserte und stark erweiterte Auflage von Nils Wiberg*, Berlin 1995
- HOLMBERG (1997) Jan G. Holmberg, *Technical Classification of Museum Buildings ICOM-ICAMT 1989*, in: EURO CARE Eureka Project EU 140, EU 1378 PREVENT, Preventive Conservation, Report No.7 from Swedish Partners, Stockholm 1997
- NATIONAL BUREAU OF STANDARDS (1983) National Bureau of Standards, *Air Quality Criteria for Storage of Paper-based Archival records*, NBSIR 83-2795. National Bureau of Standards, Washington DC 1983
- PADFIELD (1999) Tim Padfield, *On the usefulness of water absorbent materials in museum walls*, in: ICOM Committee for Conservation, Preprints, 12th triennial Meeting Lyon, 29 August-3 September 1999, S. 83-87, London 1999
- POPHANKEN (1995) Andrea Pophanken, *Graf Schack als Kunstsammler. Private Kunstförderung in München (1857-1874)*, Beiträge zur Kunstwissenschaft, Bd. 60, München 1995
- RYHL-SVENDSEN (2001) Morton Ryhl-Svendsen; *Luftschadstoffe in Museen. Eine Einführung in Wirkungsweise, Monitoring und Kontrolle*, in: Restauro Jg. 8/2001, S. 613-619, München 2001

- SCHÄFER (1995) Schäfer, Stefan; *Grundlagen wässriger Reinigung nach Richard Wolbers*, in: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Jg. 9/1995, Heft 1, Worms am Rhein 1995
- SCHAEFFER (2001) Terry T. Schaeffer, *Effects of Light on Materials in Collections. Data on Photoflash and Related Sources*, in: research in conservation, Los Angeles, 2001.
- THOMSON (1986) Thomson, Garry; *The Museum Environment. Second Edition*, Oxford 1986

Digitale Medien

- SCHWÄBISCHES
TAGBLATT
(2001, WWW) Schwäbisches Tagblatt GmbH, in: das magazin, *Zimmergift PCB: Alte Bausünden sorgen für dicke Luft*. Online unter URL:
<<http://www.cityinfonetz.de/tagblatt/archiv/2001/das.magazin/47/artikel1.html>> (Stand 08.03.2002)
- DARDES et al.
(1998, WWW) Kathleen Dardes et al., *The Conservation Assessment: A Proposed Model for Evaluating Museum Environmental Management Needs. Version 9/99*, in: The Getty Conservation Institute Publications. Online unter:
<<http://www.getty.edu/conservation/resources/assessmodeleng.pdf>>
(Stand 26.03.2002)
- LEVIN (1992, WWW) Leffrey Levin, *Preventive Conservation*, in The Getty Conservation Institute Newsletter, Vol. 7, N° 1, Winter 1992. Online unter URL:
<http://www.getty.edu/conservation/resources/newsletter/7_1/preventive.html> (Stand 08.03.2002).
- NAZAROFF (1993, WWW) William. W. Nazaroff et al., *Airborne Particles in Museums*, in: The Getty Conservation Institute Publications, 1993. Online unter URL:
<<http://www.getty.edu/conservation/resources/airborne.pdf>>
(Stand 08.03.2002).

- ROSE (1999, WWW) Carolyn L. Rose, *Conservation of Museum Collections*, in The Getty Conservation Institute Newsletter, Vol. 14, N° 3, Fall 1999. Online unter URL:
<http://www.getty.edu/conservation/resources/newsletter/14_3/feature1_5.html> (Stand 08.03.2002).
- WALLER (2002, WWW) Christoph Waller, *Schadstoffverminderung in Ausstellung und Depot*. Online unter URL:
<<http://www.cwaller.de/teil4.4htm>> (Stand 22.03.2002)
- TRACERTECH (2002, WWW) TracerTech; *Meßdurchführung*, S. 4. Online unter URL:
<<http://www.tracertech.de>> (Stand 22.03.2002)

8. Anhang

Adressen und Kostennachweis

Gebäudedichtigkeitsmessungen

Die folgenden Angaben entsprechen dem Stand Oktober 2001 der Firma *TracerTech, Gesellschaft für Spurengastechnik mbH*. Die Kosten beinhalten drei Kombi-Sets. Diese Sets bestehen jeweils aus einer mit Spurengasgefüllten Spritze und zehn Spritzen zur Probenahme. Die Kosten betragen je DM 390,-, entsprechend etwa € 199,-. Die Gesamtkosten lagen bei € 598,-

TracerTech GmbH,
Hardstr. 19
D-88090 Immenstadt a. B.

Tel.: +49-(0)7545-9411-0
Fax: +49-(0)7545-9411-29
E-Mail: service@tracertech.de

Schadstoffmessungen

Die folgenden Angaben entsprechen dem Stand November 2001 der Firma *Gradko International Ltd.*. Die Kosten beinhalten die Passivsammler und die Analyse.

NO ₂ -Sammler:	£ 4,50
SO ₂ -Sammler:	£ 6,-
O ₃ -Sammler:	£ 8,-
<u>H₂S-Sammler:</u>	<u>£ 8,50</u>
	£ 27,- á 5 Sammler £ 135,- , entsprechend € 212,- .

Gradko International Ltd.
St. Martins House
Wales Street
Winchester, Hampshire SO23 0RH

Tel.: +44-(0)1962-841339
E-mail: gradokouk@aol.com

Staubmessungen

Die folgenden Angaben entsprechen Stand November 2001 der Firma *GRIMM* und sind auf volle €-Beträge aufgerundet. Der Mietpreis für eine Woche (5 % des Kaufpreises) betrug 405,- €. Der Kaufpreis für die verwendete Meßanordnung betrug demnach € 8.100,-. Diese Preise beziehen sich auf das Gerät 1.104; da dieses nicht vorhanden war, wurde das nächstgrößere Gerät 1.105 zur Verfügung gestellt. Der Mietpreis hierfür hätte etwa € 443,- betragen.

Zur Verwendung kamen:

- radialsymmetrischer Ansaugkopf
- Netzladegerät
- PTFE-Filter
- Anschlußröhrchen
- Speicherkarte 512 kB
- Bedienungsanleitung
- Verbindungskabel
- Basis-Software

Die Meßanordnung kann je nach Bedürfnissen variiert werden.

GRIMM Labortechnik GmbH & Co.KG

Dorfstraße 9

D-83404 Ainring

Tel.: +49-(0)8654-578-0

Fax: +49-(0)8654-578-10

E-Mail: grimm-lbt@t-online.de

Die Gesamtkosten der durchgeführten Untersuchungen

Dichtigkeitsmessungen	€ 598,-
Schadstoffmessungen	€ 212,-
<u>Staubmessungen</u>	<u>€ 405,-</u>
gesamt	€ 1215,-

Meßdaten der Dichtigkeitsmessungen

<i>EG Nr.</i>	<i>Zeit</i>	<i>t_{rel}</i>	<i>Konzentration [ppb]</i>
1	10:16:30	10:16:30	33,70
2	10:31:30	10:31:30	30,00
3	10:46:30	10:46:30	27,10
4	11:01:30	11:01:30	25,60
5	11:16:30	11:16:30	23,30
6	10:17:00	10:17:00	32,30
7	10:32:00	10:32:00	29,50
8	10:47:00	10:47:00	27,00
9	11:02:00	11:02:00	25,10
10	11:17:00	11:17:00	23,20

<i>1. OG Nr.</i>	<i>Zeit</i>	<i>t_{rel}</i>	<i>Konzentration [ppb]</i>
1	10:16:00	10:16:00	22,00
2	10:30:30	10:30:30	21,90
3	10:46:00	10:46:00	21,80
4	11:01:00	11:01:00	21,90
5	11:16:00	11:16:00	21,80
6	10:16:00	10:16:00	22,20
7	10:31:00	10:31:00	22,50
8	10:46:00	10:46:00	22,40
9	11:01:00	11:01:00	22,10
10	11:16:00	11:16:00	21,90

