

Tadeusz Krzeszowiak

DOI: 10.24425/jwzw.2024.155332

Photobiologische Messungen des Bühnenlichtes an der Wiener Staatsoper¹

Im Mittelpunkt dieses Beitrags steht ein Thema, das selbst Opernfreunden wenig bekannt ist und dennoch für jede Operaufführung wesentlich ist – das Bühnenlicht und dessen potenzielle Gefahren, denen SängerInnen, BühnentechnikerInnen und ZuschauerInnen ausgesetzt sind, sofern im Vorfeld keine entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden. Eine Voraussetzung, um solche Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, sind photobiologische Untersuchungen zur Interaktion zwischen Licht und dem menschlichen Organismus. Der Verfasser dieser Zeilen hat für die Wiener Staatsoper als externer Experte viele Jahre hindurch Untersuchungen dieser Art durchgeführt, die in diesem Beitrag vorgestellt werden sollen. Die Geschichte des berühmten Opernhauses soll daher diesem Artikel vorangehend im Folgenden kurz in Erinnerung gerufen werden.

Das Haus am Ring, wie die Staatsoper auch liebevoll genannt wird, wurde nach der Demolierung der Stadtmauern im Zuge der Errichtung der Wiener Ringstraße erbaut. Aus den 36 eingereichten Entwürfen ging der Entwurf der Architekten Eduard van der Nüll und August Sicard von Sicardsburg als Sieger hervor. Die Errichtung des k. u. k. Opernhauses erfolgte in der Zeit von 1861 bis 1869, am 25. Mai 1869 wurde das Opernhaus als erstes Gebäude der Ringstraße mit einer Aufführung des „Don Giovanni“ von Wolfgang Amadeus Mozart im Beisein von Kaiser Franz Joseph I. feierlich eröffnet. Unter der Direktorenschaft von Gustav Mahler von 1897 bis 1907 erlangte das Opernhaus herausragende Bedeutung und wurde zu einer der führenden Opernbühnen der Welt.

¹ Dieser Beitrag beruht auf dem gleichnamigen Vortrag, den dessen Verfasser am 14. Oktober 2024 im Wissenschaftlichen Zentrum der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Wien gehalten hat.



Abbildung 1.

Die k.u.k. Hofoper zur Zeit der österreichisch-ungarischen Monarchie
(Privatarchiv von Tadeusz Krzeszowiak)

Nach dem Ende der österreichisch-ungarischen Monarchie im Jahr 1918 und der Gründung der Ersten Republik Österreich änderte man auch den Namen des Opernhauses. Zunächst wurde es als „Operntheater“ bezeichnet, schließlich wurde die heutige Bezeichnung „Wiener Staatsoper“ festgelegt. Nach der Machtübernahme der Nationalsozialisten in Österreich im März 1938 wurden zahlreiche Künstler und Mitarbeiter der Oper widerrechtlich entlassen und verfolgt, zahlreiche Bühnenwerke durften aufgrund der Zensur des nationalsozialistischen Unrechtsstaats nicht mehr aufgeführt werden. Während des Zweiten Weltkrieges wurde der reguläre Vorstellungsbetrieb eingeschränkt. Eine Aufführung der „Götterdämmerung“ von Richard Wagner am 30. Juni 1944 war die letzte Vorführung der Wiener Staatsoper während der Herrschaft des nationalsozialistischen Terrorregimes, anschließend wurde der Opernbetrieb eingestellt. Einer der schwersten Luftangriffe der Alliierten am 12. März 1945 beschädigte zahlreiche Gebäude in der Wiener Innenstadt schwer, darunter die Staatsoper, die Albertina und den Heinrichshof. Bereits am 1. Mai 1945 – wenige Wochen nach der Einnahme der Stadt durch russische Truppen und noch vor dem Abschluss des Friedensvertrags am 8. Mai 1945 – wurde auf Wunsch der russischen Besatzungsmacht in der

Volksoper als Ausweichquartier für die zerbombte Staatsoper „Le nozze di Figaro“ von Wolfgang Amadeus Mozart zur Aufführung gebracht. In der Folge war das Theater an der Wien die Ersatzspielstätte für die Staatsoper, am 6. Oktober 1945 fand dort die Premiere des „Fidelio“ von Ludwig van Beethoven statt. Nach dem Wiederaufbau der Wiener Staatsoper wurde diese am 5. November 1955 mit Beethovens „Fidelio“ unter dem Dirigat von Karl Böhm feierlich wiedereröffnet.

Die Wiener Staatsoper mit ihrer hervorragenden Akustik bietet heute 2.284 Plätze für Opernbesucher und Opernbegeisterte. Sie gehört mit ihrem täglich wechselnden Repertoire zu den bedeutendsten Opernbühnen der Welt, woran auch die hervorragende Bühnentechnik einen wesentlichen Anteil hat.

Denn die Bühne ist ein besonderer Ort künstlerischer Arbeit, wobei während einer einzigen Aufführung Dutzende bis zu Hunderte Lichtstimmungen den Opernabend begleiten. Die Zahl der eingesetzten Scheinwerfer, von einigen wenigen bis zu Hunderten, die Farbe sowie auch die Richtungen, aus der die Lichtstrahlen kommen, ändern sich von einer Lichtstimmung zur nächsten. Die ständige Bewegung der Künstler auf der Bühne und die Verwandlungen des Bühnenbildes von einer Szene zur anderen erschweren die Beurteilung der Gefährdung der Augen und der Haut der Künstler, denen sie durch die Strahlung der Scheinwerfer auf der Bühne ausgesetzt sind, zusätzlich. Die Grenzwerte energetischer Größen – die Bestrahlung H (J/m^2), die Bestrahlungsstärke E (W/m^2) und die Strahldichte L ($W/m^2 sr$) für die Augen und für die Haut (durch UV-Strahlung aktinische Wirkung, durch Blau-Licht und IR-Strahlung thermische Wirkung) – definieren die Risikogruppen der Strahlung. Die Grenzwerte sind in Europa in rechtsverbindlich geltenden EU-Normen festgelegt. Durch die Verordnung Optischer Strahlung (abgekürzt als VOPST) gemäß des Bundesgesetzblattes für die Republik Österreich, Ausgabe 8. Juli 2010, wurden die Rechtsakten EU-RL-2006/EG/25 und EN-62471/2009 der Europäischen Union über die Vorschriften zum Schutz der Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung umgesetzt. Dieser Verordnung zufolge dürfen die Grenzwerte bestimmter energetischer Größen an keinem Arbeitsplatz, also auch nicht auf der Opernbühne, überschritten werden.

Daher müssen Bühnenscheinwerfer und –leuchten – aus dem vorhandenen Bestand sowie neu erworbene – regelmäßig überprüft und evaluiert werden. Seit 2010 werden entsprechende spektrale und integrale Messungen der energetischen Größen ausgewählter Bühnenscheinwerfer im Laboratorium für Lichttechnik an

der Höheren Technischen Bundes-, Lehr- und Versuchsanstalt (im Folgenden als HTBLuVA abgekürzt) Wiener Neustadt in einem eigens dafür konstruierten, schwarz ausgekleideten 30 m langen Messtunnel durchgeführt.



