

Energieeffizienz durch optimierte Beleuchtung

- Grundbegriffe
- Effizienz von Lampen, Vorschaltgeräten und Leuchten
- Beleuchtungsplanung (Raumgestaltung, Norm-Vorgaben, Beleuchtungskonzepte etc.)
- Planungshilfen
- Lichtmanagement
- Praxisbeispiele
- Hinweise zur Straßenbeleuchtung

Lichttechnische Grundbegriffe

- **Lichtstrom Φ in lm (Lumen)**

Maß für die gesamte von der Lichtquelle abgegebene Strahlungsleistung, die mit der spektralen Augenempfindlichkeit bewertet wird. Der Lumenangabe liegen gleiche Helligkeitseindrücke zugrunde.

- **Lichtausbeute η in lm/W**

Wirkungsgrad der Lampe; Verhältnis aus abgestrahltem Lampen-Lichtstrom und aufgenommener elektrischer Leistung.

- **Beleuchtungsstärke E in lx (Lux)**

Maß für die Dichte des (Nutz-)Lichtstroms; gibt das Verhältnis des auffallenden Lichtstroms zur beleuchteten Fläche an.

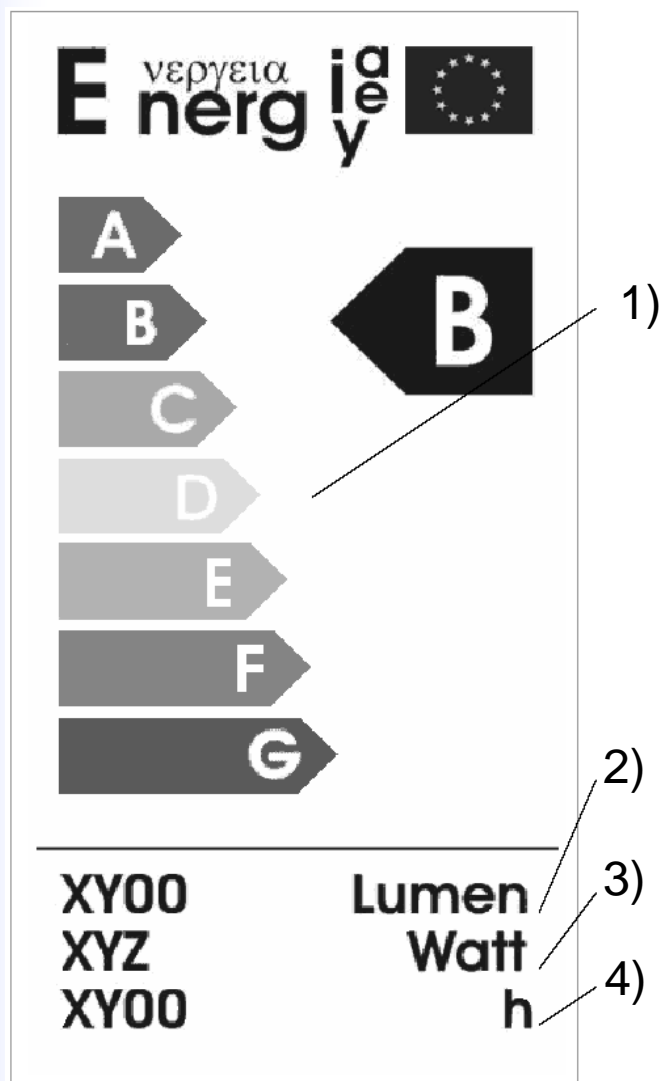
- **Leuchtenbetriebswirkungsgrad**

Verhältnis des von der Leuchte ausgestrahlten Lichtstroms zum Lichtstrom der in der Leuchte eingesetzten Lampe(n) unter Betriebsbedingungen

- **Beleuchtungswirkungsgrad**

Verhältnis des auf die Nutzfläche gelangenden Lichtstroms zur Summe der Lichtströme der in der Leuchte eingesetzten Lampe(n)

