



Lichttechnische Richtlinien an Beleuchtungsanlagen



Ing. Manfred Wagner

ORF/TFSP-MV / Planung u. Projektierung - Licht

Aktualisiert: März 2022

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorwort	4
2. Einführung	5
3. Beleuchtungsklassen und Qualitätsgruppen	7
3.1 Sportstättenbeleuchtung, für Innen-u. Außenbeleuchtung	7
3.1.1 Sportstättenbeleuchtung: Qualitätsgruppe-Superzeitlupenqualität	8
3.1.2 Sportstättenbeleuchtung: Qualitätsgruppe-Spitzenqualität	10
3.1.3 Sportstättenbeleuchtung: Qualitätsgruppe-Standardqualität	12
3.2 Veranstaltungen in Innen-u. Außen-Anlagen	13
3.2.1 Qualitätsgruppe-Spitzenqualität	13
3.2.2 Qualitätsgruppe-Standardqualität	14
3.2.3 Qualitätsgruppe-Reportagequalität	15
4. Spektrale Energieverteilung	17
5. Anforderungen an Lichtquellen	19
5.1. Spektrale Strahlungsleistung der Lampen	19
5.2. Technische Details	19
5.3. Leuchtdichtemessung	20
5.4. Betriebsverhalten der Leuchtmittel	20
5.5. Hochspannungsbetrieb	20
5.6. Toleranzgrenzen	20
6. Ergänzungen und Hinweise auf Regelwerke	21
6.1. Flash Zone	21
6.2. Montagehöhe der Leuchten	21
6.3. Messung und Messprotokolle	21
6.4. Lichtimmissionen – Außenbeleuchtung	21

7. Weiterführende Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen hinsichtlich Arbeitnehmerschutz, sowie Sicherheit für Teilnehmer und Besucher/Publikum	22
8. Weitere hilfreiche Normen für Arbeitsstätten im Innen-u. Außenbereich, bzw. organisatorische Voraussetzungen in der Veranstaltungstechnik (ohne TV-u. Filmaufnahmen)	22
9. Begriffe und Definitionen	23
9.1. Beleuchtungsstärke	23
9.2. Radiale Beleuchtungsstärke	23
9.3. Vertikale Beleuchtungsstärke	23
9.4. Horizontale Beleuchtungsstärke	23
9.5. Farbwiedergabeindex	23
9.6. Farbtemperatur	24
9.7. Leuchtdichte	24
9.8. Schärfentiefe (Tiefenschärfe)	25

1. Vorwort

Aufgrund des gewaltigen Fortschritts in der Fernsehtechnik (HD, UHD, 8K, Super-Zeitlupenkamera mit hoher Bildfrequenz) und der sich in den vergangenen Jahren rasch fortschreitenden LED-Technologie, wurde eine Überarbeitung der ORF-lichttechnischen Richtlinien unumgänglich.

Weiters spielten neue Standards in der Auswertung der Farbwiedergabe (TLCI, TM-30) eine große Rolle, *siehe Kapitel 5.2 und 9.5*.

In der nun vorliegenden Fassung, mit Stand 03/2022, wurden die bisherigen Rahmenbedingungen an letztgültige Normen angepasst, welche nun in einer deutlichen Qualitätserhöhung (detailreichere TV-Übertragung) Berücksichtigung findet.

Da HD das SD-Format mittlerweile vollständig abgelöst hat und daher das SD-Format kein offizielles Abgabeformat für ORF-Produktionen mehr darstellt, werden sämtliche Werte hinsichtlich nachfolgender Qualitätsstufen nur noch für das HD-Format herangezogen.

Diese basieren auf der aktuellen Festlegung einer 1080-I-25 Abtastung (derzeitiges ORF-Produktionsformat).

Die hiermit vorliegenden aktualisierten ORF-Lichttechnischen Richtlinien an Beleuchtungsanlagen, Stand März 2022 ersetzen ab sofort die ORF-Lichttechnischen Richtlinien an Beleuchtungsanlagen mit Stand Dezember 2008.

2. Einführung

Auch wenn unser Auge die verschiedenen Lichtarten nahezu perfekt für unsere Wahrnehmung angleicht, spielen die unterschiedlichen Eigenschaften des Lichts, sobald wir sie auf Film oder Video aufnehmen bzw. übertragen, eine große Rolle. Beachtet man gewisse Grundregeln nicht, so kommt es zu unschönen Bildern im Fernsehen.