Abb. 2: Messtunnel im Laboratorium für Lichttechnik
an der Höheren Technischen Bundes-, Lehr- und Versuchsanstalt
Wiener Neustadt
(Foto: Tadeusz Krzeszowiak)

Die Ergebnisse dieser Messungen veranschaulichen die beiden folgenden Kegeldiagramme.

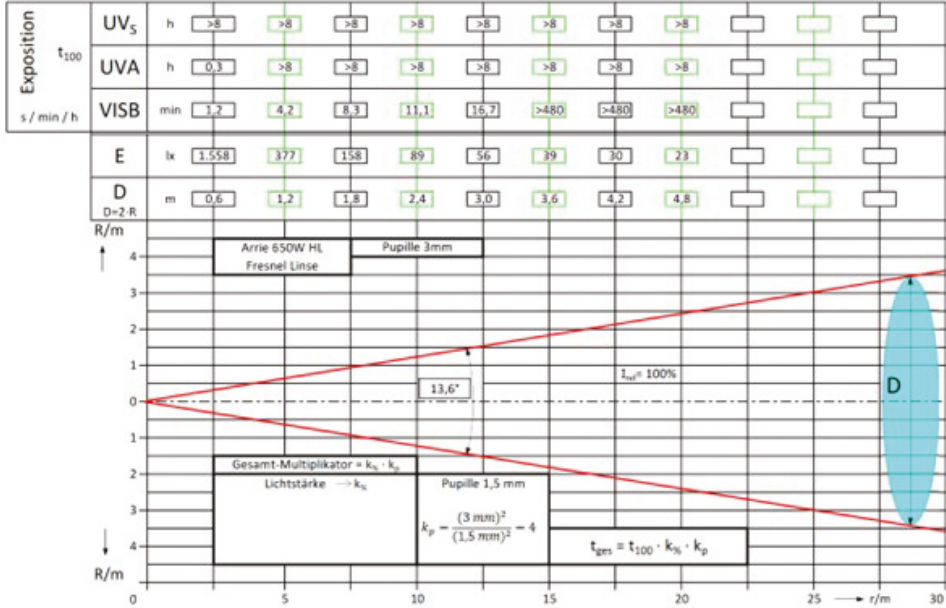


Abb. 3. Kegeldiagramm eines HGL-Scheinwerfers mit Fresnellinse und einer Leistung von 650 W: Die Entfernung von der Lichtquelle (dargestellt auf der x-Achse) und die jeweilige Bestrahlungsdauer (Expositionsdauer) sind die wesentlichen Parameter im Hinblick auf den Schutz vor der optischen Strahlung. (Archiv des Autors)

Die energetischen Größen wurden für das Kegeldiagramm als Äquivalent zweier physikalischer Größen umgerechnet, Entfernung und Zeit, also der Entfernung der Positionierung des Scheinwerfers zur Bühnenmitte und der Bestrahlungsdauer des Scheinwerfers bei direkter axialer Strahlenwirkung in das Auge und der engsten Einstellung des Lichtkegels des Scheinwerfers für die auf der Bühne agierenden Personen.

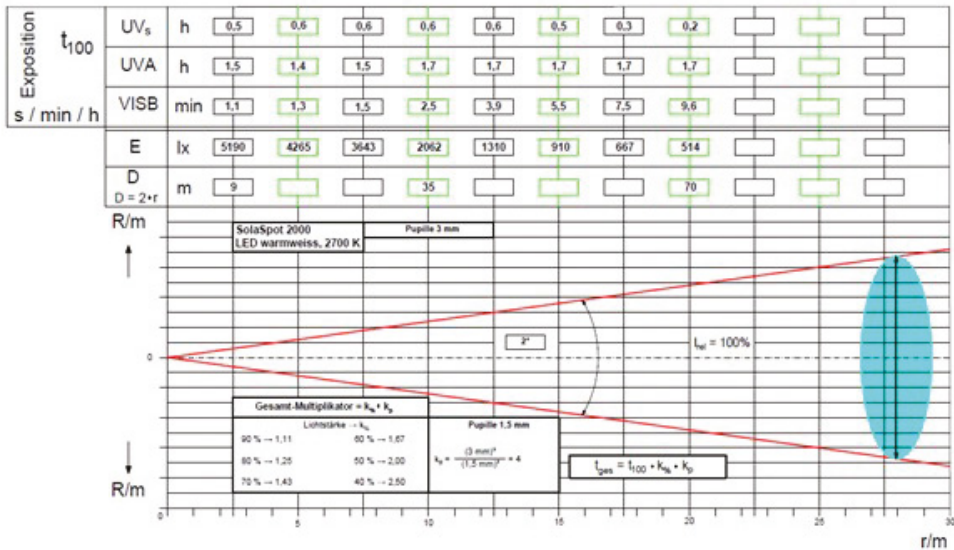


Abb. 4. Kegeldiagramm eines LED-Scheinwerfers mit einer Farbtemperatur von 2.700 K:

Die Entfernung von der Lichtquelle (dargestellt auf der x-Achse in Metern) und die Bestrahlungsdauer bzw. Lichtexposition (dargestellt in den oberen Tabellenzeilen) sind die wesentlichen Parameter im Hinblick auf den Schutz vor optischer Strahlung.

(Archiv des Autors)

2. Optische Strahlung und Risikogruppen

Die optische Strahlung (Ultraviolette Strahlung UV + für das menschliche Auge wahrnehmbare Strahlung Licht + Infrarote Strahlung IR) kann Augen und Haut des Menschen gefährden, wenn die Grenzwerte der entsprechenden energetischen Größen über die festgelegte Bestrahlungsdauer hinaus überschritten werden. Hinsichtlich der Gefährdung der Augen sind Messungen im Bereich der Ultravioletten Strahlung und des Blauanteils des Lichtes wichtig. Hinsichtlich der Gefährdung der Haut sind Messungen der UV- sowie der IR-Strahlung ausschlaggebend. Die Untersuchungen der Gremien *International Electrotechnical Commission* (abgekürzt als IEC), der *Commission internationale de l'éclairage* (abgekürzt als CIE) und der *International Commission on non-ionizing radiation protection* (abgekürzt als ICNIRP)

sowie die EU-Direktiven bezüglich künstlich erzeugter optischer Strahlung am Arbeitsplatz erbrachten die jeweiligen Grenzwerte je nach Risikogruppe. Beträgt die Beleuchtungsstärke in einem Abstand von 20 Zentimetern zur Lichtquelle mehr als 500 Lux, müssen die Leuchten beziehungsweise die Scheinwerfer in spezifischen Strahlungsmessungen überprüft werden. Durch diese Messungen kann kontrolliert werden, ob die jeweilige Leuchte beziehungsweise der Scheinwerfer photobiologische Sicherheit garantiert und die nötigen Grenzwerte zum Schutz des menschlichen Auges sowie der Haut nicht überschritten werden. Gemäß EN 62471 werden Lichtgeräte in vier Risikogruppen unterteilt, beginnend mit der Risikogruppe Null (RG0), die alle Leuchten/Scheinwerfer umfasst, die keine Gefahr darstellen. Zur ersten (RG1) und zweiten Risikogruppe (RG2) zählen hingegen Lichtgeräte, die aufgrund von normalen Einschränkungen, die sich durch das Nutzerverhalten ergeben, sowie aufgrund von natürlichen Reaktionen wie Abwenden und Unbehagen ungefährlich sind. In die dritte Risikogruppe RG3 fallen jene Lichtgeräte, die nicht zur allgemeinen Beleuchtung verwendet werden dürfen, da bereits eine nur kurze Bestrahlung negative Folgen nach sich ziehen kann. Während es bei Geräten, die in die Freie Gruppe RG0 sowie in die erste Risikogruppe RG1 fallen, keiner Kennzeichnung bedarf, und jene der dritten Gruppe ohnehin nicht zugelassen sind, müssen Leuchten/Scheinwerfer der zweiten Risikogruppe RG2 mit einem bestimmten Symbol gekennzeichnet werden.