EU-Label für Lampen



- Seit Januar 2001 müssen mit Netzspannung betriebene Haushaltslampen mit einer Energieverbrauchskennzeichnung versehen werden
- Ausgenommen: Niedervoltlampen und Reflektorlampen.
- Einteilung durch EU-Label von Effizienzklasse A bis G → 1)
- Kriterien zur Vergabe der Effizienzklasse: Leistungsaufnahme [W] und Lichtstrom [lm]
- Neben der Effizienzklasse der Lampe sind auf dem Etikett vermerkt:
 - Lichtstrom [lm] → 2)
 - Leistung [W] → 3)
 - mittlere Lebensdauer [h] → 4)

Leuchtmittel im Vergleich

	Lichtausbeute ca. ... *)	Effizienzklasse	Energieumwandlung in Licht	Lebensdauer	verfügbare Lichtfarben	Bemerkungen
	[lm/W]	-	[%]	[h]	***)	-
Standard-Glühl. (GL)	10 (bis 20)	E, F, G	5	1.000	ww	
Standard-Halogen-GL	12 bis 17	D, E **)	8	2.000	ww	zusätzliche Trafo-Verluste bei Niedervolt-Halogen-GL
IRC-Halogen-GL	22 bis 27	B, C	11	4.000	ww	beschichteter Lampenkolben reflektiert IR-Strahlung, so dass sich die Glühwendel bei gleicher Leistung stärker erhitzt und mehr Licht aussendet
Energiesparlampe (ESL)	35 bis 80	A, B	20 bis 25	bis 15.000	ww, nw, tw	
Standard-Leuchtstofflampe (LL)	60 bis 85	A, B	25 bis 30	7.500	ww, nw, (t)w	geringere Lichtausbeute und schlechtere Farbwiedergabequalität (Stufe 2 oder 3)
Dreibanden-LL	70 bis 100	A, B	30	bis 20.000	ww, nw, tw	bis zu 30 % höhere Lichtausbeute bei sehr guter Farbwiedergabequalität (Stufe 1)
LED	weiß: bis 30 grün: bis 55		derzeit bis 20	bis 100.000		

*) leistungsabhängig; keine Berücksichtigung von Vorschaltgerät-Verlusten

***) Hochvoltlampe; Niedervoltlampen sind nicht etikettierungspflichtig

***) ww: warmweiß (< 3.300 K); nw: neutralweiß (3.300 - 5.000 K); tw: tageslichtweiß (> 5.000 K)

Gleicher Lichtstrom bei weniger Leistung durch 1:1-Austausch von...

Standard-Halogenlampe	→	IRC-Halogenlampe
35 Watt		20 Watt
50 Watt		35 Watt
75 Watt		50 Watt

Glühlampe	→	Energiesparlampe
25 Watt		5 - 7 Watt
40 Watt		7 - 9 Watt
60 Watt		11 - 16 Watt
75 Watt		15 - 20 Watt
100 Watt		20 - 23 Watt

Vergleichsrechnung Glühlampe (GL) - Energiesparlampe (ESL)

	60 W-GL	11 W-ESL
Lebensdauer/Lampe	1.000 h	12.000 h
Nutzungszeit bei 700 h/a	1,4 a	17,1 a
Kaufpreis/Stück	0,60 EUR	9,00 EUR
Investitionskosten über 17,1 a	7,20 EUR (12 Stck.)	9,00 EUR
Mehrinvestition für ESL	-	1,80 EUR
Stromverbrauch/a	42 kWh/a	7,7 kWh/a
Stromverbrauch/17,1 a	718,2 kWh	131,7 kWh
Stromverbrauchseinsparung bei ESL-Nutzung über 17,1 a	586,5 kWh	
Stromkosten/a *)	7,14 EUR/a	1,31 EUR/a
Stromkosten/17,1 a	122,09 EUR	22,40 EUR
Stromkosteneinsparung bei ESL-Nutzung über 17,1 a	99,69 EUR	
"Gewinn" bei ESL-Nutzung über 17,1 a	97,89 EUR (Stromkosteneinsparung-Mehrinvestition ESL)	