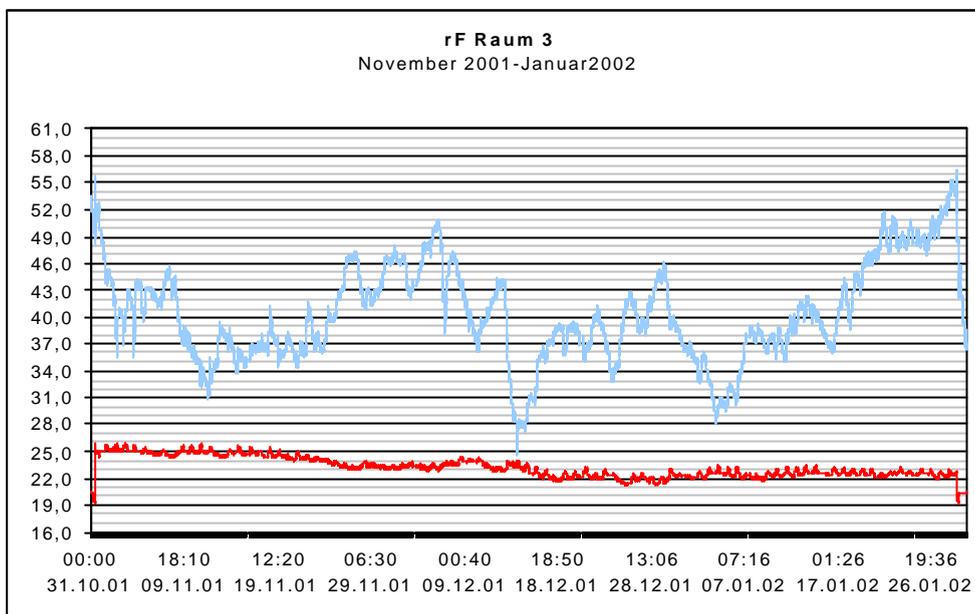
<i>2. OG Nr.</i>	<i>Zeit</i>	<i>t_{rel}</i>	<i>Konzentration [ppb]</i>
1	10:16:00	10:16:00	43,10
2	10:31:00	10:31:00	39,30
3	10:46:00	10:46:00	36,30
4	11:01:00	11:01:00	34,30
5	11:16:00	11:16:00	31,84
6	10:16:00	10:16:00	43,70
7	10:31:00	10:31:00	40,30
8	10:46:00	10:46:00	36,60
9	11:01:00	11:01:00	34,80
10	11:16:00	11:16:00	33,20

Meßdaten der Schadstoffuntersuchungen

Meßort	O3	SO2	NO2
M.-Stachus	58	2,3	48
M.-Effnerplatz		0,4	39,5
	O3	SO2	NO2
Balkon	3,49	1,29	20,05
Windfang	3,88	0,8	18,38
Raum 3	7,77	1,1	8,91
Raum 6	2,33	1,53	9,19
Raum 16	1,94	1,04	7,24
empfohlene Grenzwerte	1	4	5
Überschreitung Raum 3 in %	677	-72,5	78,2
Überschreitung Raum 6 in %	133	-61,75	83,8
Überschreitung Raum 16 in %	94	-74	44,8
Faktor der Überschreitung	O3	SO2	NO2
Windfang	3,88	0,20	3,68
Raum 3	7,77	0,28	1,78
Raum 6	2,33	0,38	1,84
Raum 16	1,94	0,26	1,45

Klimabewertung Raum 3, November 2001-Januar 2002

Das Liniendiagramm ist mit Microsoft Excel erstellt worden.



Die weiteren Diagramme sind mit SPSS erstellt worden.

Die Datumsanzeigen sind wegen Konvertierungsproblemen nicht wie gewünscht darstellbar. Die Interpretation ist deswegen nicht beeinflusst.

Die Anordnung ist jeweils in Leserichtung November, Dezember und Januar.

Deskriptive Statistik November

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8640	23,00	25,80	24,4881	,6731
F	8640	30,90	49,70	39,5362	3,7908
Gültige Werte (Listenweise)	8640				

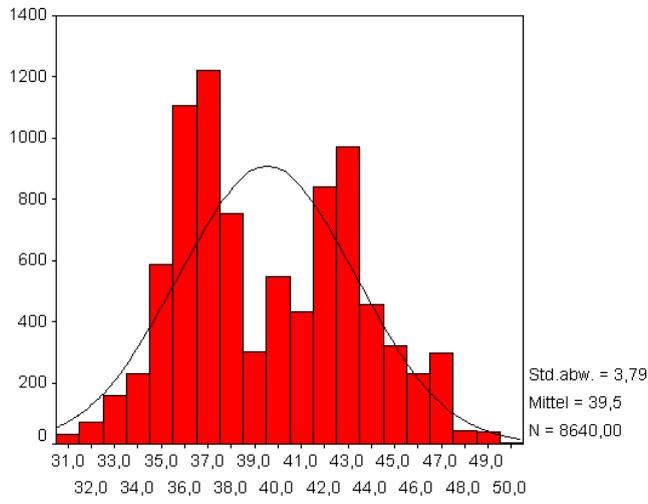
Deskriptive Statistik Dezember

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8927	21,20	24,40	22,7717	,7383
F	8927	24,60	50,70	39,9974	5,1343
Gültige Werte (Listenweise)	8927				

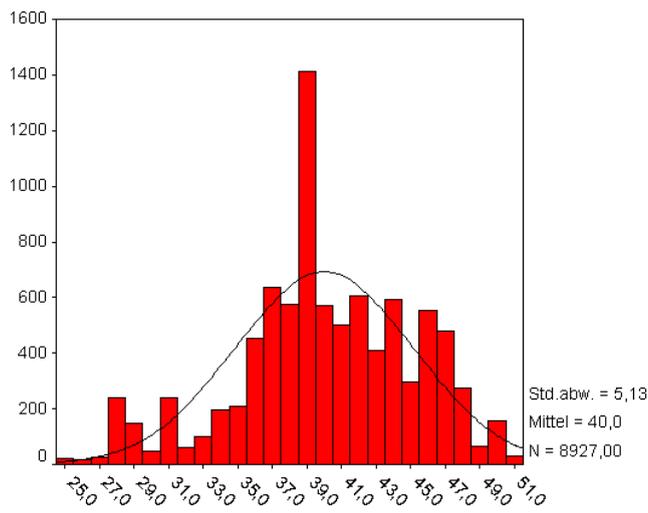
Deskriptive Statistik Januar

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8472	19,20	23,50	22,4384	,5088
F	8472	28,10	56,50	41,3682	6,6275
Gültige Werte (Listenweise)	8472				

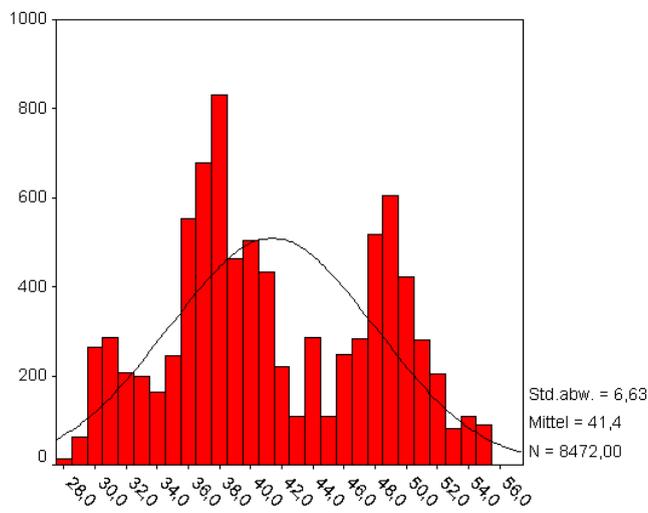
Histogramme der Häufigkeitsverteilung der Feuchte