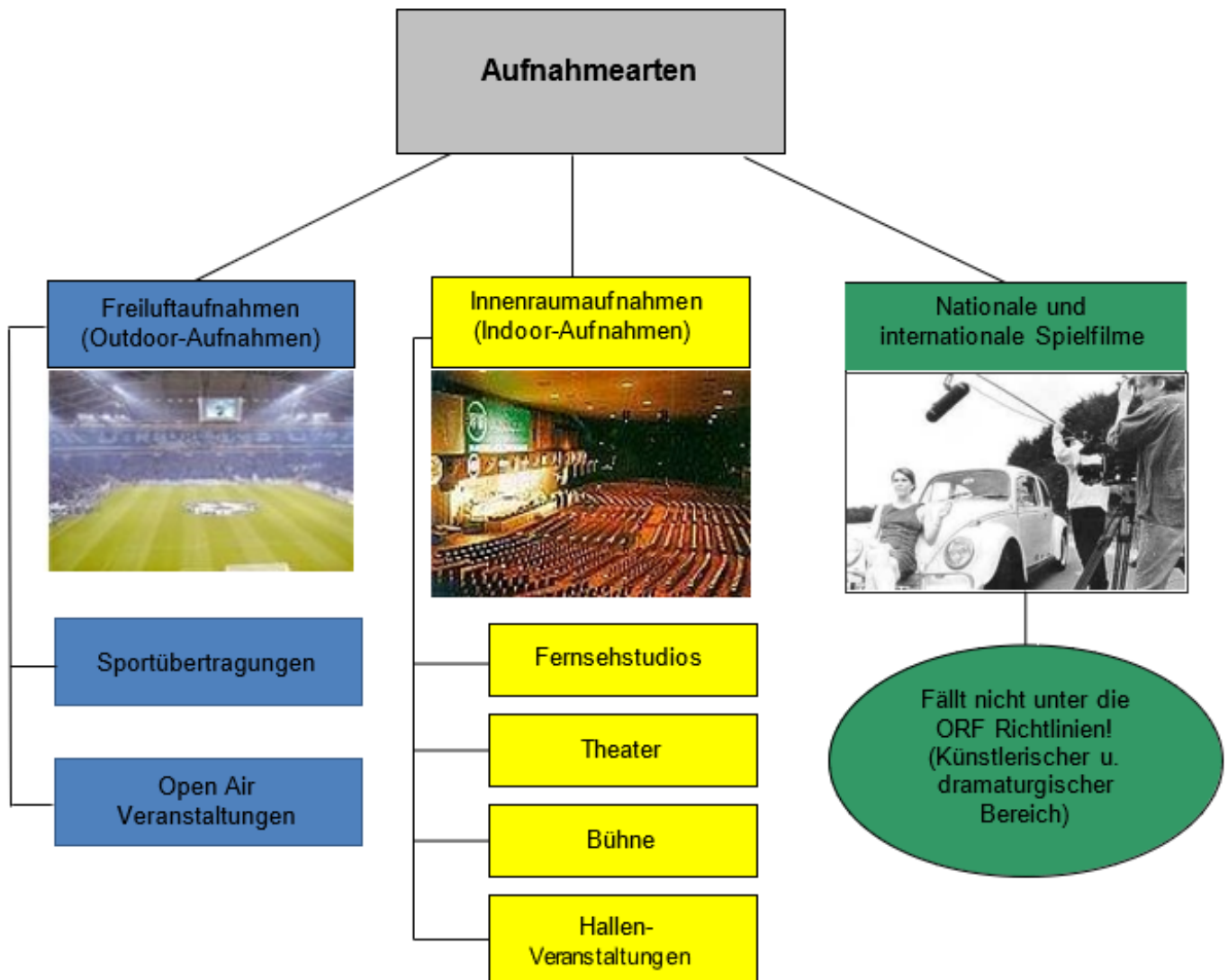
Bei ungünstigen Aufnahmepositionen können durch glatte und glänzende Flächen (z.B. Kunstrasen, Fußböden, Eisflächen, Wasseroberflächen) stark störende Spiegelungen und Reflexionen der Lichtquellen auftreten.

Ebenso können große, intensiv gefärbte Flächen zu Farbverfälschungen führen. Solche Störungen sind äußerst schwer und in vielen Fällen überhaupt nicht zu korrigieren, weshalb diese vermieden werden sollten.

Daher sind bei elektronischen und filmischen Aufnahmen für Fernsehzwecke an Beleuchtungsanlagen (Innenraum und Außenanlagen) bestimmte Grundanforderungen zu stellen.

Dies betrifft:

- Radiale TV-Kamera-Beleuchtungsstärke
- Vertikale Beleuchtungsstärken in 4 Richtungen
- Kamera-Beleuchtungsstärke unter Berücksichtigung von Geräten mit extrem hoher Bildfrequenz (Superzeitlupenkamera)
- Horizontale Beleuchtungsstärke
- Gleichmäßigkeit-Helligkeitsverteilung/Ausleuchtung
- Kontrast (Verhältnis Objekt zu Hintergrund)
- Qualität der Lichtquellen
- Spektrale Strahlungsleistung der Lichtquellen



3. Beleuchtungsklassen und Qualitätsgruppen

3.1 Sportstättenbeleuchtung für Innen-u. Außenbeleuchtung

Die erforderlichen lichttechnischen Mindestwerte beziehen sich auf die

- **ORF-Anforderungen**
- **ÖNORM EN-12193: Licht und Beleuchtung-Sportstättenbeleuchtung, Spezielle Anforderungen für Fernseh- und Film-Aufnahmen**
- **CIE 083: Technical Report: Guide for the Lighting of Sports Events for Colour Television and Film Systems**

jeweils in ihren letztgültigen Fassungen, und stellen sich im Detail wie folgt dar.

3.1.1 Sportstättenbeleuchtung: Qualitätsgruppe-Superzeidlupenqualität

Die **Superzeidlupenqualität** ist für hochwertige Aufnahmen, welche extrem schnelle Bewegungsabläufe beinhalten und/oder hohe Tiefenschärfe erfordern, sowie für Aufnahmen, bei denen größere Aufnahmeentfernungen auftreten, erwünscht.

Die Anforderungen für diese Beleuchtungsklasse sind für internationale TV-Übertragungen ausgelegt.

Bei Einsatz von Geräten mit extrem hoher Bildfrequenz (Superzeidlupenkamera) in Innenräumen und Außenanlagen ist darauf zu achten, dass Leuchten mit Vorschaltgeräten phasensymmetrisch ausgelegt werden, sofern nicht flickerfreie Vorschaltgeräte eingesetzt werden, bzw. LED-Leuchten möglichst mit variabler PWM-Frequenz (Pulsweitenmodulation) zum Einsatz kommen.