*) angenommener Strompreis: 17 ct/kWh

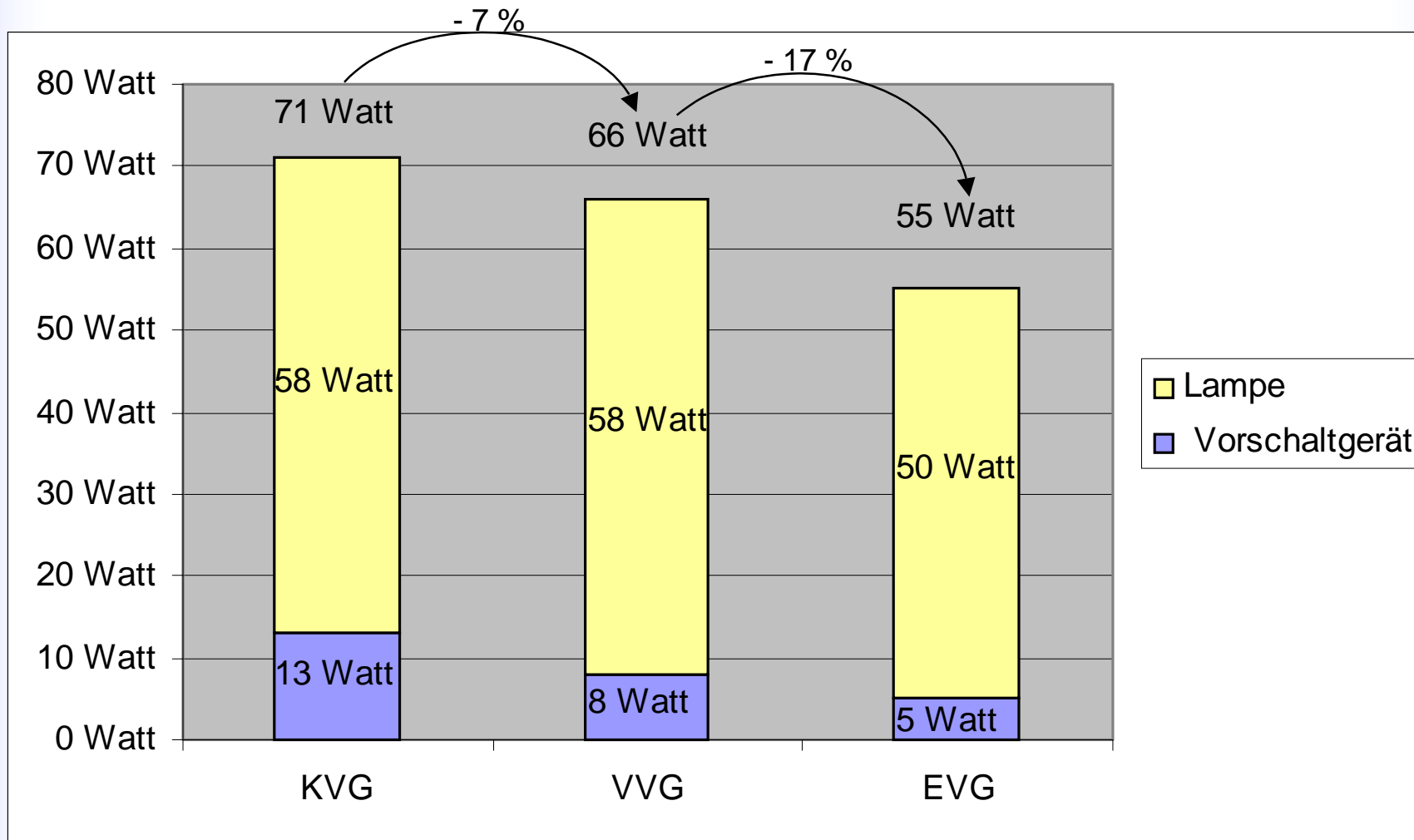
Vorschaltgeräte

- Zündung und Begrenzung des Betriebsstroms bei Entladungslampen
- Unterschieden wird in
 - konventionelle Vorschaltgeräte (**KVG**)
 - konventionelle Drossel aus Cu und Fe
 - verlustarme Vorschaltgeräte (**VVG**)
 - verlustarme Drossel mit weniger/dickerem Cu-Draht und besserem Fe
 - elektronische Vorschaltgeräte (**EVG**)
 - Frequenzwandler und Filter
- KVG's und VVG's erwärmen sich und verbrauchen dabei viel Strom
- EVG's betreiben die Lampen mit sehr geringen Verlusten und sind daher trotz höherer Investitionskosten vorzuziehen

Vorteile des EVG-Betriebes bei Leuchtstofflampen

- geringe Vorschaltgerät-Verluste
- geringere Leistungsaufnahme bei gleicher Lichtausbeute erforderlich
- Erhöhung der Lampenlebensdauer
- kein stroboskopischer Effekt durch Hochfrequenzbetrieb (30 - 50 kHz)
- kein „50-Hz-Brummen“
- flackerfreier Start
- geringere Wärmelast