F

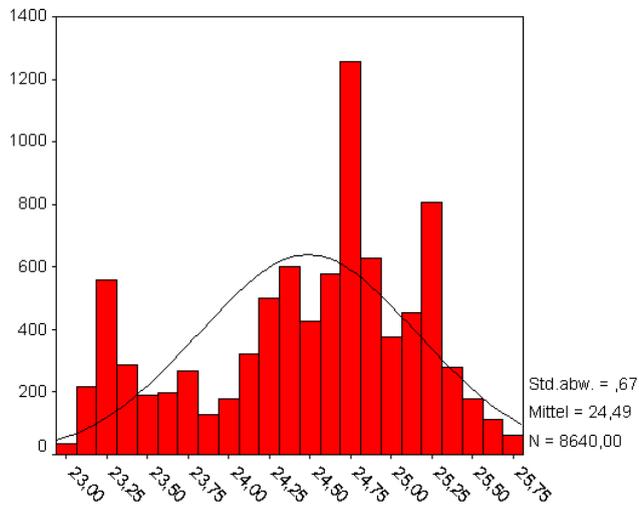


F

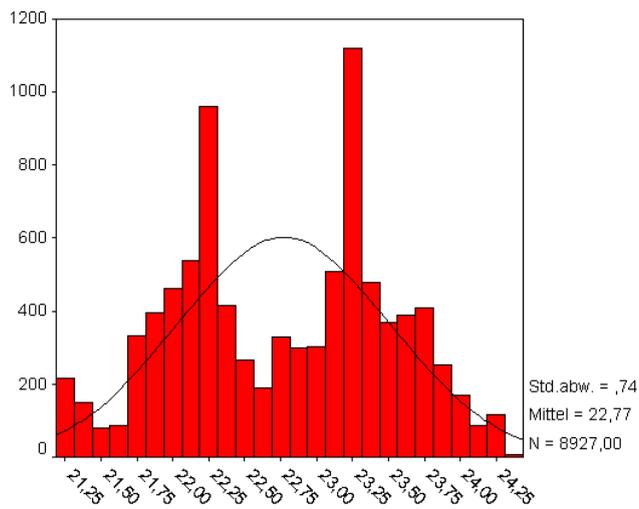


F

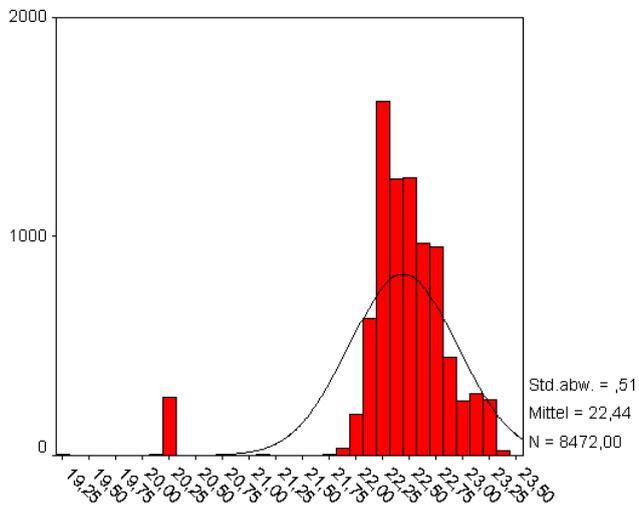
Histogramme der Häufigkeitsverteilung der Temperatur



T

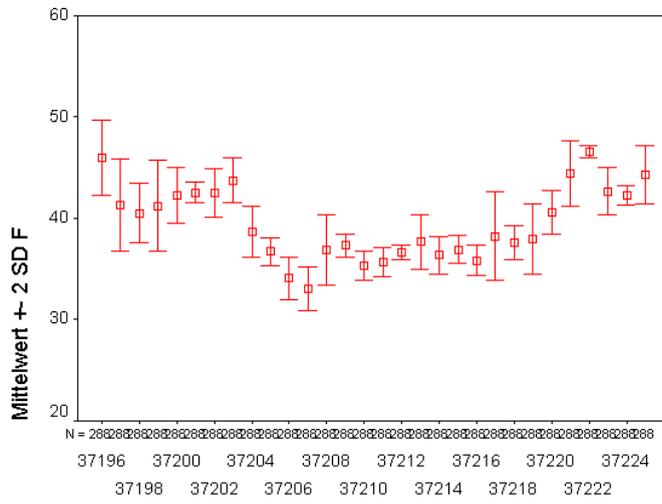


T

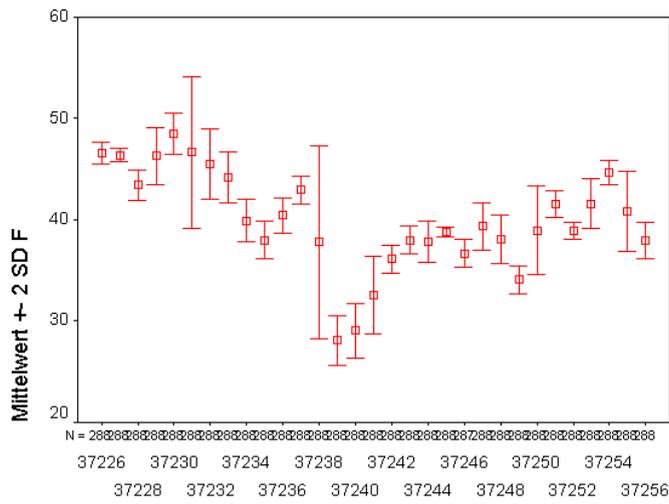


T

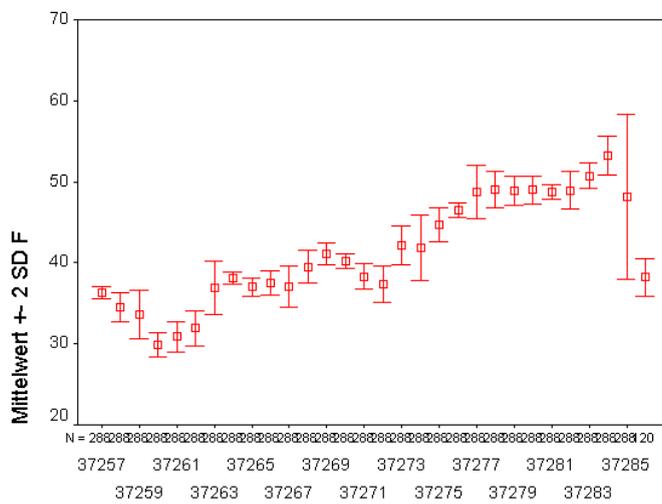
Mittelwert und 2-fache Standardabweichung der Feuchte



DATUM

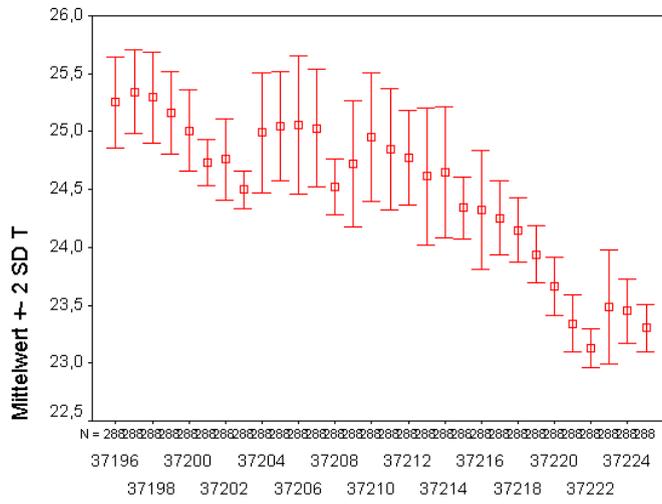


DATUM

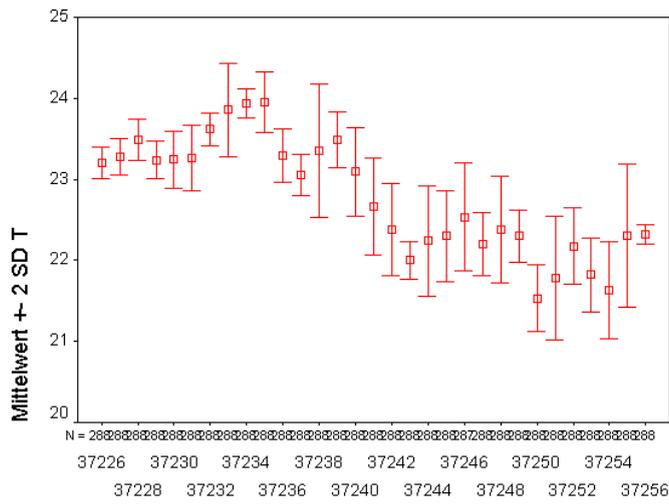


DATUM

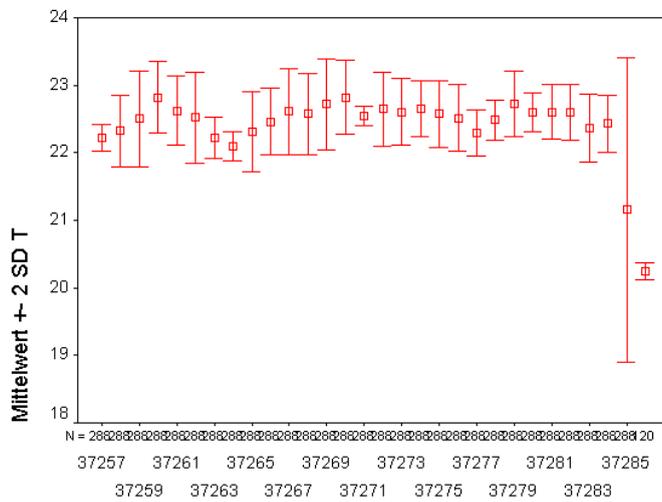
Mittelwert und 2-fache Standardabweichung der Temperatur