Tabelle 1

Minimale, radiale Beleuchtungsstärke (Messebene; Richtung TV-Kamera: 1,50m)	$E_{cam\ min}$	1)	<i>Lux</i>	1.400
Gleichmäßigkeit	$E_{cam\ min} / E_{cam\ mitt}$	U2		$\geq 0,70$
	$E_{cam\ min} / E_{cam\ max}$	U1		$\geq 0,50$
Mittlere, radiale Beleuchtungsstärke	$E_{cam\ mitt}$	$(E_{cam\ min} / U2)$	<i>Lux</i>	(≤ 2.000)
$E_{cam\ min}^{1)} \text{ und } E_{v\ min}^{2)}$				
Minimale vertikale Beleuchtungsstärke, in 4 Richtungen (Messebene: 1,50m)	$E_{v\ min}$	2)	<i>Lux</i>	1.400
Gleichmäßigkeit	$E_{v\ min} / E_{v\ mitt}$	U2		$\geq 0,70$
	$E_{v\ min} / E_{v\ max}$	U1		$\geq 0,50$
Mittlere, vertikale Beleuchtungsstärke	$E_{v\ mitt}$	$(E_{v\ min} / U2)$	<i>Lux</i>	(≤ 2.000)
Kontrast-Faktor ³⁾		$E_{h\ mitt} / E_{cam\ mitt}$		0,5 – 1,5
Mittlere, horizontale Beleuchtungsstärke (Messebene: $\leq 0,20m$)	$E_{h\ mitt}$	$(E_{cam\ mitt} \times K\text{-Faktor})$	<i>Lux</i>	(≤ 3.000)
Gleichmäßigkeit	$E_{h\ min} / E_{h\ mitt}$	U2		$\geq 0,80$
	$E_{h\ min} / E_{h\ max}$	U1		$\geq 0,60$
Television-Lighting-Consistency-Index	TV-Kamera	TLCI (TLCI _{Qa})		> 80
Flicker-Faktor		FF	%	< 3
Blendungsbegrenzung zur TV-Kamera	Innen-Anlage	R_G		≤ 35
	Außen-Anlage	R_G		≤ 40
	Streulicht (Lens Flare) in die Kameras vermeiden			

1) Festgelegte(r) TV-Kamerastandpunkt(e)

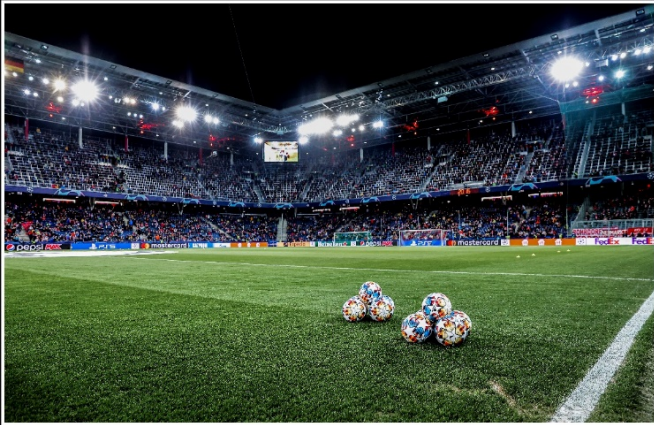
2) Nicht festgelegte(r) TV-Kamerastandpunkt(e), seitlich auf Spielebene (z. B. Mobil-TV-Kamera)

3) Kontrast-Faktor: Das Verhältnis $E_{h\ mitt} / E_{cam\ mitt}$ beeinflusst die Qualität des Bildkontrastes.

Die nachstehend empfohlene Werte enthalten direkte und reflektierende Komponenten:
Z. B. Faktor: 1,0 für Grasboden; hellere Bodenbeläge: 0,5-1,0; dunklere Bodenbeläge: 1,0-1,5

Typische Produktionen für Superzeitlupenqualität:

- Internationaler und nationaler Fußball
- Leichtathletik
- Alpine u. nordische Sportarten



1: Fußball



2: Schispringen



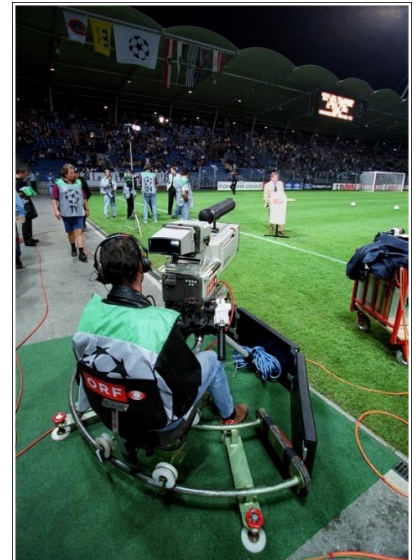
3: Eishockey



4: Basketball



5: Schifahren



6: ORF-Superzeitlupenkamera

3.1.2 Sportstättenbeleuchtung: Qualitätsgruppe-Spitzenqualität

Die **Spitzenqualität** ist für hochwertige Aufnahmen, welche schnelle Bewegungsabläufe beinhalten und/oder hohe Tiefenschärfe erfordern, sowie für Aufnahmen, bei denen größere Aufnahmeentfernungen auftreten, jedoch **ohne Superzeitlupenkamera-Einsatz**, erwünscht.

Die Anforderungen sind für nationale TV-Übertragungen ausgelegt.

Von Vorteil wäre der Einsatz von flickerfreien Vorschaltgeräten bzw. LED-Leuchten mit variabler PWM-Frequenz.