Die UV-Strahlung ist kurzwellig (100 nm bis 380 nm) und kann vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen werden. Das gleiche betrifft die IR-Strahlung, die bei einer Wellenlänge von über 780 nm bis 1 mm ausgestrahlt und als Wärme empfunden wird.

Die seit den 1990er Jahren stark steigende Verwendung weißer LED-Leuchten/Scheinwerfer, die auf Halbleitern mit Phosphortechnologie basieren, bringen das Problem des Blaulichtes mit sich. Sie weisen einen überproportional hohen Blau-Anteil an kurzwelligem Licht mit einer Wellenlänge um 450 nm und einer breiten Phosphoreszenz um die Farbe Gelb auf. Aus diesen zwei Farben Blau und Gelb entsteht bekanntlich im Auge additiv der Eindruck von weißem Licht.

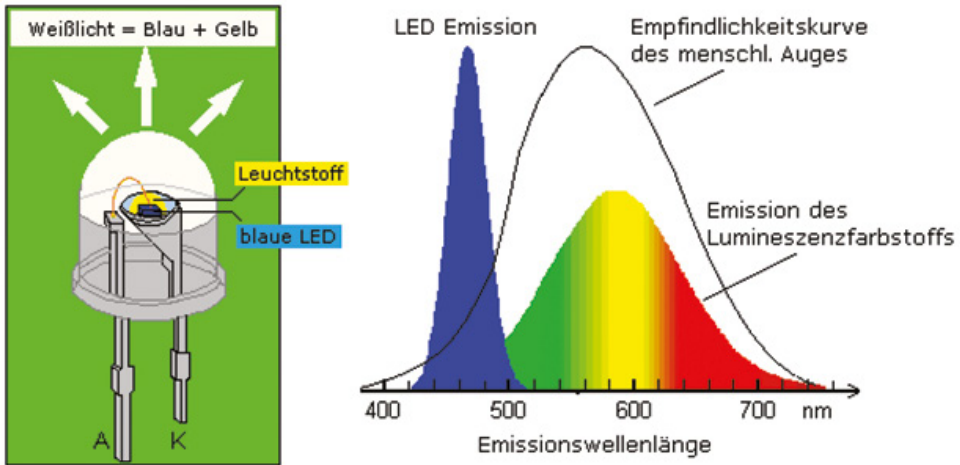


Abbildung 5. Aufbau und Emission von LED – Weißlicht,
Technologie mit Phosphoreszenzkonversion
(Archiv des Autors)

Hinzu kommt, dass LED-Lampen in der oben beschriebenen Ausführung (auch Konversionstechnologie genannt) wenig türkises Licht (um 490 nm) ausstrahlen, es aber gerade diese Energieintensität des Türkislichtes ist, welche bewirkt, dass sich die Pupille des Auges verengt, was die Retina vor einem Übermaß an Lichtenergie schützt. Die Pupille bleibt nämlich durch die Wirkung des innervierten radialen Musculus dilatator pupillae in der Iris im erweiterten Zustand (Mydriasis). Im Falle einer übermäßigen Exposition an energieintensivem blauem Licht (um 450 nm) und ausbleibender Pupillenreaktion (keine Verengung) kann es zu einer Schädigung der Sehzellen der Netzhaut im Auge kommen.

Die andere Technologie des LED-Weißlichtes basiert auf einer additiven Mischung von drei bzw. vier leistungsstarken Dioden RGB (Rot, Grün, Blau) bzw. RGBW (Rot, Grün, Blau, Weiß).

Im Allgemeinen wirkt LED-Licht im Vergleich zum Halogenglühllicht in der psychophysiologischen Wahrnehmung auf uns immer noch vergleichsweise synthetisch. Das geht auch aus in den letzten Jahren publizierten, auf DNA-Analysen beruhenden Forschungsergebnissen hervor, die die Millionen von Jahren dauernde Entwicklung des Homo sapiens widerspiegeln. Ihnen zufolge hat sich das Sehsystem (Augen, Sehnerv und Sehrinde) des Homo

sapiens im Laufe der Jahrtausende weiterentwickelt und an die Lebensbedingungen seiner Umwelt angepasst. Diese Anpassung ermöglichte als einer von vielen Faktoren die Existenz und das Fortbestehen des Homo sapiens bis heute. Sie war auch dank der einzigen natürlichen Lichtquelle, der direkten Sonnenstrahlung mit ihrem zyklischen Tag- und Nachtrhythmus, sowie aufgrund diffuser Sonneneinstrahlung (Himmelsstrahlung) und Wolken- und Dämmerungsstrahlen möglich. Unterscheidet sich eine künstliche Lichtquelle (z.B. eine LED-Lampe) von der natürlichen Strahlung (Sonne, Himmelsstrahlung), reagiert der menschliche Organismus unter anderem mit einer Abwehrreaktion in Form der zusätzlichen Produktion von Hormonen, vor allem Adrenalin und Melatonin, wobei die jeweilige Hormonkonzentration von der Abweichung des Spektrums des künstlichen Lichtes im Verhältnis zur natürlichen Strahlung und deren Bestrahlungsstärke beeinflusst wird. In der Folge wird unter anderem das hormonelle Gleichgewicht des Tag- und Nachtrhythmus unseres Organismus gestört.

Insbesondere ist bekannt, dass Exposition mit blauem Licht in der Zeit von ca. 12 bis 15 Uhr die Förderung der Produktion von Hormonen wie beispielsweise Serotonin anregt. Die tägliche Exposition mit Licht erhöht die Menge an Serotonin, die abgesondert wird, die dann wiederum die Produktion von Melatonin in der Nacht anregt, das den Biorhythmus beeinflusst. Abends wirkt sich langwelliges Licht (vor allem dessen warmweißer Ton) auch positiv auf das psychophysiologische Befinden des Körpers aus.

Die höchstzulässigen Belastungen durch die Bestrahlung einer Lichtquelle, bezogen auf die Bereiche der Wellenlänge und die jeweilige Dauer der Strahlenexposition, können den entsprechenden Tabellen der Norm ÖNORM / EN 62471 entnommen werden.

3. Schutzmaßnahmen und Prophylaxe

Die an der HTBLuVA Wiener Neustadt über viele Jahre hinweg durchgeführten Labormessungen erbrachten das Ergebnis, dass vor allen der Schutz vor UV-Strahlung und vor dem Blaulichtanteil der Strahlung von Bedeutung ist. Die Sensoren des Spektrometers müssen die spektrale Empfindlichkeit sowie die Reaktionen des menschlichen Organismus auf die optische Strahlung exakt widerspiegeln.