DATUM

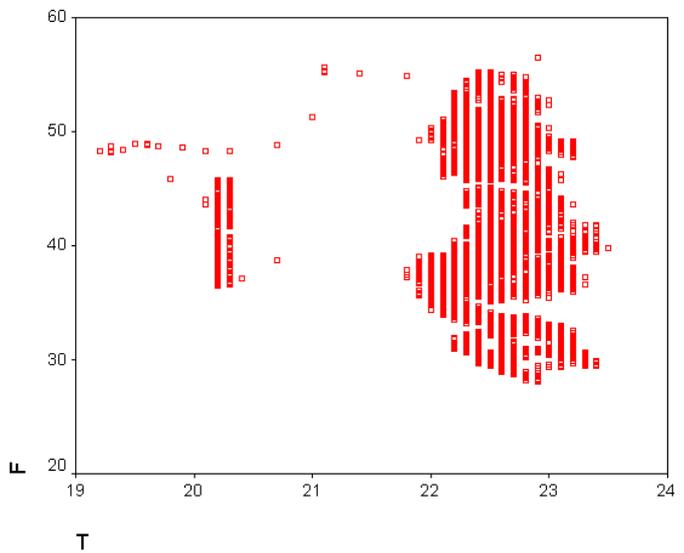
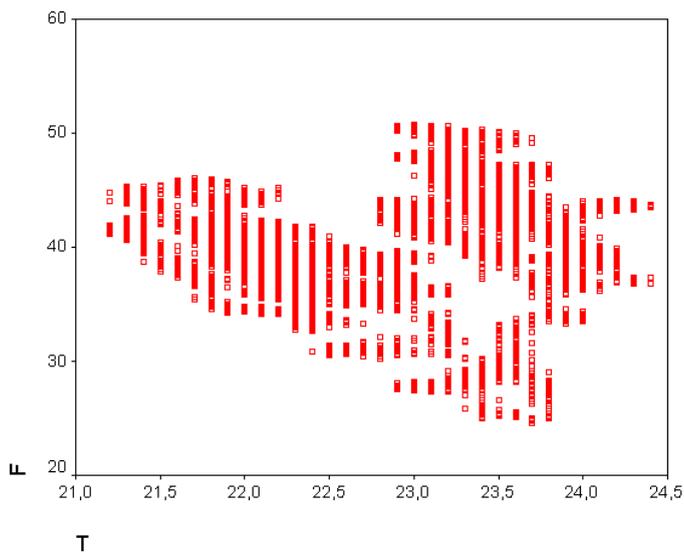
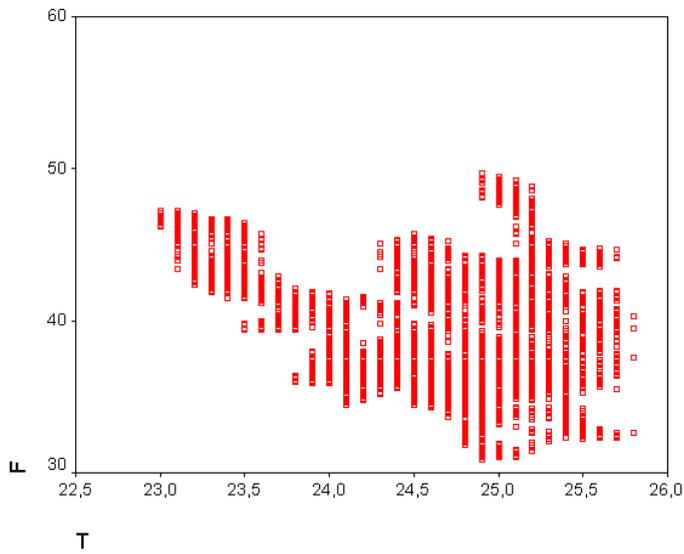


DATUM



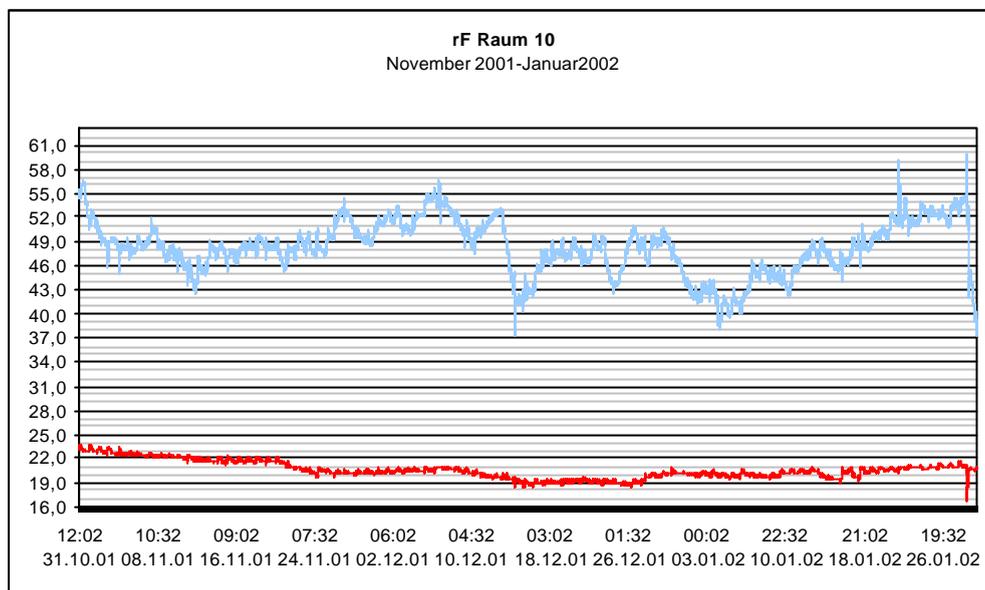
DATUM

Korrelation von Feuchte und Temperatur



Klimabewertung Raum 10, November 2001-Januar 2002

Das Liniendiagramm ist mit Microsoft Excel erstellt worden.



Die weiteren Diagramme sind mit SPSS erstellt worden.

Die Datumsanzeigen sind wegen Konvertierungsproblemen nicht wie gewünscht darstellbar. Die Interpretation ist deswegen nicht beeinflusst.

Die Anordnung ist jeweils in Leserichtung November, Dezember und Januar.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8640	19,70	23,50	21,6445	,9293
F	8640	42,40	55,60	48,5982	1,9026
Gültige Werte (Listenweise)	8640				

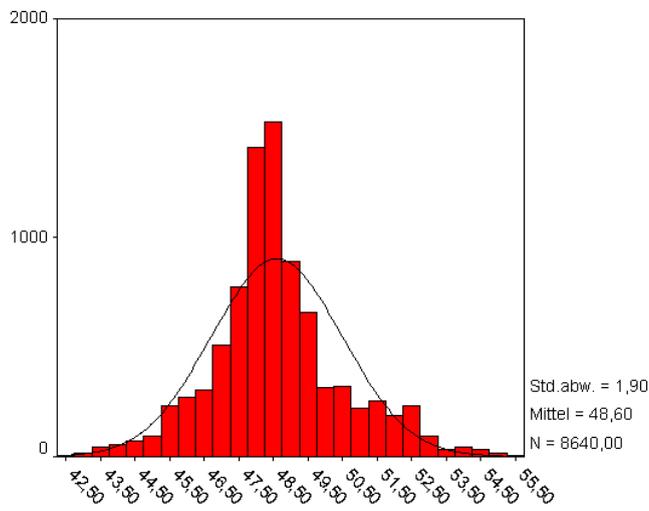
Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8928	18,50	21,10	19,7658	,6704
F	8928	37,10	56,70	48,8029	3,2574
Gültige Werte (Listenweise)	8928				