Tabelle 2

Minimale, radiale Beleuchtungsstärke (Messebene; Richtung TV-Kamera: 1,50m)	$E_{cam\ min}$	1)	<i>Lux</i>	1.000
Gleichmäßigkeit	$E_{cam\ min} / E_{cam\ mitt}$	U2		$\geq 0,70$
	$E_{cam\ min} / E_{cam\ max}$	U1		$\geq 0,50$
Mittlere, radiale Beleuchtungsstärke	$E_{cam\ mitt}$	($E_{cam\ min} / U2$)	<i>Lux</i>	(≤ 1.400)
$E_{cam\ min}^{1)}$ und $E_{v\ min}^{2)}$				
Minimale vertikale Beleuchtungsstärke, in 4 Richtungen (Messebene: 1,50m)	$E_{v\ min}$	2)	<i>Lux</i>	1.000
Gleichmäßigkeit	$E_{v\ min} / E_{v\ mitt}$	U2		$\geq 0,70$
	$E_{v\ min} / E_{v\ max}$	U1		$\geq 0,50$
Mittlere, vertikale Beleuchtungsstärke	$E_{v\ mitt}$	($E_{v\ min} / U2$)	<i>Lux</i>	(≤ 1.400)
Kontrast-Faktor ³⁾		$E_{h\ mitt} / E_{cam\ mitt}$		0,5 – 1,5
Mittlere, horizontale Beleuchtungsstärke (Messebene: $\leq 0,20m$)	$E_{h\ mitt}$	($E_{cam\ mitt} \times K\text{-Faktor}$)	<i>Lux</i>	(≤ 2.100)
Gleichmäßigkeit	$E_{h\ min} / E_{h\ mitt}$	U2		$\geq 0,70$
	$E_{h\ min} / E_{h\ max}$	U1		$\geq 0,50$
Television-Lighting-Consistency-Index	TV-Kamera	TLCI (TLCI _{Qa})		> 80
Flicker-Faktor		FF	%	< 3
Blendungsbegrenzung zur TV-Kamera	Innen-Anlage	R _G		≤ 35
	Außen-Anlage	R _G		≤ 40
	Streulicht (Lens Flare) in die Kameras vermeiden			

4) Festgelegte(r) TV-Kamerastandpunkt(e)

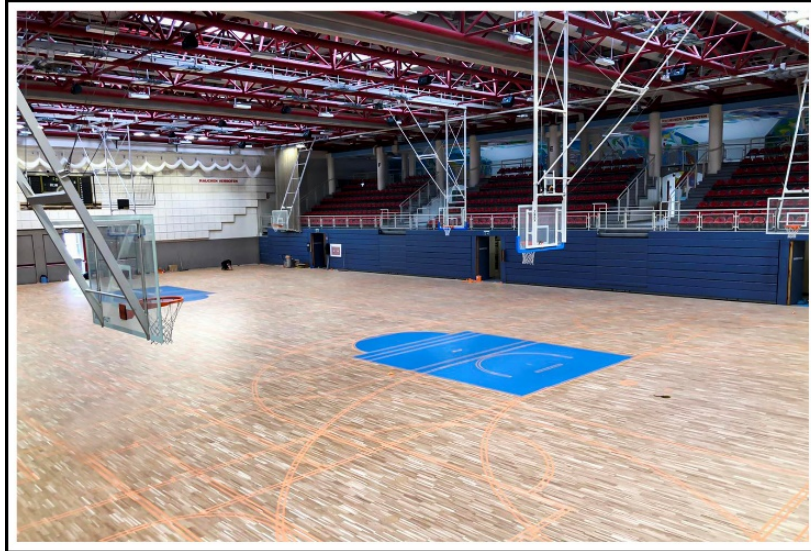
5) Nicht festgelegte(r) TV-Kamerastandpunkt(e), seitlich auf Spielebene (z. B. Mobil-TV-Kamera)

6) Kontrast-Faktor: Das Verhältnis $E_{h\ mitt} / E_{cam\ mitt}$ beeinflusst die Qualität des Bildkontrastes.

Die nachstehend empfohlene Werte enthalten direkte und reflektierende Komponenten:
Z. B. Faktor: 1,0 für Grasboden; hellere Bodenbeläge: 0,5-1,0; dunklere Bodenbeläge: 1,0-1,5

Typische Produktionen, die Spitzenqualität erfordern:

- Sportübertragungen (falls Superzeitlupenqualität nicht erforderlich ist)



7: Multifunktions-Sporthalle



8: Eishalle

3.1.3 Sportstättenbeleuchtung: Qualitätsgruppe-Standardqualität

Die **Standardqualität** ist für Aufnahmen mit langsamen Bewegungsabläufen und/oder niedriger Tiefenschärfe, sowie für normale Aufnahmeentfernungen.

Messungen sind je nach TV-Kamerastandpunkten 1) 2) in vertikaler oder/und radialer Richtung durchzuführen.

Tabelle 3

Minimale, radiale Beleuchtungsstärke (Messebene, Richtung TV-Kamera: 1,50m)	$E_{cam\ min}$	1)	<i>Lux</i>	600
Gleichmäßigkeit	$E_{cam\ min} / E_{cam\ mitt}$	U2		$\geq 0,60$
	$E_{cam\ min} / E_{cam\ max}$	U1		$\geq 0,40$
Mittlere, radiale Beleuchtungsstärke	$E_{cam\ mitt}$	($E_{cam\ min} / U2$)	<i>Lux</i>	(≤ 1.000)
$E_{cam\ min}^{1)} \text{ oder / und } E_{v\ min}^{2)}$				
Minimale vertikale Beleuchtungsstärke, in 4 Richtungen (Messebene: 1,50m)	$E_{v\ min}$	2)	<i>Lux</i>	600
Gleichmäßigkeit	$E_{v\ min} / E_{v\ mitt}$	U2		$\geq 0,60$
	$E_{v\ min} / E_{v\ max}$	U1		$\geq 0,40$
Mittlere, vertikale Beleuchtungsstärke	$E_{v\ mitt}$	($E_{v\ min} / U2$)	<i>Lux</i>	(≤ 1.000)
Kontrast-Faktor ³⁾		$E_{h\ mitt} / E_{cam\ mitt}$		0,5 – 2
Mittlere, horizontale Beleuchtungsstärke (Messebene: $\leq 0,20m$)	$E_{h\ mitt}$	($E_{cam\ mitt} \times K\text{-Faktor}$)	<i>Lux</i>	(≤ 1.500)
Gleichmäßigkeit	$E_{h\ min} / E_{h\ mitt}$	U2		$\geq 0,70$
	$E_{h\ min} / E_{h\ max}$	U1		$\geq 0,50$
Television-Lighting-Consistency-Index	TV-Kamera	TLCI (TLCI _{Qa})		> 60
Flicker-Faktor		FF	%	< 10
Blendungsbegrenzung zur TV-Kamera	Innen-Anlage	R_G		≤ 40
	Außen-Anlage	R_G		≤ 45
	Streulicht (Lens Flare) in die Kameras vermeiden			