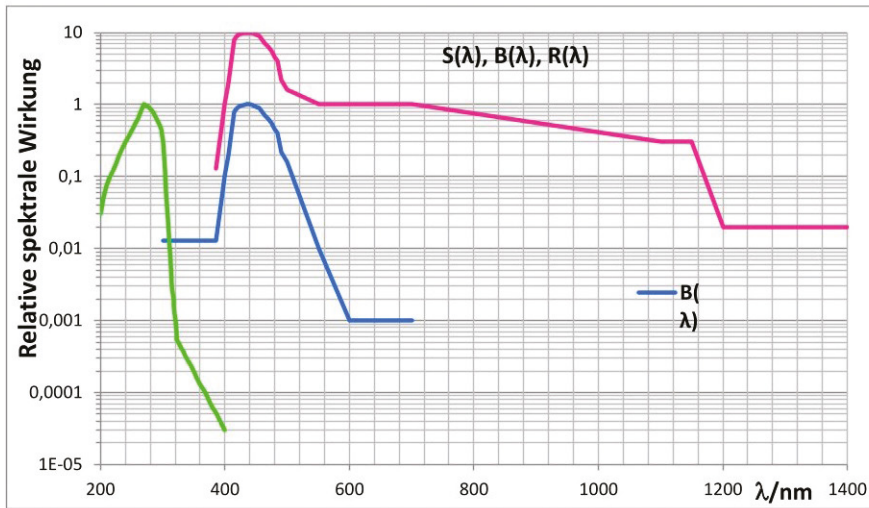


Abb. 6. Die spektrale Wirkung der optischen Strahlung auf den menschlichen Organismus (SUV - aktinisch, B – Blauanteil, R – thermisch)
(Archiv des Autors)

Falls die bereits erwähnten äquivalenten Größen – die Entfernung zwischen Scheinwerfer und Bühnenmitte sowie die Bestrahlungsdauer – unter den errechneten Werten liegen, benötigt man keine Schutzmaßnahmen. Zum Schutz vor höheren als den zugelassenen Werten der oben beschriebenen energetischen Bestrahlungsgrößen kommen folgende Schutzmaßnahmen zur Anwendung:

a) Schutz der Augen durch getönte Brillen (Schutz vor UV-Strahlung sowie Blauanteil bei Lichtproben für Beleuchtungstechniker und Statisten und bei Bühnenproben für die Künstler). Die folgenden Abbildungen zeigen vier verschiedene Schutzbrillen, die an der Wiener Staatsoper zum Einsatz kommen, wobei die Diagramme die jeweilige spektrale Durchlässigkeit des Stoppfilters bei Gefährdung durch UV-Strahlung, IR-Strahlung sowie durch den Blauanteil des Lichtes zeigen.