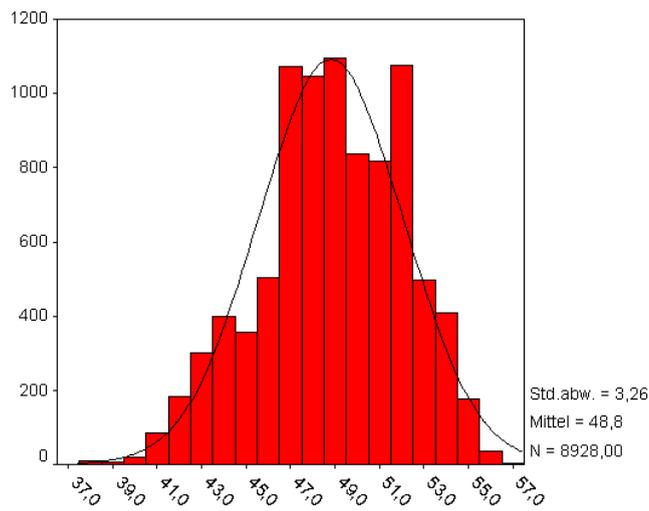
Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8471	16,70	21,70	20,3711	,4851
F	8471	37,10	59,90	47,1579	4,1529
Gültige Werte (Listenweise)	8471				

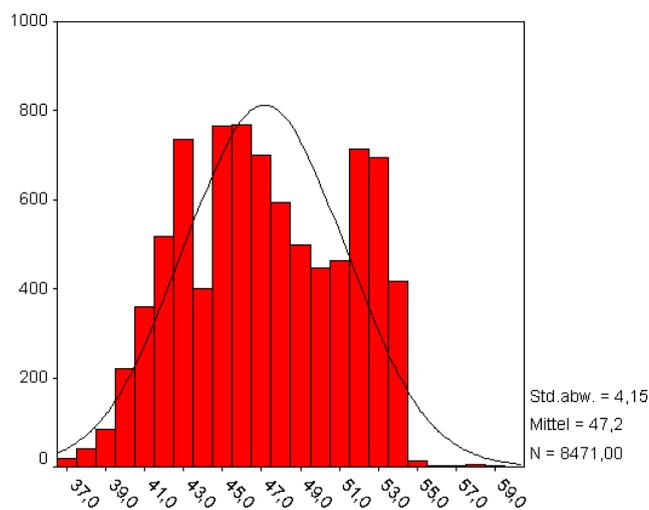
Histogramme der Häufigkeitsverteilung der Feuchte



F

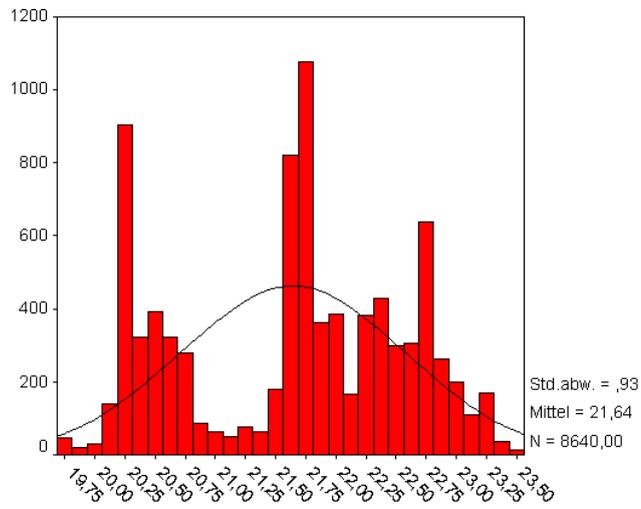


F

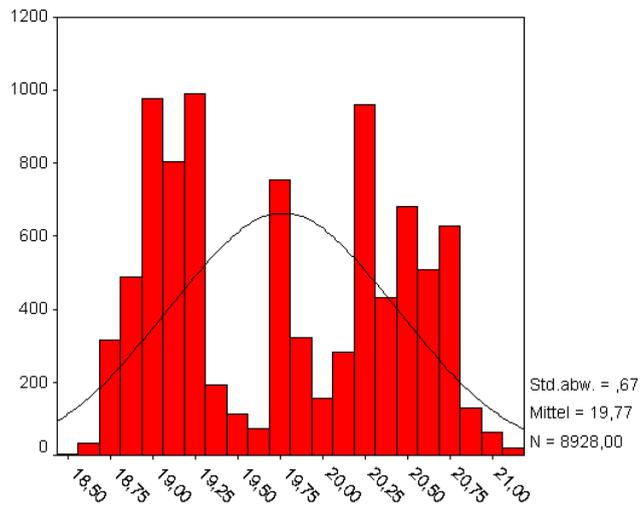


F

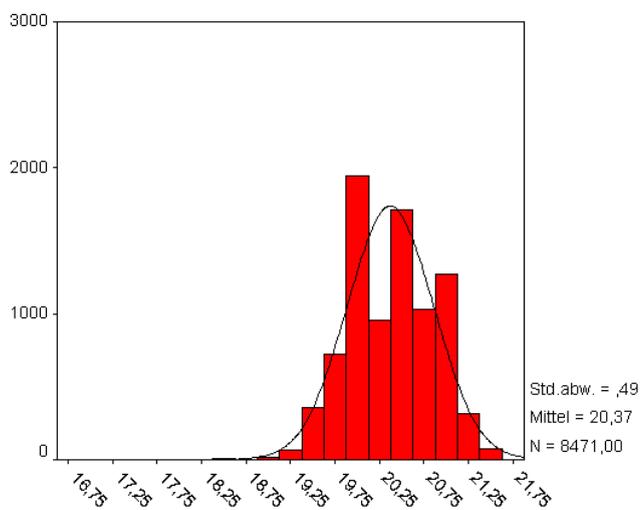
Histogramme der Häufigkeitsverteilung der Temperatur



T

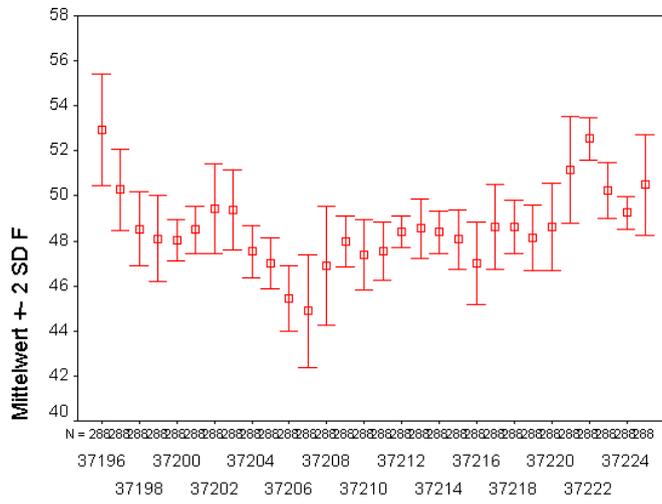


T

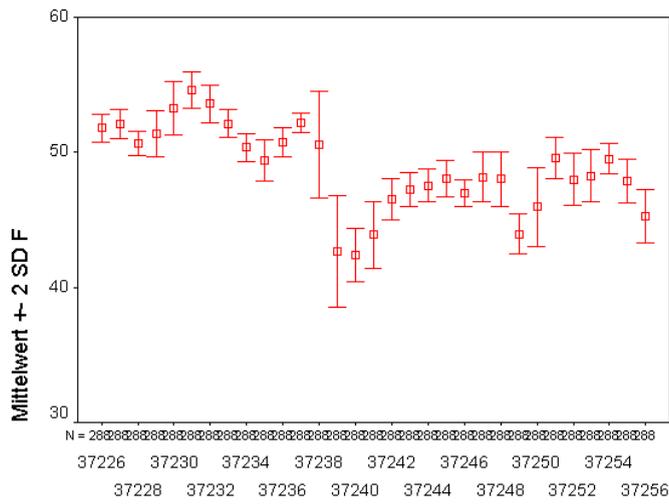


T

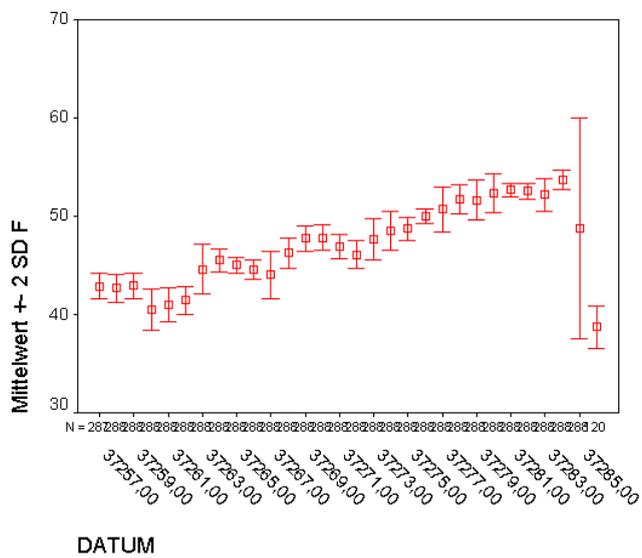
Mittelwert und 2-fache Standardabweichung der Feuchte