1) Festgelegter TV-Kamerastandpunkt

2) Nicht festgelegte(r) TV-Kamerastandpunkt(e), seitlich auf Spielebene (z. B. Mobil-TV-Kamera)

3) Kontrast-Faktor: Das Verhältnis $E_{h\ mitt} / E_{cam\ mitt}$ beeinflusst die Qualität des Bildkontrastes.
Die nachstehend empfohlene Werte enthalten direkte und reflektierende Komponenten:
Z. B. Faktor: 1,0 für Grasboden; hellere Bodenbeläge: 0,5-1,0; dunklere Bodenbeläge: 1,0-2,0

Typische Produktionen für Standardqualität:

- Sportübertragungen (falls Superzeitlupenqualität bzw. Spitzenqualität nicht erforderlich ist)

3.2 Veranstaltungen in Innen-u. Außen-Anlagen

3.2.1 Qualitätsgruppe-Spitzenqualität, Anwendung je nach lichttechnischen Erfordernissen, siehe auch Punkt 3.1.2

Typische Produktionen für Spitzenqualität:

- Opernübertragungen
- Konzerte
- Shows



9: Opernball



10: Show



11: Konzert



12: Show

3.2.2 Qualitätsgruppe-Standardqualität

Für Aufnahmen mit langsamen Bewegungsabläufen und/oder niedriger Tiefenschärfe, sowie für normale Aufnahmeentfernungen genügt die Standardqualität.

Hierbei werden die Messungen nur in Kamerarichtung durchgeführt.

Tabelle 4

	HD
Ecam mittel	850 Lux
Ecam min : Ecam max (Gleichmäßigkeit)	$\geq 0,5$

Typische Produktionen für Standardqualität:

- Theater im Innenraum/Freilufttheater
- Studioaufnahmen Diskussionen
- Konferenzen



13: Konzert



14: Konzert



15: Konferenz



16: TV-Studio

3.2.3 Qualitätsgruppe-Reportagequalität

Tabelle 5

	HD
Ecam	≥ 450 Lux

Der Wert von 450 Lux darf auf keinen Fall unterschritten werden!

Beispiele für die Reportagequalität:

- Befragungen auf offenen Straßen
- Schnellreportagen
- Filmberichte über außergewöhnlichen Ereignissen (z.B. Demonstrationen, Katastrophen usw.)



17: ORF-Livebericht



18: ORF-Reportage

Für alle Beleuchtungsklassen ist zu beachten:

dass bei ungünstigen Aufnahmepositionen durch glatte und glänzende Oberflächen (z.B. von Sportböden, im Besonderen von Eisflächen) stark störende Spiegelungen durch Reflexionen der Lichtquellen auftreten können. Ebenso können große, intensiv gefärbte Flächen zu Farbverfälschungen führen. Solche Störungen sind seitens der TV-Kamera äußerst schwer und in vielen Fällen überhaupt nicht zu korrigieren, weshalb diese vermieden werden sollen.



19: Schneefall kurz vor Live-Einstieg



20: Reflexionen durch Eisfläche

Farbtemperatur

Die korrelierte Farbtemperatur muss vor allem bei Beleuchtungsanlagen für Sportstätten, wenn Aufnahmen im Übergang vom Tageslicht zum Kunstlicht erfolgen, zwischen 5.000 – 6.000 K liegen. Die Farbtemperatur ohne Tageslichtanteil, ist dem jeweiligen Verwendungszweck anzupassen. Wesentlich ist für beide Beleuchtungsarten eine möglichst konstante Farbtemperatur. Die Werte der nachstehenden Tabelle beziehen sich auf die spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges.

Tabelle 6

Farbtemperatur	Kunstlicht mit Tageslichtanteil	CCT	K	5000–6000
	Kunstlicht ohne Tageslichtanteil			3000-6000

Hinsichtlich der realen Farbtemperaturen sowie der zulässigen Toleranzen wird auf die nominalen Werte für phosphorasierte weiße LED-s gemäß ANSI NEMA C78-377 verwiesen. Demnach gilt:

Tabelle 7

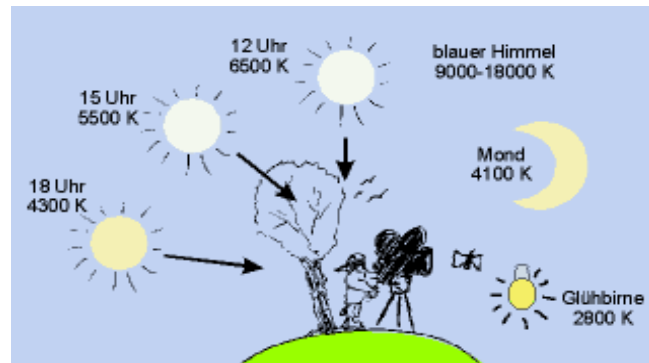
Farbtemperatur Nominell (K)	Farbtemperatur Zielwert (K)	Toleranz (K)
3000	3045	± 175
4000	3985	± 275
5000	5029	± 283
6500	6532	± 510