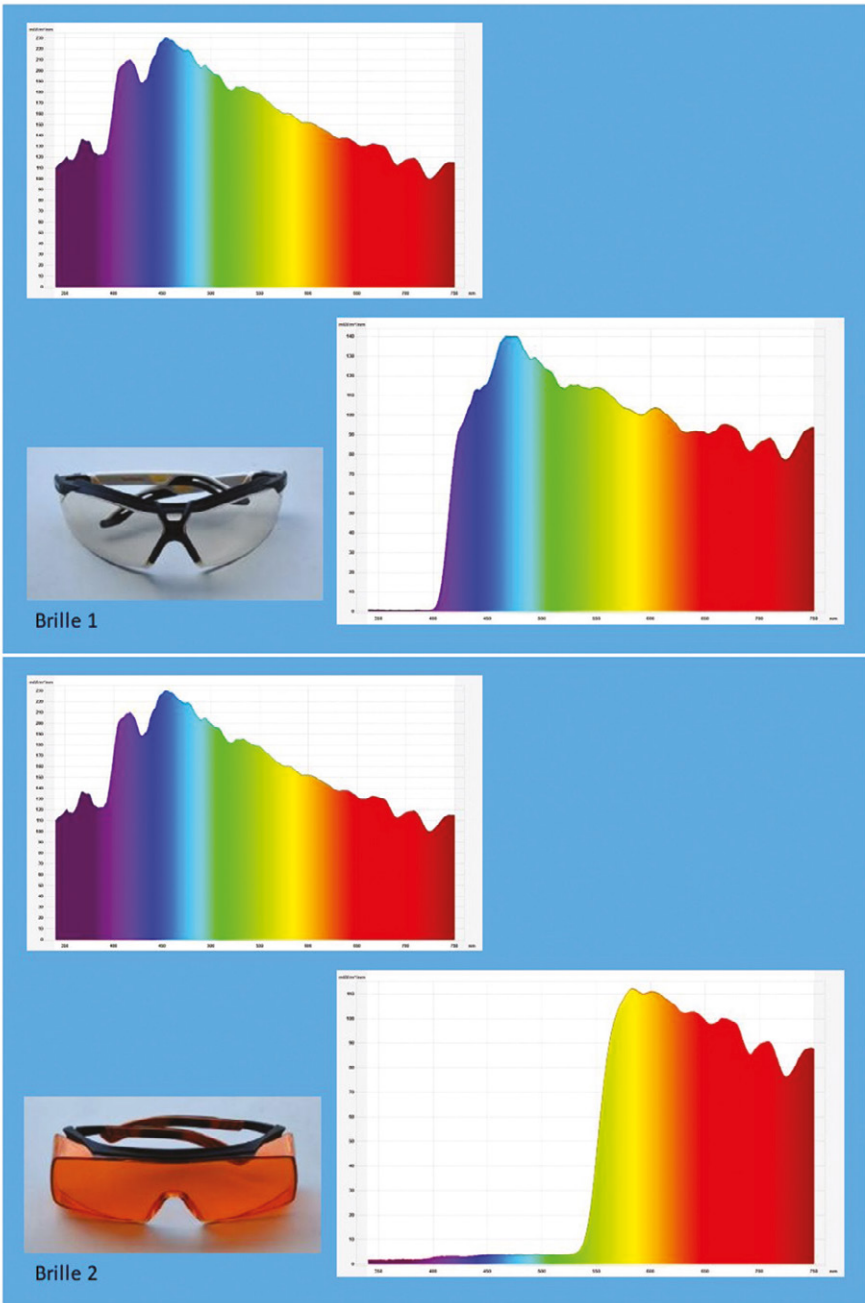


Abbildung 7. Schutzbrillen mit hellgrauen und orangenen Plastikgläsern

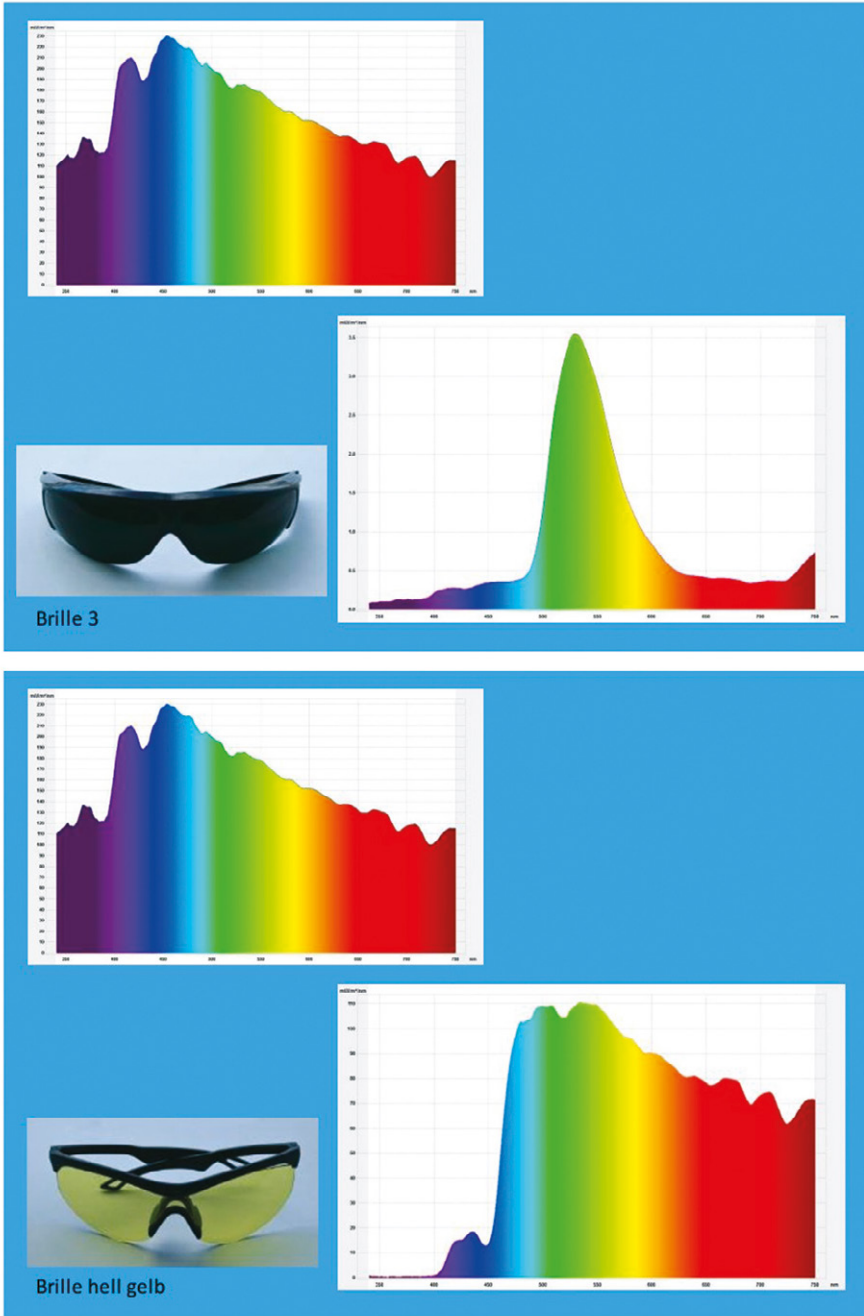


Abbildung 8. Schutzbrillen mit dunkelgrünen und hellgelben Plastikgläsern

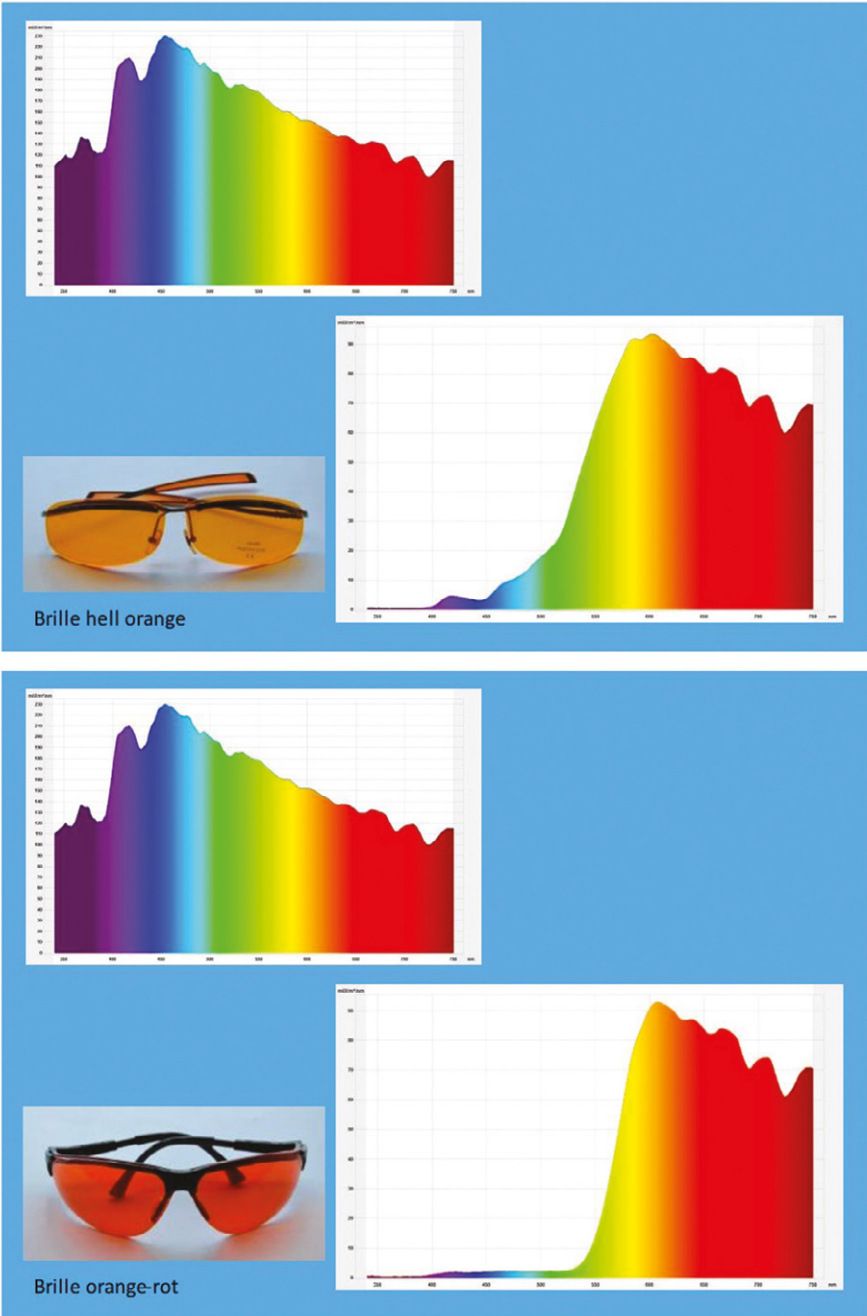
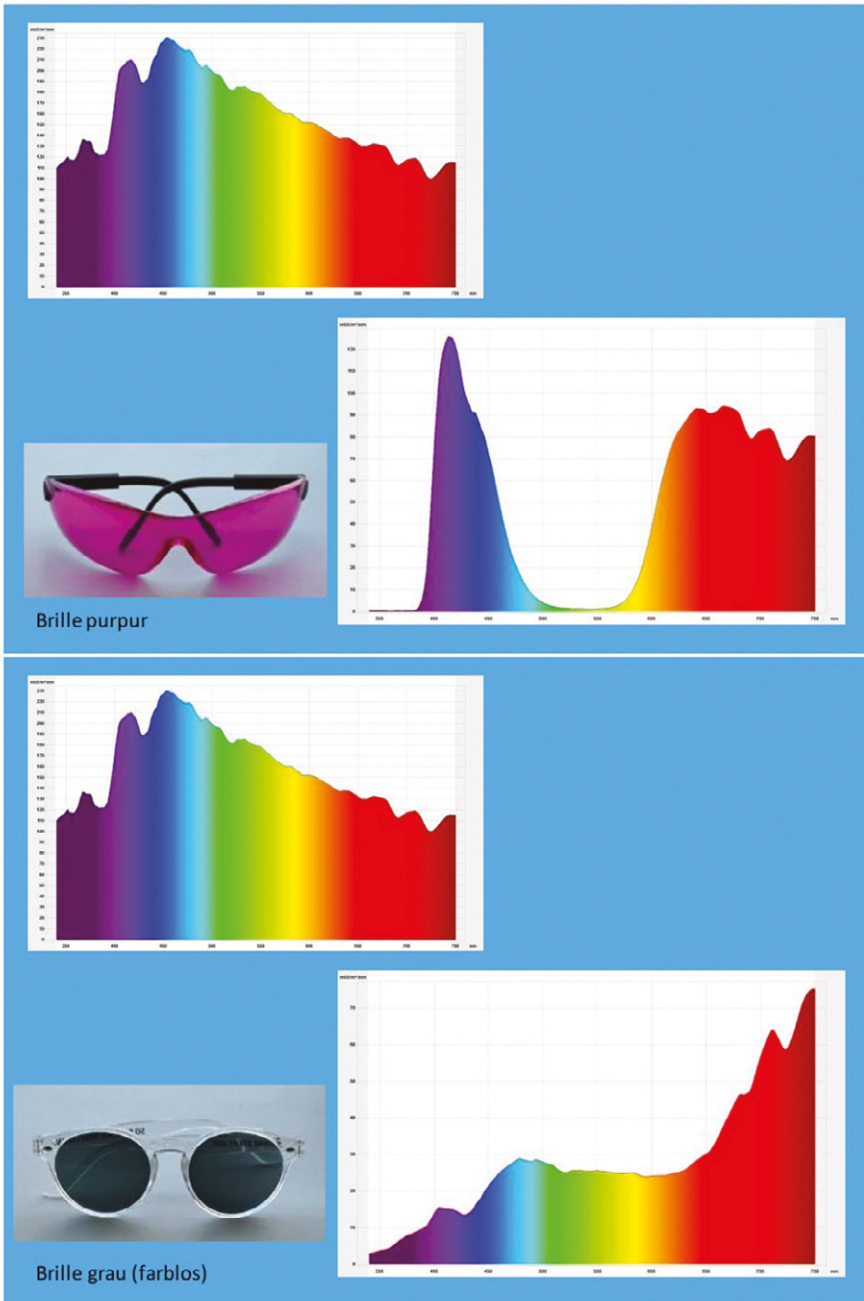