- Dimmen der Lampe und Verwendung für Notbeleuchtung mit speziellen EVG's möglich
- „Nachrüstung“ (z.B. durch Adaptersätze) bietet sich bei mit KVG oder VVG ausgestatteten effizienten Leuchten an

Energieverbrauch unterschiedlicher Systeme



Leuchteneigenschaften

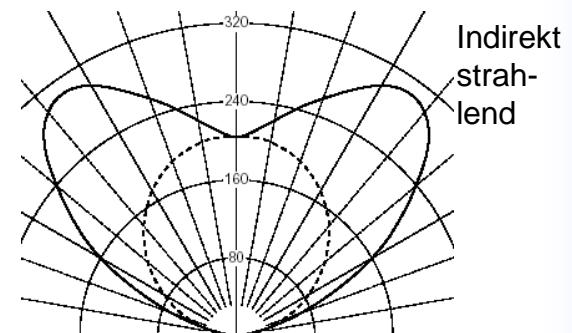
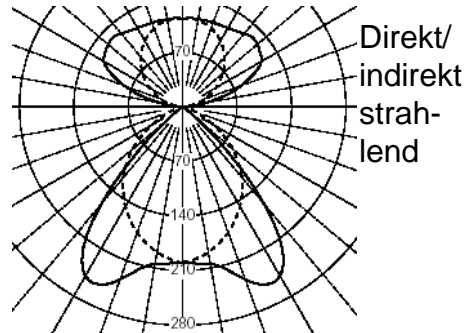
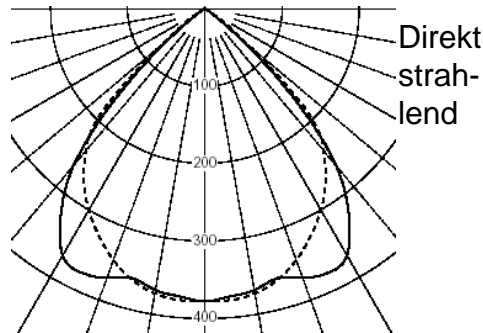
- Leuchten lenken den Lichtstrom der Lampen mit optischen Systemen in bestimmte Richtungen
- Die energetische Beurteilung der Leuchte wird über den Leuchtenbetriebswirkungsgrad vorgenommen, der jedoch nicht als alleiniges Auswahlkriterium bei der Planung verwendet werden sollte
- Der sparsamste Betrieb wird durch folgende Kombination erreicht:
 - Lampen mit hoher Lichtausbeute
 - Elektronische Vorschaltgeräte
 - Leuchten mit hohem Betriebswirkungsgrad bei gleichzeitiger sinnvoller Lichtlenkung
- Werkstoffe mit reflexionsgraderhöhender Beschichtung und lichttechnisch optimierte Leuchtenabdeckungen führen zu höheren Leuchtenbetriebswirkungsgraden