4. Spektrale Energieverteilung

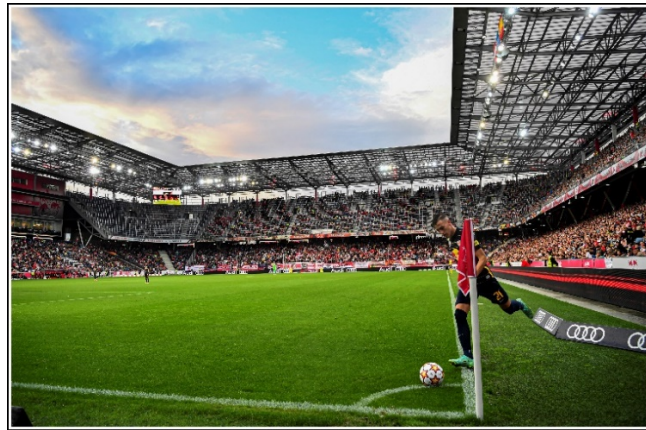
Der Farbeindruck einer Lichtquelle wird durch deren spektrale Leistungsverteilung im sichtbaren Bereich von 360 nm bis 830 nm bestimmt. Für weiße Lichtquellen wird die Lichtfarbe durch die ähnlichste Farbtemperatur in Kelvin beschrieben und im Bereich der Allgemeinbeleuchtung häufig lediglich durch die Bezeichnungen Warmweiß, Neutralweiß oder Kaltweiß charakterisiert.

Die Angabe der Farbtemperatur in Kelvin resultiert aus dem Vergleich der Lichtquelle mit einem glühenden Körper, physikalisch korrekt mit einem Schwarzkörperstrahler. Mit steigender Temperatur ändert der glühende Körper seine Farbe von Rot über Orange nach Gelb, Weiß und Blau. Jene Temperatur des glühenden Körpers, bei der seine Lichtfarbe mit der Lichtfarbe der Lichtquelle am besten übereinstimmt, wird als ähnlichste Farbtemperatur bezeichnet.

Neben der Farbtemperatur ist die spektrale Leistungsverteilung auch für die Farbwiedergabe der Lichtquelle maßgeblich. Der in der Lichttechnik nach wie vor gebräuchliche allgemeine Farbwiedergabeindex Ra ist auf das Farbempfinden des Menschen und Temperaturstrahler abgestimmt. Licht einer Glühlampe und Tageslicht erreichen nach dieser Definition den bestmöglichen Farbwiedergabeindex Ra = 100.



Beispiele für Farbtemperatur



21: Aufnahme bei Tageslicht



22: Flutlicht-Aufnahme



23: Hallenbeleuchtung

5. Anforderungen an Lichtquellen

5.1 Spektrale Strahlungsleistung der Lampen

Da in der TV-Übertragung einerseits die Priorität in den jeweiligen Kamerasensoren (digitaler Bildsensor) liegt, andererseits die LED-Technologie (spektrale Lichtverteilung) mittlerweile die konventionellen Leuchtmittel ablöst, sind künftig den TLCI- bzw. TM-30-Auswertungen höhere Priorität zuzuordnen, da sie sich aufgrund einer höheren Anzahl von Referenzfarben zur Beurteilung der Farbauflösung besser eignen.

ANMERKUNG:

Die spektrale Strahlungsenergieverteilung der verwendeten Leuchtmitteltypen sollte im sichtbaren Bereich grundsätzlich einem Temperaturstrahler entsprechen. Werden Leuchtmittel, von Temperaturstrahlern abweichender Spektralverteilung verwendet, galten bisher die Mindestanforderungen des "Allgemeinen Farbwiedergabe-Index" $R_a > 70$. Definition nach DIN-Blatt "Farbwiedergabe" DIN 6169, Blatt 2.

5.2 Technische Details:

- **CRI (Colour Rendering Index) oder R_a (Farbwiedergabeindex):**
Er wird anhand von 8, 14, bzw. 15 (Asia Skin-Color) Referenzfarben überprüft.
- **TLCI (Television Lighting Consistency Index):**
Dieser beinhaltet 24 Referenzfarben.
- **IES-TM-30-15 (Technical Memorandum):**
Der TM-30 basiert auf 99 Referenzfarben, bestehend aus dem Fidelity-Index (R_f) und dem Gamut-Index (R_g).

TLCI und TM-30-Auswertungen sind bereits bei vielen gängigen Spektrometern möglich, bzw. per Software implementiert.

Der Farbwiedergabeindex CRI (R_a) ist für TV-Übertragungen aufgrund des massiven Einsatzes von LED-Leuchtmitteln sehr eingeschränkt und daher kein aussagekräftiger Wert zur Beurteilung des Lichtes.

Zu berücksichtigen ist auch, dass bei Leuchtmitteln in LED-Technologie in Verbindung mit digitalen Bildsensoren (Kameras, Fotoapparate, Mobiltelefone), die Sensoren unterschiedlich auf das Spektrum reagieren und es dadurch zu Farbstichen kommen kann. Leider reagieren Bildsensoren (in TV-Kameras) auch untereinander abweichend.

Das Mischen von unterschiedlichen Lichtquellen ist unter allen Umständen zu vermeiden, da kein exakter Weißabgleich für die gesamte, zu übertragende Fläche möglich ist.

Für eine korrekte Lichtmessung beim Einsatz RGBW – basierter LED-Leuchtmittel sollten Spektrometer verwendet werden da bei herkömmlichen Beleuchtungsstärke Messgeräten teils erhebliche Messfehler auftreten können. Demgegenüber werden in der Allgemeinbeleuchtung praktisch nur phosphorkonvertierte weiße LED verwendet, für die lichttechnische Messung dieser Anlagen sind hochwertige Beleuchtungsstärke Messgeräte der Klasse A ausreichend.

Bei der Verwendung von Spektrometern sollte darauf geachtet werden, dass diese über eine stabile und präzise Absolut - Kalibrierung verfügen.

5.3 Leuchtdichtemessung:

Zusätzlich zu einer Lichtmessung mittels Spektrometer ist bei Sportübertragungen eine Messung der Leuchtdichte (Leuchtdichte-Kameras) empfehlenswert, da es durch unterschiedliche Oberflächen (Eis, Schnee, (Kunst)-Rasen, Fußboden) zu störenden Reflexionen kommen kann, welche nach Messauswertung bereits berücksichtigt werden können. Eine Auswertung mittels Luxmeter bzw. Spektrometer würde diese störenden Faktoren nicht berücksichtigen.