Abbildung 9. Schutzbrillen mit hellorangenen und orangeroten Plastikgläsern



Brille purpur

Brille grau (farblos)

Abbildung 10. Schutzbrillen mit dunkelpurpurfarbenen und grauen (farblosen) Plastikgläsern
(Fotos und Diagramme: Tadeusz Krzeszowiak)

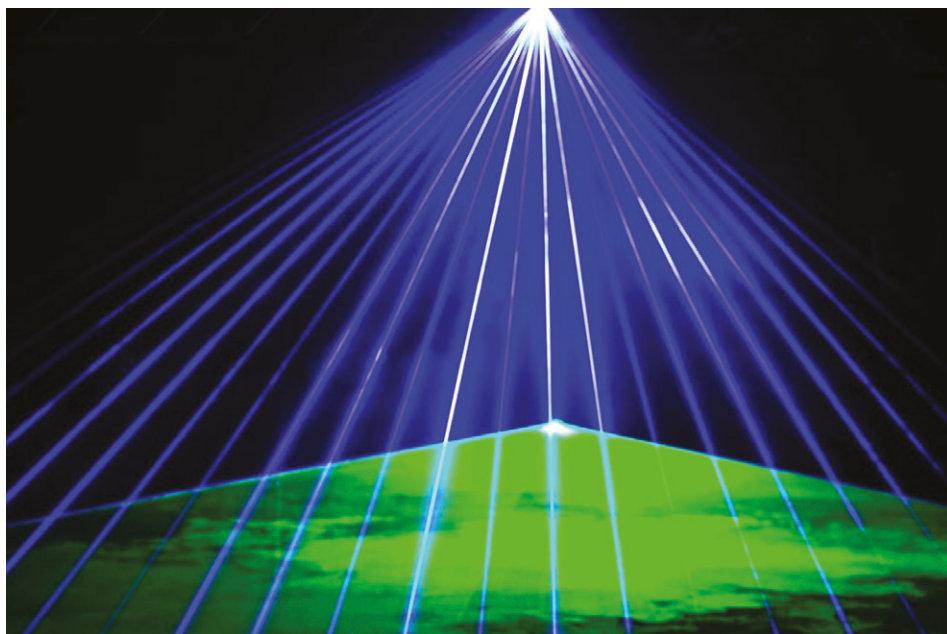


Abbildung 11. Argon-Ionen-Laser (1,5 W Ausgangsleistung mit komprimierter Luftkühlung) mit Linie 488,0 nm (Blau) und Linie 514,5 nm (Grün) – Zwei Fächereffekte: Mit Diffraktionsgitter (oben) und mit horizontalem Ablenkspiegel (unten) bei Nebelfüllung.

Versuchsanordnung im Laboratorium für Lichttechnik
an der Höheren Technischen Bundes-, Lehr- und Versuchsanstalt
Wiener Neustadt
(Foto: Tadeusz Krzeszowiak)

Im Falle des Einsatzes von Laser für die Raumgestaltung mit faszinierenden 3D-Effekten auf der Bühne wie beispielsweise Tunneleffekten, flimmernden Sternen, Wasserwellen und perspektivischer Unendlichkeit werden während Proben und Vorstellungen eine dunkelgrüne Brille (Stopp-Filter für Blau und Rot) oder eine purpurne Brille (Stopp-Filter für Grün) als obligatorische Sicherheitsmaßnahme getragen. Auf der Bühne kommt nur solcher Laser zur Anwendung, der im sichtbaren Spektrum Farblinien abstrahlt: Gaslaser (Argon-Ionenlaser: Blaulinie – 488,0 nm und Grünlinie 514,5 nm), Krypton-Ionenlaser (Rotlinie 647,1 nm), Festkörperlaser Nd: YAG-Laser (Grünlinie: 532,0 nm oder Halbleiterlaser LED-RGB-Laser (Rot-Grün-Blau-Linien). Die Abbildungen 7 bis 10 zeigen den Durchlässigkeitsverlauf von Sicherheitsbrillen im Bereich der Wellenlänge

von 350 nm bis 750 nm im Vergleich zur Sonnenstrahlung (um 6.000 K). Im Falle des Einsatzes von Laser kommen immer solche Brillen zum Einsatz, die die ausgestrahlte Energie der Farblinie deutlich unter den Schwellenwert reduzieren, dunkelgrüne Brillen beispielsweise für Krypton-Ionenlaser mit einem Stopp-Filter für die Wellenlänge 647,1 nm (Abb. 8) oder dunkelpurpurfarbene Brillen für Nd:YAG-Laser mit einem Stopp-Filter für die Wellenlänge 532,0 nm (Abb. 10).