Beispiele für Leuchtenbetriebswirkungsgrade

Leuchtenart (mit T8-Lampe / direkt strahlend, soweit nicht anders benannt)	Betriebswirkungs- grad bis ca. ...
Deckenanbauleuchte mit opaler Wanne, alt	50 %
Deckenanbauleuchte mit opaler Wanne, neu	75 %
Deckenanbauleuchte mit Prismenwanne	83 %
Deckenanbauleuchte mit Prismenwanne und Spiegelreflektor	80 %
Deckenanbauleuchte mit mattem Alu- Profilraster	67 %
Bildschirmarbeitsplatz-Anbauleuchte mit hochglänzendem Spiegelraster	70 %
Bildschirmarbeitsplatz-Anbauleuchte mit hochglänzendem Spiegelraster, T5-Lampe	75 %
Direkt-/indirekt strahlende Sekundärleuchte	67 %
Lichtbandsystem, freistrahlend	95 %

Beleuchtungswirkungsgrad

- Die Lichtstärkeverteilung einer Leuchte nimmt Einfluss auf den Beleuchtungswirkungsgrad



- Der Beleuchtungswirkungsgrad ist umso höher, je größer der Anteil des Leuchtenlichtstroms ist, der ohne Mehrfachreflexion an den Wänden auf die Nutzfläche gelangt.
 - Zur Erzielung der gleichen mittleren Beleuchtungsstärke in einem Raum benötigen...
 - direkt strahlende Leuchtensysteme 100 % Energie
 - direkt/indirekt strahlende Systeme je nach Deckenreflexionsgrad und Höhe des Indirektanteils zumeist (teilweise wesentlich) mehr Energie
 - rein indirekt strahlende Systeme auch bei hohem Deckenreflexionsgrad von 70 % rund 75 % mehr Energie
- Wenn möglich sind daher direkt strahlende Systeme vorzuziehen

Auswirkungen der Raumgestaltung auf die Beleuchtung

- Die effizienteste Möglichkeit der Raumbeleuchtung besteht in der Nutzung des Tageslichts, das aber nicht immer ausreichend zur Verfügung steht.
- Helle Raumgestaltung: bewirkt eine stärkere Reflexion des Lichtes an Decke, Boden und Wänden (Möbeln) → Erhöhung des Beleuchtungswirkungsgrades, der auch vom reflektierten Lichtstrom abhängig ist.
- Dunkle Raumgestaltung: Decken, Boden und Wände (Möbel) absorbieren Licht und erfordern für die gleiche Beleuchtungsstärke höhere Lichtströme

Bauteil	beispielhafte Materialien	Reflexionsgrad
Decke	Dispersionsfarbe (weiß)	0,85
	Deckenplatten (weiß gelocht)	0,5 - 0,7
	Beton (hell)	0,5
Boden	Teppich (hell)	0,3 - 0,5
	Anstrich (hell)	0,3
	Teppich (mittel), Kunststoff (dunkelgrau)	0,2
	Teppich (dunkel), Holz (dunkel gebeizt)	0,1
Wand	Weißgips (alt)	0,6
	Zementsteine (hell)	0,5
	Ziegelsteine (rot)	0,2 - 0,3