5.4 Betriebsverhalten der Leuchtmittel

Die verwendeten Leuchtmittel müssen grundsätzlich in der Lage sein, die geforderten Werte über die Länge der Fernsehaufnahmezeit stabil halten zu können.

5.5 Hochspannungsbetrieb

Hochspannungszündvorgänge, die im Einschaltvorgang erforderlich sein können, müssen vor Beginn der Fernsehaufnahmen abgeschlossen sein.

ANMERKUNG:

Gasentladungslampen können in kaltem Zustand eine längere Hochlaufzeit bis zur Erreichung des vollen Lichtstromes bzw. bis zur Erreichung der stabilen spektralen Energieverteilung in Anspruch nehmen. Diese Zeitspannen sind entsprechend zu berücksichtigen.

Dies gilt auch für **Netzspannungsunterbrechungen**.

Eventuell auftretende Netzspannungsunterbrechungen, die zum Ausfall von Gasentladungslampen führen, beeinträchtigen die Fernsehaufnahmen, da erst nach Wiedererreichen der vollen Betriebseigenschaften der Lampen, die Farbfernsehaufnahmen ohne Farbverfälschung und mit ausreichender Beleuchtungsstärke fortgesetzt werden können.

Lampen mit Sofortwiederzündung können bei kurzen Spannungsunterbrechungen sofort oder wesentlich kürzer als Lampen ohne Sofortwiederzündung, durch Entfall der Abkühlzeit, die Nennbetriebseigenschaften erreichen und sind den Lampen ohne Sofortwiederzündung vorzuziehen.

5.6 Toleranzgrenzen

Es ist darauf zu achten, dass durch fertigungsbedingte Chargeteuerung die Toleranzgrenzen der verwendeten Lampen nicht überschritten werden.

6. Ergänzungen und Hinweise auf Regelwerke

6.1 Flash Zone

In den Fußballstadien sollte der Zugang vom Spielertunnel über den Bereich Flash-Zone (festgelegter Bereich zur Durchführung von Interviews) bis hin zu den Spielerkabinen ausgeleuchtet werden. In diesem Bereich soll eine TV-Kamera-Beleuchtungsstärke (E_{cam}) von **650 Lux** gewährleistet sein.

6.2 Montagehöhe der Leuchten

Um Kameraschwenks direkt in den Scheinwerferbereich zu vermeiden, ist bei der Wahl der Beleuchtungsgeometrie auf die Abstrahlrichtung der Scheinwerfer bzw. auf den Standpunkt und Schwenkbereich der TV-Kamera zu achten.

6.3 Messung und Messprotokolle

In den gültigen Normen, Richtlinien und Empfehlungen der jeweiligen Verbände, sowie in der ÖNORM EN 12193, Sportstättenbeleuchtung.

6.4 Lichtimmissionen – Außenbeleuchtung

Ein wesentlicher Teil der lichttechnischen Planung von Beleuchtungsanlagen ist die Vermeidung von Lichtimmissionen, welche den Menschen und seine Umwelt betreffen. ÖNORM O 1052, Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung

7. Weiterführende Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen hinsichtlich Arbeitnehmerschutzes, sowie Sicherheit für Teilnehmer und Besucher/Publikum:

- **ÖVE/ÖNORM EN-62471/2008:** Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen, incl. VOPST (Verordnung optischer Strahlung)
- **Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU:** Umsetzung in Österreich im Elektrotechnikgesetz ETG und in der Niederspannungsgeräteverordnung (NSpGV 2015; BGBl. II Nr. 21/2016)
- **ÖVE/ÖNORM EN 60598-1:** Leuchten-Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen, in der jeweils geltenden Fassung
- **ÖVE EN IEC 60598-2-17:** Leuchten-Teil 2-17: Besondere Anforderungen - Leuchten für Bühnenbeleuchtung, Fernseh- und Film-Studios (außen und innen), in der jeweils geltenden Fassung
- **Richtlinie 2014/30/EU-Elektromagnetische Verträglichkeit:** umgesetzt in Österreich in der Elektromagnetische Verträglichkeits-Verordnung 2015 (EMVV 2015; BGBl. II Nr. 22/2016)
- **ÖNORM EN 12193:** Sportstättenbeleuchtung: Kapitel Sicherheitsbeleuchtung
- **ÖNORM EN 1838:** Notbeleuchtung

8. Weitere hilfreiche Normen für Arbeitsstätten im Innen-u. Außenbereich, bzw. organisatorische Voraussetzungen in der Veranstaltungstechnik (ohne TV-u. Filmaufnahmen):

- **EN 12464-1/2021:** Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen

Die Norm gibt Richtlinien für ein gesundes, sicheres und produktives Lichtkonzept in unterschiedlichsten Innen-Arbeitsräumen vor. Zudem werden Empfehlungen für eine gute Beleuchtungspraktik gegeben.

- **ÖNORM EN 12464-2/2014:** Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien

Diese Norm legt die Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten/Arbeitsplätzen im Freien fest, die den Erfordernissen im Hinblick auf Sehkomfort und Sehleistung entsprechen. Zudem werden Empfehlungen für eine gute Beleuchtungspraktik gegeben.

- **DIN 15750:2013:** Veranstaltungstechnik - Leitlinien für technische Dienstleistungen

Diese Norm legt Leitlinien für die organisatorischen Voraussetzungen für qualitätsbasierte und rechtskonforme Durchführung von Dienstleistungen in der Veranstaltungstechnik fest.

9. Begriffe und Definitionen

9.1 Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke E (englisch illuminance) beschreibt wieviel Licht (Lichtstrom) auf eine Fläche fällt. Die SI-Einheit der Beleuchtungsstärke ist das Lux (lx, von lateinisch lux, Licht).