DATUM

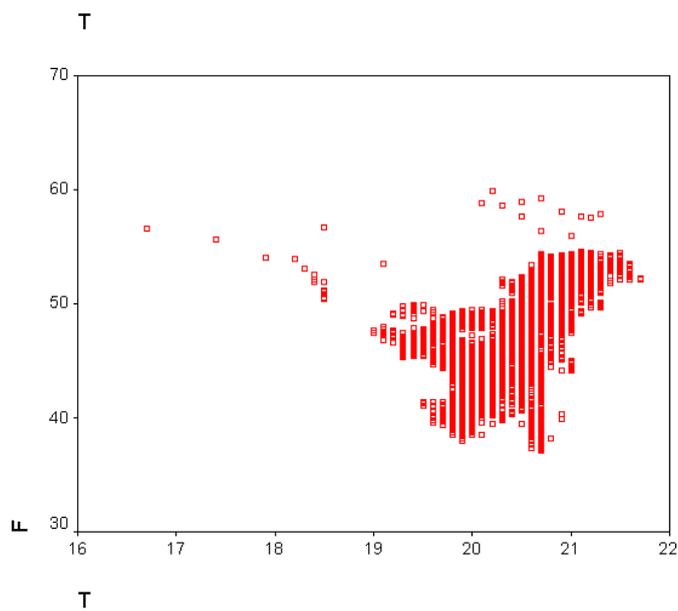
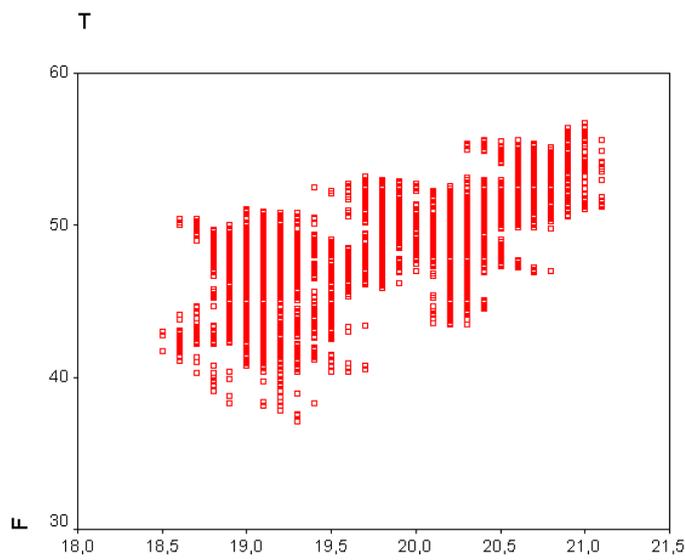
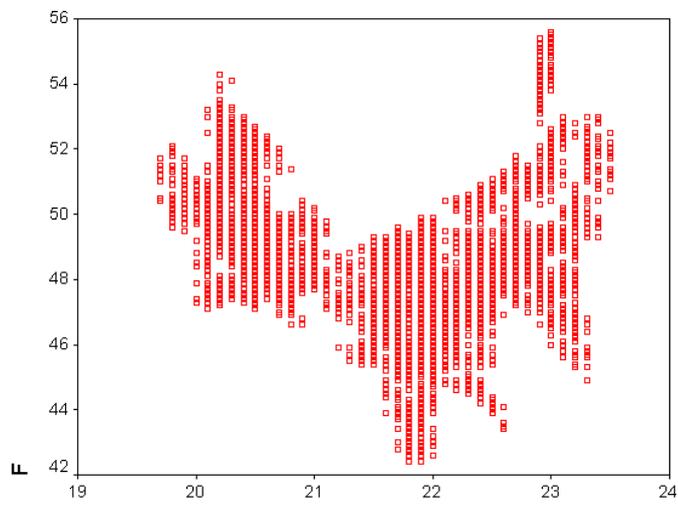


DATUM



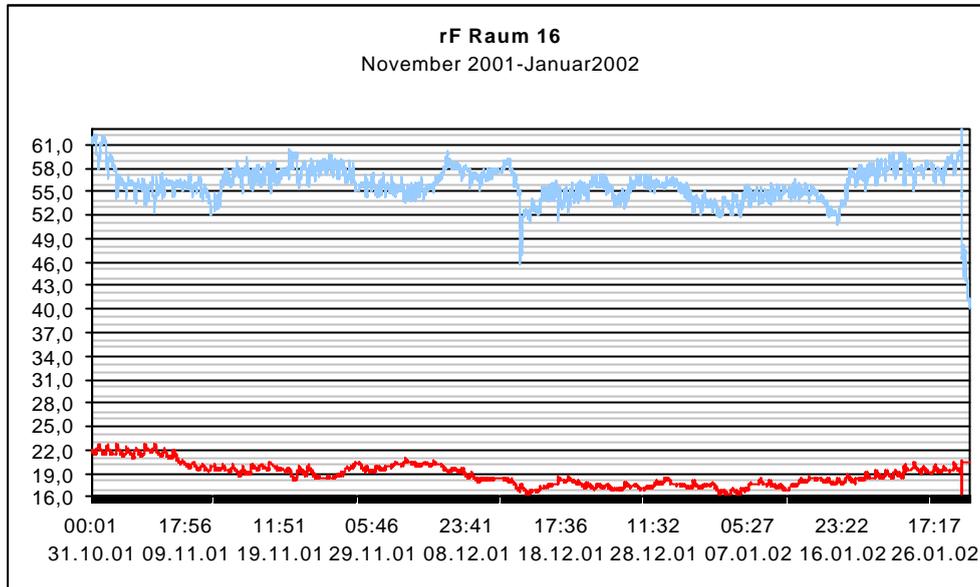
DATUM

Korrelation von Feuchte und Temperatur



Klimabewertung Raum 16, November 2001-Januar 2002

Das Liniendiagramm ist mit Microsoft Excel erstellt worden.



Die weiteren Diagramme sind mit SPSS erstellt worden.

Die Datumsanzeigen sind wegen Konvertierungsproblemen nicht wie gewünscht darstellbar. Die Interpretation ist deswegen nicht beeinflusst.

Die Anordnung ist jeweils in Leserichtung November, Dezember und Januar.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8640	18,00	22,80	20,0429	1,0985
F	8640	52,00	61,90	56,5777	1,5336
Gültige Werte (Listenweise)	8640				

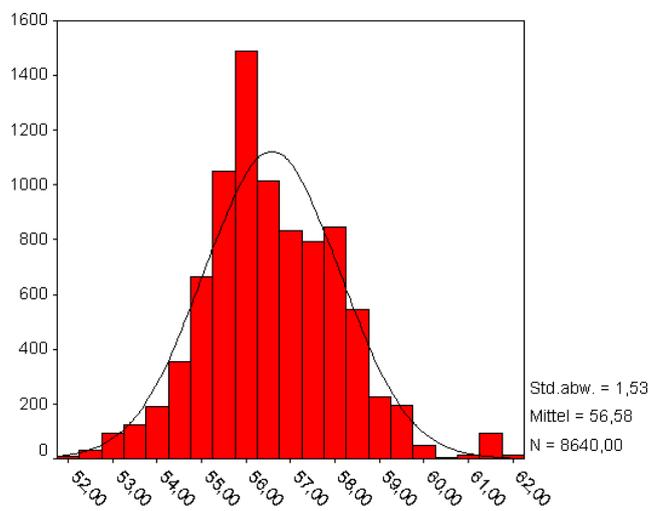
Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8928	16,40	20,90	18,2091	1,1227
F	8928	45,80	60,30	55,6256	1,6812
Gültige Werte (Listenweise)	8928				