b) Vermeidung, direkt in die Strahlen von Scheinwerfer/Leuchte hineinzublicken

c) Einsetzen von speziellen Kontaktlinsen, die UV-Strahlung und Blaulicht filtern – für Brillenträger kommen entsprechende Gläser zum Einsatz

d) Einsetzen von UV-Filtern in Scheinwerfer/Leuchten – bei den modernsten Ausführungen dieser Geräte wird dies von den Herstellern bereits serienmäßig gemacht

e) Blaue Lichtstimmungen mit hohen Bestrahlungswerten sind nach Möglichkeit zu vermeiden, gegebenenfalls hat die Beleuchtung von der Seite oder von oben zu erfolgen oder als Konturbeleuchtung/Gegenlicht

f) Reduktion der Bestrahlungsstärke auf einen entsprechenden Wert seitens des Lichtpultes oder Vergrößerung des Lichtkegels des Scheinwerfers

f) Implantation von Intraokularlinsen im Zuge von Kataraktoperationen

Diese Schutzmaßnahmen kommen seit 2010 an den Theatern der Bundestheater-Holding in Wien (Staatsoper, Volksoper, Burgtheater und Akademietheater) zur Anwendung. Vor jeder neuen Premiere werden Lichtmessungen entweder im Lichtlaboratorium der HTBLuVA Wiener Neustadt durchgeführt und sorgfältig protokolliert, oder sie erfolgen durch qualifiziertes Personal der Beleuchtungsabteilung des jeweiligen Hauses, was zumeist unter Zuhilfenahme eines kompakten Messgerätes erfolgt.

Je nach Messergebnis werden in der Folge entsprechende Sicherheitsmaßnahmen getroffen. Als Beispiel für eine solche lichttechnische Lösung sei die Brille für eine der Sängerinnen im Rahmen einer Inszenierung von „Il ritorno d’Ulisse in patria“ von Claudio Monteverdi an der Wiener Staatsoper angeführt, die die Sängerin vor gefährlicher Lichteinwirkung bestmöglich schützt. Die Premiere dieser Inszenierung war im April 2023.

Zur Erarbeitung entsprechender Richtlinien zur Gewährleistung der photobiologischen Sicherheit an Österreichs Bühnen wurde von der Österreichischen Theatertechnischen Gesellschaft am 13. Juni 2014 an der Volksoper in Wien ein Seminar zum Thema „Praktische Evaluierung von szenischer Beleuchtung“ ver-

anstaltet. Das in der Folge entstandene, hundert Seiten umfassende Skriptum mit dem Titel *Grundlagen und Ergebnisse der Messungen von VOPST*, an dem sich auch der Verfasser dieses Beitrages beteiligte, wurde zum Leitfaden für die für Bühnenbeleuchtung Verantwortlichen an österreichischen Theatern, insbesondere an den Theatern der Bundestheater-Holding in Wien, sowie zur Grundlage für die Evaluierung der Lichtexposition.

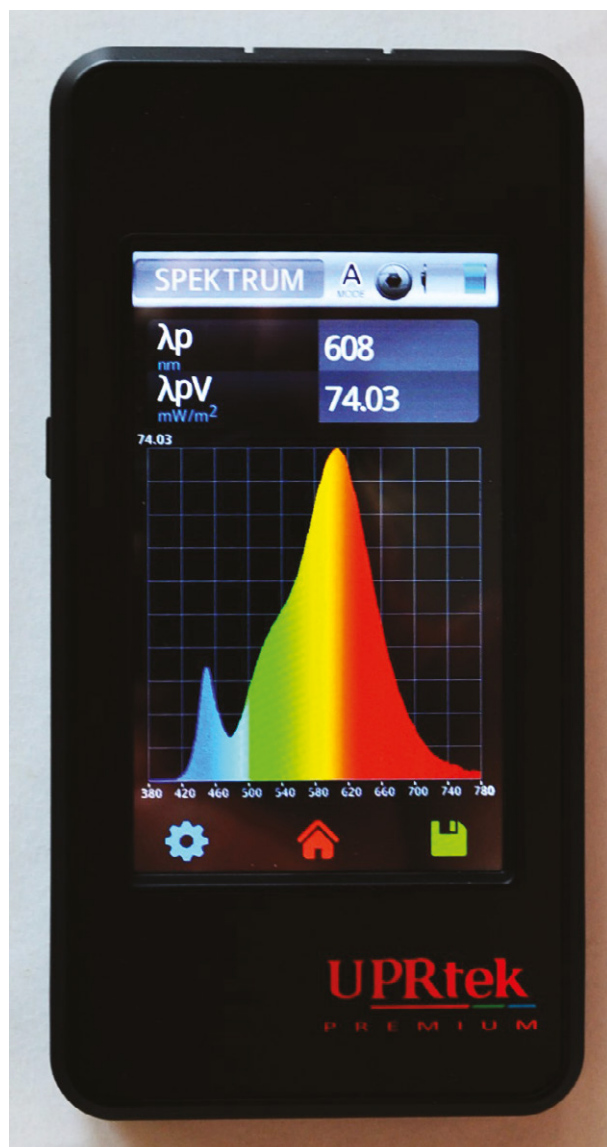


Abb. 12. Messapplikation, die in der Volksoper und am Burgtheater in Wien zur Anwendung kommt:

Spektrometer MK 3505 Premium UPRtek zur Ermittlung der jeweiligen Risikogruppe (RG):

RG 0 (exempt=befreit):
Höchstzulässige Expositionszeit > 10.000 s,
RG 1 (low=niedrig):
Höchstzulässige Expositionszeit:

100 s bis 10.000 s,

RG 2 (moderate=mäßig):
Höchstzulässige Expositionszeit: 0,25 s bis 100 s,

RG 3 (high=hoch):
Höchstzulässige Expositionszeit < 0,25 s.