Lichtverhältnis	Beleuchtungsstärke
Mittagssonne im Sommer	100.000 Lux
Bedeckter Himmel im Sommer	10.000 Lux
Regenwetter mit dunklen Gewitterwolken	1.000 Lux
Treppenhausbeleuchtung	100 Lux
Straßenbeleuchtung	10 Lux
Mitternacht bei Vollmond	0,2 Lux

Beispiele für Beleuchtungsstärken

9.2 Radiale Beleuchtungsstärke

Die radiale Beleuchtungsstärke ist der Anteil des Lichtes der auf eine horizontale Fläche trifft und von jedem Messpunkt auf dieser Fläche in Richtung TV-Kamera gemessen wird. Sie wird laut **ÖNORM EN-12193** auf einer Höhe von 1,5m berechnet.

9.3 Vertikale Beleuchtungsstärke

Die vertikale Beleuchtungsstärke ist der Anteil des Lichtes welcher orthogonal auf eine senkrechte Fläche trifft. Sie wird mit einer horizontal ausgerichteten Messzelle eines Beleuchtungsmessgerätes gemessen.

Sie wird laut **ÖNORM EN-12193** auf einer Höhe von 1,5m berechnet.

9.4 Horizontale Beleuchtungsstärke

Die horizontale Beleuchtungsstärke ist der Anteil des Lichtes welcher orthogonal auf eine waagrechte Fläche trifft. Sie wird mit einer vertikal nach oben ausgerichteten Messzelle eines Beleuchtungsmessgerätes gemessen.

Sie wird laut **ÖNORM EN-12193** auf einer Höhe von $\leq 0,20\text{m}$ berechnet.

9.5 Farbwiedergabeindex

Der Farbwiedergabeindex einer Lichtquelle ist ein Maß für die Farbwiedergabe- Eigenschaft der Lichtquelle, und zwar für die Übereinstimmung des Farbeindruckes von Objekten bei Beleuchtung durch eine Lichtquelle mit dem Farbeindruck der gleichen Objekte bei Beleuchtung durch eine bekannte und definierte Bezugslichtart, jeweils für bestimmte Beobachtungsbedingungen, *siehe auch Kapitel 5.2.*

9.6 Farbtemperatur

Die Farbtemperatur beschreibt die Lichtfarbe bzw. den Farbeindruck, der einen Lichtschein charakterisiert. Die Farbtemperatur einer Lichtquelle entspricht derjenigen Temperatur eines Plankschen Strahlers (Schwarzkörpers), bei welcher dieser das Licht in derselben Farbe abgibt. Sie wird in Kelvin (K) angegeben.

Lichtquelle	Farbtemperatur (K)
Kerze	1.500
Glühbirne 100W	2.800
Halogenlampe	3.200
Leuchtstoffröhre (neutralweiß)	4.000
Mittagssonne	5.500-5.800
Blitzlichtaufnahme	6.000
Bedeckter Himmel	6.500-7.500

Beispiele für Farbtemperaturen

Lichtquelle	Farbtemperatur (K)
warmweiß	< 3.300
neutralweiß	3.300-5.300
kaltweiß, tageslichtweiß	>5.300

Beispiele für Lichtfarben

9.7 Leuchtdichte

Die Leuchtdichte (Kurzzeichen: L) ist das Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche hat. Sie ist daher photometrisch definiert als das Verhältnis der Lichtstärke zur leuchtenden Fläche.

Gemessen wird sie in Candela pro Flächeneinheit (cd/m^2), bei Lampen meist in cd/cm^2 .

Lichtquelle	Leuchtdichte (cd/m^2)
Sonne zu Mittag	1.600.000.000
100W Glühlampe klar	10.000.000
blauer Himmel	10.000
Kerzenflamme	5.000
Nachthimmel	0,001

Beispiele für Leuchtdichten

9.8 Schärfentiefe (Tiefenschärfe)

Schärfentiefe ist jener Bewegungsraum des Objektes, in der optischen Achse der Aufnahmekameras, in der bei gegebener Schärfeeinstellung die Aufnahme scharf erscheint.

Für den technischen Inhalt verantwortlich:

Ing. Manfred Wagner
ORF/TFSP-MV/Planung-Projektierung Licht
Tel: +43-1-87 878/12262
mailto: m.wagner@orf.at

Design/Layout:

Ing. Manfred Wagner (ORF/TFSP-MV)
DI (FH) Balázs Czírók (ORF/TA)

Mit freundlicher Unterstützung:

Normentechnische und messtechnische Beratung:

- DI Dr. Rudolf Hornischer (MA-39 und Lichttechnische Gesellschaft Österreichs-LTG)
- DI (FH). Horst Pribitzer (MA-39 und Lichttechnische Gesellschaft Österreichs-LTG)
- Franz Luisi (Lichttechnische Gesellschaft Österreichs-LTG)

Mit freundlicher Genehmigung:

Fotos:

- FC Red Bull Salzburg
- EC Red Bull Salzburg
- Stadt Salzburg
- ORF-Bildarchiv
- Ing. Wagner Manfred (privat)

Foto-Credits:

- Bild 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18 und Coverfoto: ORF-Bildarchiv
- Bild 1, 21: FC Red Bull Salzburg via Getty Images
- Bild 22: FC Red Bull Salzburg/Klaus Huber
- Bild 3, 20, 23: EC Red Bull Salzburg/Mackinger Photography
- Bild 4: Stadt Salzburg/Camera Suspecta/Susi Berger
- Bild 7: Stadt Salzburg/Städtische Betriebe/Buchner
- Bild 8: Stadt Salzburg/Alexander Killer
- Bild 2, 5, 12, 16, 19: Ing. Wagner Manfred (privat)

Fotonachbearbeitung:

Ing. Manfred Wagner (ORF/TFSP-MV)

Stand: 31.03.2022/Ing. Wagner Manfred