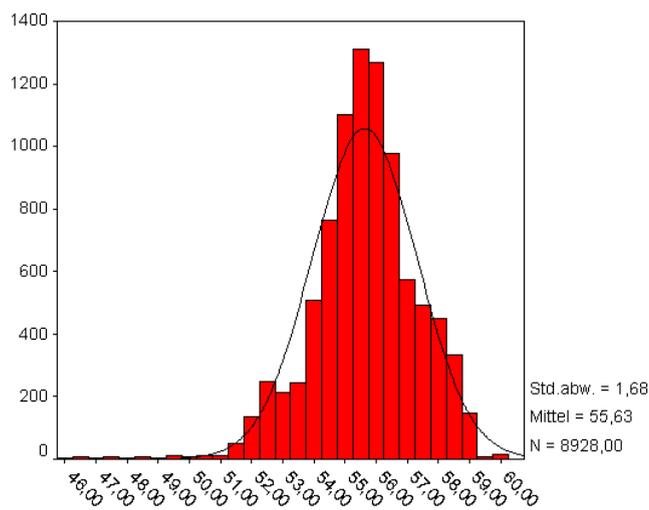
Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
T	8473	16,30	20,80	18,2197	1,0046
F	8473	39,80	65,10	55,1617	2,9865
Gültige Werte (Listenweise)	8473				

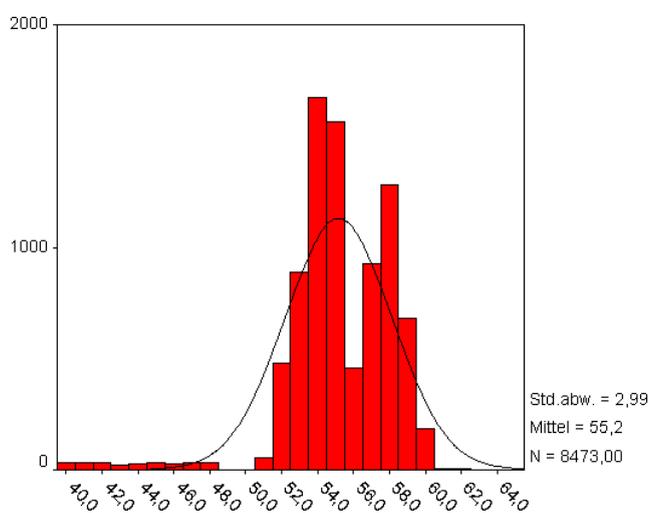
Histogramme der Häufigkeitsverteilung der Feuchte



F

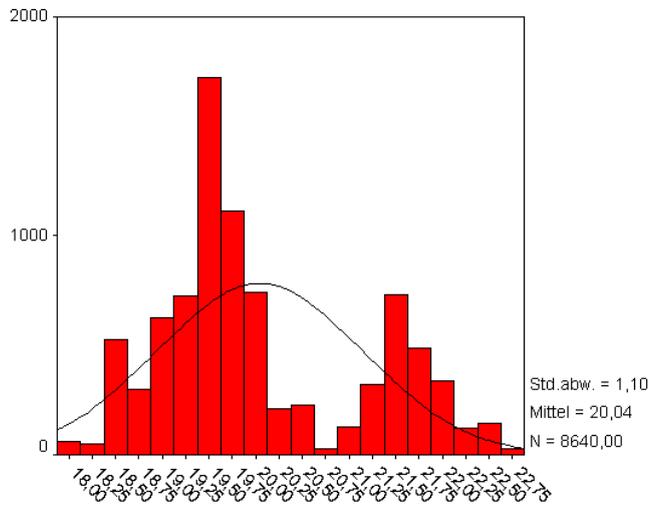


F

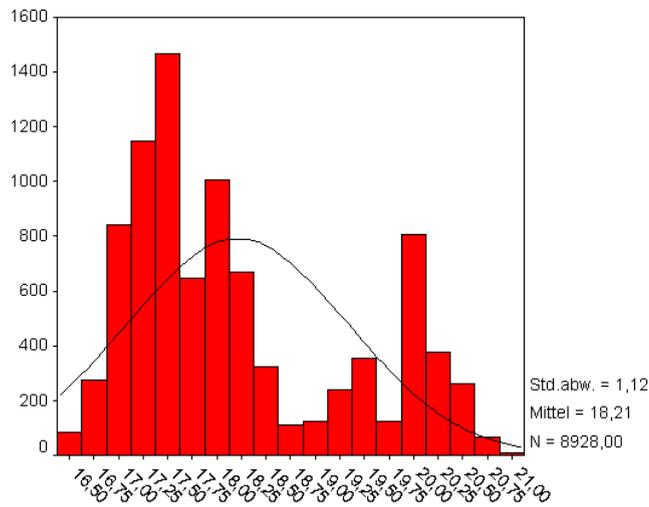


F

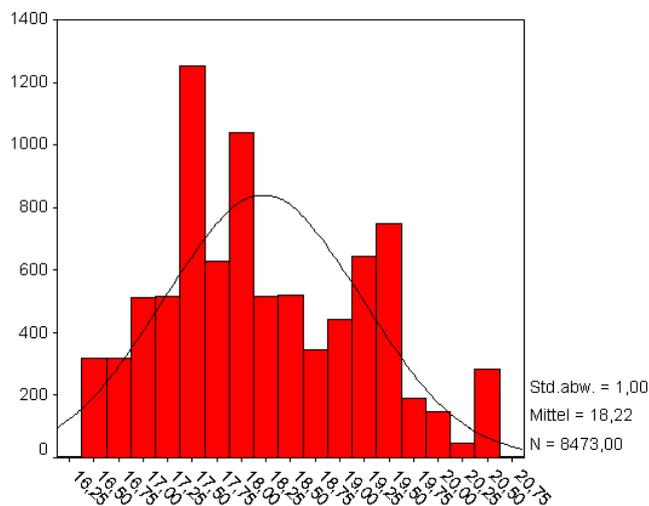
Histogramme der Häufigkeitsverteilung der Temperatur



T

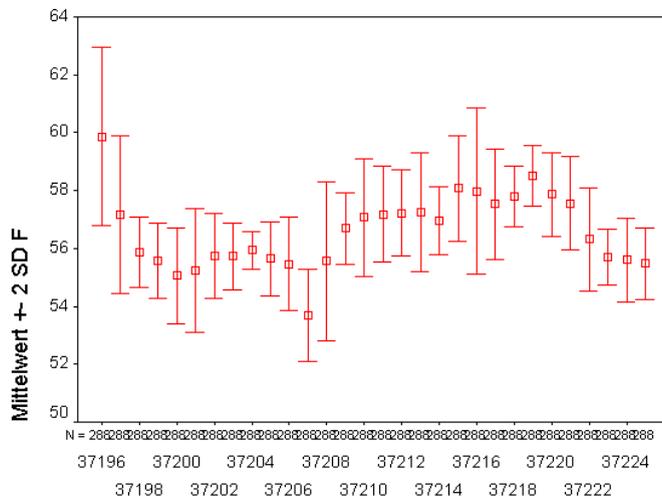


T

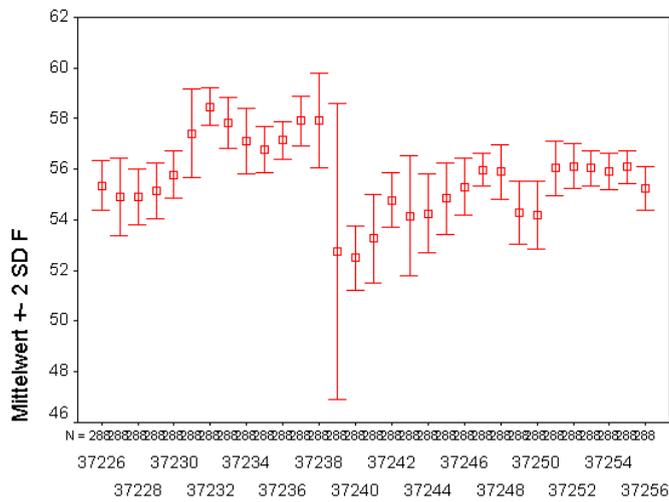


T

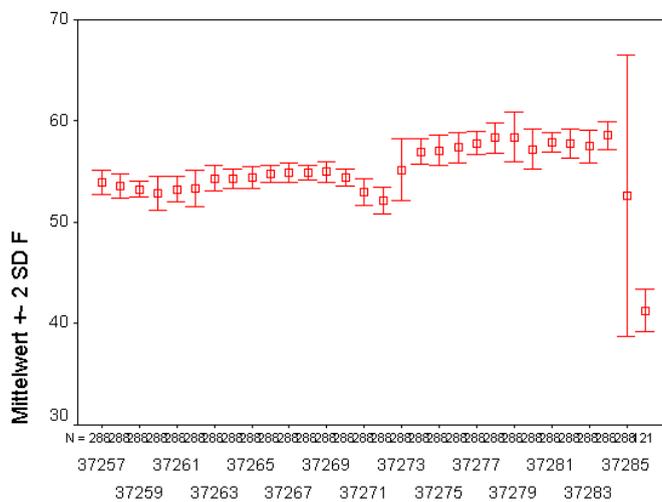
Mittelwert und 2-fache Standardabweichung der Feuchte