(Diagramm: Tadeusz Krzeszowiak)

Zu dieser Thematik nahmen die an der Staatsoper dafür verantwortlichen Personen folgendermaßen Stellung. So stellte der Technische Direktor der Wiener Staatsoper Ing. Peter Kozak dazu fest:

„Die Ergebnisse der Messungen, die seit Jahren an der HTBLuVA Wiener Neustadt für die Wiener Staatsoper durchgeführt werden, sind für die Arbeit auf der Bühne während der Proben und Aufführungen von entscheidender Bedeutung. Dank dieser Messungen ist gewährleistet, dass die Sicherheit für unsere Sänger, Tänzer, Chor, Statisten, Techniker und für alle Personen, die im Licht der Scheinwerfer stehen, gegeben ist. Auf diese Weise werden alle Vorschriften eingehalten.“

Ing. Manfred Lenz, einer der Sicherheitsverantwortlichen an der Wiener Staatsoper, konstatiert:

„Wir sind selbst dazu verpflichtet, gemäß Arbeitsschutzgesetz Evaluierungen bei jedem neu inszenierten Stück durchzuführen. Durch das Arbeitsinspektorat wird das überprüft. Nichtsdestotrotz ist es sehr wichtig, dass alle, insbesondere Darsteller und Mitarbeiter auf der Bühne, wissen, dass man nicht direkt in den Scheinwerfer schauen soll. Wir haben auch Schutzbrillen, damit sich die Mitarbeiter vor dem Bühnenlicht schützen können.“

Ing. Rudolf Fischer, der Leiter der Beleuchtungsabteilung der Wiener Staatsoper, resümiert:

„Die ersten Messungen wurden an Halogenscheinwerfern durchgeführt, die Gefährdung durch optische Strahlung ist sehr gering. Sie weisen einen sehr kleinen UV- und Blauanteil auf. Die nächsten Messungen waren jene mit HMI-Scheinwerfern. Die Gefährdung durch Blauanteil ist ebenfalls gering. Es folgten LED-Scheinwerfer, welche in letzter Zeit in großem Maße am Theater Einzug gehalten haben. Diese verwenden wir hauptsächlich im Bühnenbereich. Hier ist der Blauanteil um einiges höher und größer. Es kann zu einer Gefährdung kommen, wenn der Zoombereich klein ist, die Helligkeit 100 % beträgt und der Abstand zur jeweiligen Person gering ist. Die Messungen der LED-Scheinwerfer an der HTL Wr. Neustadt, die anschließend erstellten Protokolle sowie die

Gespräche mit Prof. Krzeszowiak bilden die Grundlagen dafür, durch Bühnenlicht hervorgerufenen Gefahrenpotenzial ausschalten zu können.“

Abschließend sei festgehalten, dass die in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchungen über photobiologische Sicherheit auf der Bühne ohne die Unterstützung zahlreicher Personen nicht möglich gewesen wäre. Der Verfasser dieser Zeilen möchte daher der Direktion der HTBLuVA Wiener Neustadt – Hofrat Dr. Herbert Schwarzer, DI. Dr. Kurt Hillebrand sowie Mag. arch. Ute Hammel – und den Abteilungsvorständen für Elektrotechnik – DI Bernhard Sachernegg und DI Dr. techn. Karl Filz – für deren stets freundliche Unterstützung, Entgegenkommen und Zustimmung zu den Forschungsarbeiten über die photobiologische Sicherheit des Bühnenlichtes seinen herzlichen Dank aussprechen. Ebenso möchte er den Genannten für die Genehmigung zur Anschaffung der notwendigen Ausstattung einschließlich des dazugehörigen spezifischen Messinstrumentariums für das Laboratorium für Lichttechnik an der HTBLuVA Wiener Neustadt danken. Ing. Christoph Rosenberg, BSc und Valentin Killer, BA dankt der Verfasser für deren langjährige Assistenz bei den Messungen in eben diesem Laboratorium.

Gewidmet sei dieser Artikel Prof. Dr. Klaus Stolzenberg (1931-2023), dem langjährigen Direktor des Institutes für Lichttechnik an der Technischen Universität im damaligen Westberlin. Der Verfasser dieses Artikels denkt mit großer Dankbarkeit an ihn zurück, denn er hat ihm eine neue Welt eröffnet. 1985 durfte er einen kurzen wissenschaftlichen Aufenthalt am Institut von Prof. Stolzenberg absolvieren und erinnert sich heute noch an dessen Ausspruch: „Den Beruf *Professor* habe ich immer schön gefunden, man hat Kontakt mit jungen Menschen, die von überall her kommen...“

Literatur

Fachliteratur

Bätting Johannes, *Sicherheitsbuch für Veranstaltungstechniker_innen*“, hrsg. von der Österreichischen Theatertechnischen Gesellschaft, Wien 2020.

Krzeszowiak Tadeusz, *Skriptum Lichttechnik*, hrsg. v. d. Werkmeisterschule WIFI Linz, Linz 2013, S. 5-7.

- Krzeszowiak Tadeusz, *Bühnenlicht von heute*, in: „*Schein werfen – Theater – Licht – Technik*“, hrsg. v. Wolfgang Greisenegger und Tadeusz Krzeszowiak, Wien 2008, S. 82-119.
- Krzeszowiak Tadeusz, *Licht und Hormone. Physiologische Aspekte des Bühnenlichtes*, in: *Tagungsband zum X. Europäischen Lichtkongress „Lux Europa“ (19.09-21.09.2005)*, Berlin 2005, S. 546 – 552.
- Krzeszowiak Tadeusz, *Fluoreszenzfarben für das Theater*, in: *Maske und Kothurn. Internationale Beiträge zur Theaterwissenschaft*, Heft 2-4, 42. Jg., Wien 2000, S. 165-185.
- Rockefeller Young / Mathew Alpern, *Pupil responses to foveal exchange of monochromatic lights*, in: *Journal of the Optical Society of America* 6/70, 1980, S. 697-706.

Europäische Normen

EN 207 (2017) – Laserschutzbrille

EN 208 (2010) – Laserjustierbrille

EU 60 825 (2022) – Sicherheit von Lasereinrichtungen

EU 62 471 (2009) – Sicherheit vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung

Krzeszowiak Tadeusz, Prof. Dr., geboren 1954 in Elbląg, Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Poznań, Promotion 1984. Emigration nach Österreich in den 1980er Jahren, in Wien Nostrifizierung seines Studienabschlusses sowie seiner akademischen Titel (Diplom-Ingenieur und Doktor der technischen Wissenschaften) an der Technischen Universität Wien. Von 1978 bis 1997 war er an den Vereinigten Bühnen Wien tätig. Von 1989 bis 2019 unterrichtete er an der HTBLuVA Wiener Neustadt, 1990 gründete er an der HTBLuVA Wiener Neustadt das Laboratorium für Lichttechnik/Bühnenbeleuchtung, das er bis zu seiner Pensionierung Jahre leitete. Lehrtätigkeit an zahlreichen Universitäten und Akademien in Österreich und Polen, jahrzehntelange Tätigkeit als Experte für Bühnenlicht für Opern- und Musicalinszenierungen sowie Ballett an zahlreichen Opern- und Theaterbühnen in Österreich. Seit 2010 führt er für die Theater der Bundestheater-Holding photobiologische Lichtmessungen von Theaterscheinwerfern durch und gestaltete auch selbst Szenographie, Bühnenlicht und Lichtdesign

von zahlreichen Festivals, Festveranstaltungen, Konzerten sowie weiteren Kulturveranstaltungen. Er wurde mit zahlreichen Preisen und Auszeichnungen geehrt, unter anderem mit dem Offizierskreuz des Verdienstordens der Republik Polen (2003), dem Silbernen Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich (2005) und mit dem Goldenen Ehrenkreuz für Wissenschaft und Kunst „Litteris et Artibus“ der Republik Österreich (2016). Publikationen (Auswahl): *Theater an der Wien 1801-2001. Seine Technik und Geschichte*, Wien 2002; *Freihaustheater in Wien 1787-1801. Wirkungsstätte von W. A. Mozart u. E. Schikaneder*, Wien 2009; *Licht und Mechanik im Theater des 17. und 18. Jahrhunderts*, Heidelberg 2020.