DATUM

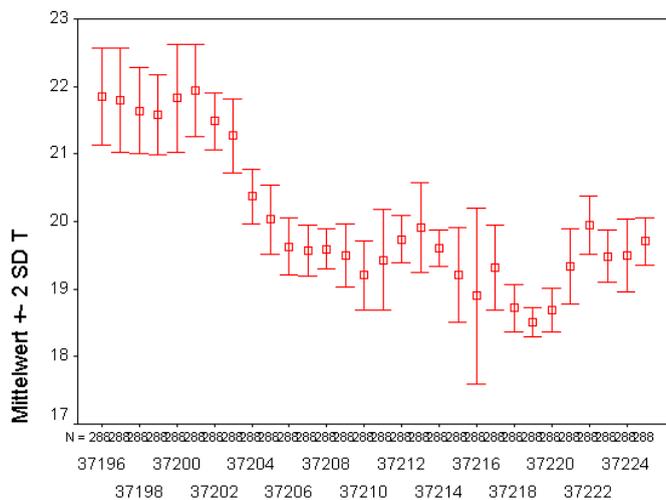


DATUM

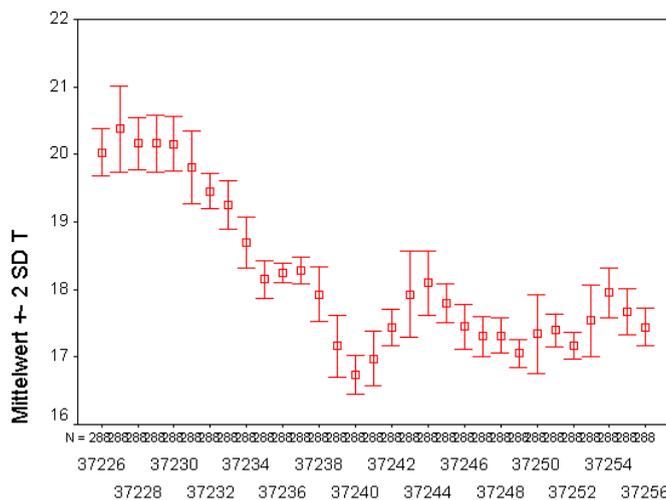


DATUM

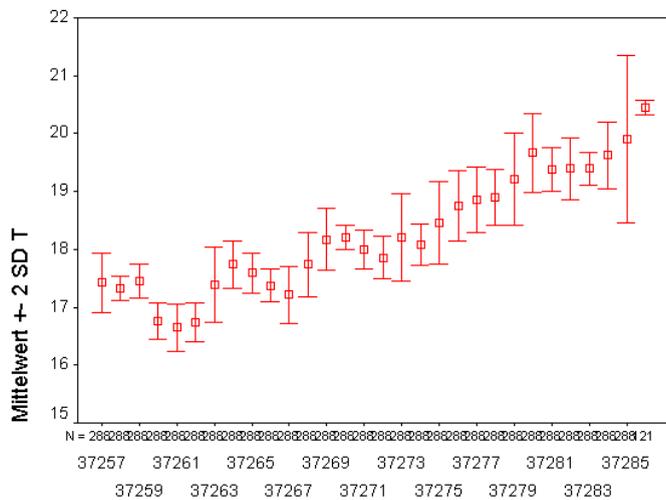
Mittelwert und 2-fache Standardabweichung der Temperatur



DATUM

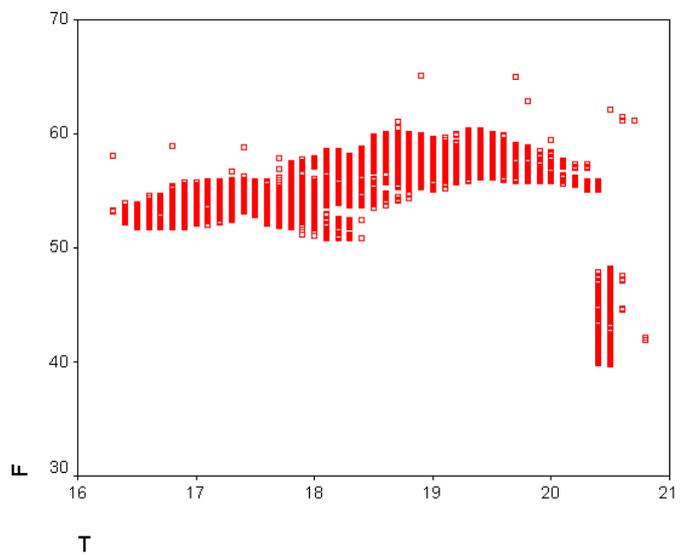
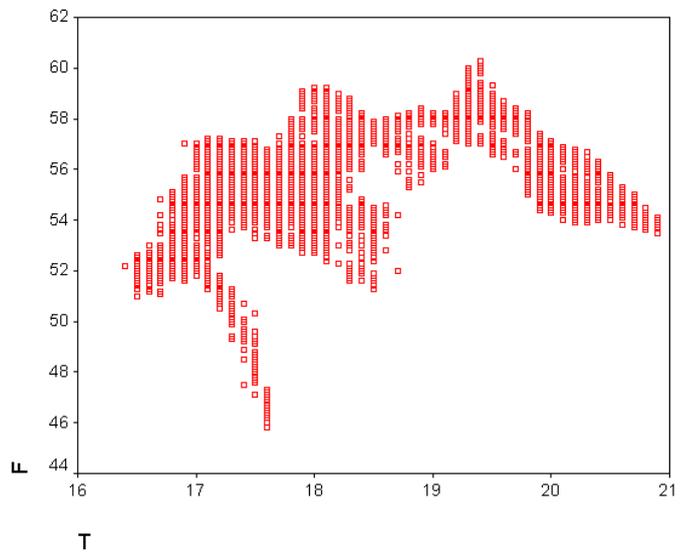
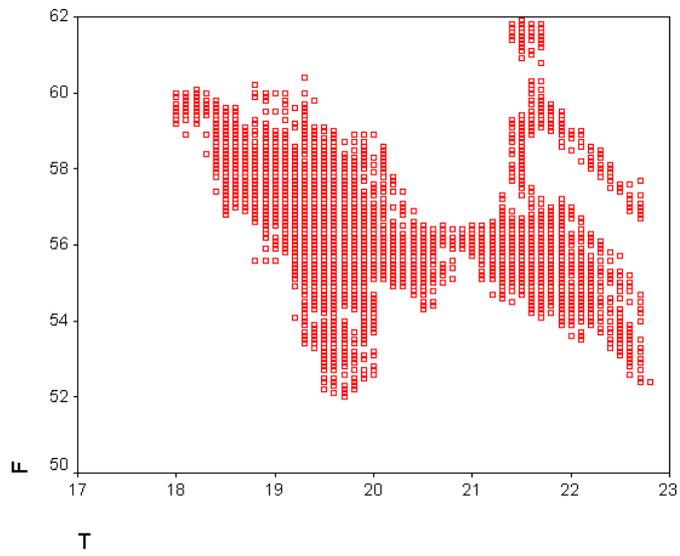


DATUM



DATUM

Korrelation von Feuchte und Temperatur



Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, daß ich die vorliegende Diplomarbeit in allen Teilen selbständig angefertigt und keine anderen, als in der Diplomarbeit genannten Hilfsmittel benutzt habe.

Ferner versichere ich, daß ich diese Diplomarbeit nicht schon als Doktor-, Magister- oder Diplomarbeit bei einer anderen Hochschule eingereicht habe.

München, den 28. März 2002

Unterschrift des Verfassers