Hinweise zur Beleuchtung von Innenräumen

- Eine präzise Planung ist Grundvoraussetzung für energieoptimierte Beleuchtungsanlagen und muss folgende Punkte berücksichtigen:
 - Beleuchtungstechnische Analyse des IST- und des SOLL-Zustandes
 - Wirtschaftliche Analyse des IST- und des SOLL-Zustandes
- Notwendige Angaben zur lichttechnischen Planung:
 - Raumabmessungen und Reflexionsgrade
 - Art der im Raum ausgeübten Tätigkeit
 - Räumliche Begrenzung des Bereichs der Sehaufgabe (sofern gegeben)
 - Besondere Anforderungen an Lampen und Leuchten (Feuchteschutz, Explosionsschutz etc.)
 - Temperatur des Einsatzbereiches der Beleuchtungsanlage

Normen zur Beleuchtungsplanung

- Für die vorzusehende Beleuchtungsqualität (Gütekriterien wie Beleuchtungsstärke, Begrenzung der Blendung, Farbwiedergabe der Lampen etc.) geben die Normen Mindestwerte vor.
- **DIN EN 12464-1** „Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen“ ersetzt seit 03/2003 wesentliche Teile der DIN-Reihe 5035 „Beleuchtung mit künstlichem Licht“
- Für die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen sind nationale Festlegungen zugelassen, in Deutschland ist dies seit 08/2004 die überarbeitete **DIN 5035-7**.
- Eine unnötige **Überdimensionierung** der Beleuchtungsanlage ist aus energetischen Aspekten **unbedingt zu vermeiden!**

Beleuchtungskonzepte für Innenräume

- Bisher (DIN 5035-2):
 - Allgemeinbeleuchtung → etwa gleiche Beleuchtungsstärke an allen Stellen im Raum
 - ggf. Raumzonen-orientierte Allgemeinbeleuchtung, sofern die Anforderungen in einzelnen Raumzonen stark voneinander abweichen
 - Nutzebene im allgemeinen $h = 0,85$ m
- Seit 03/2003 (DIN EN 12464-1):
 - arbeitsplatzorientierte Beleuchtung → Unterscheidung in den Bereich der Sehaufgabe und den Bereich der unmittelbaren Umgebung
 - Nutzebene entsprechend der Tätigkeit, z.B. bei Schreibtischen $h = 0,75$ m
 - Gleichmäßigkeit in der Raumausleuchtung ist zu berücksichtigen

Beispielwerte für die Beleuchtungsstärke in Büros nach DIN EN 12464-1

Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	Beleuchtungsstärke [lx] im Bereich der	
	Sehaufgabe	unmittelbaren Umgebung
Ablegen, Kopieren, Verkehrszonen usw.	300	200
Schreiben, Schreibmaschineschreiben, Lesen, Datenverarbeitung	500	300
Technisches Zeichnen	750	500
CAD-Arbeitsplätze	500	300
Konferenz- und Besprechungsräume	500	300
Empfangstheke	300	200
Archive	200	200

- Der Bereich der Sehaufgabe ist bei der Planung der Beleuchtungsanlage festzulegen; ist dies nicht möglich, so muss dafür der Bereich angenommen werden, in dem die Sehaufgabe auftreten kann.
- Der Bereich der unmittelbaren Umgebung schließt mit (mindestens) 0,5 m Breite an den Bereich der Sehaufgabe an

Beleuchtungskonzepte nach DIN 5035-7

- DIN 5035-7 legt in Ergänzung zu DIN EN 12464-1 für drei Beleuchtungskonzepte die Größe und Lage der Arbeitsbereiche sowie die Anforderungen dafür fest:
 - 1) Teilflächenbezogene Beleuchtung
 - 2) Arbeitsbereichsbezogene Beleuchtung
 - 3) Raumbezogene Beleuchtung
- Sofern im Raum eine Bereichseinteilung bezüglich der Sehaufgabe(n) vorgenommen werden kann, sind die teilflächenbezogene und die arbeitsbereichsbezogene Beleuchtung unbedingt der raumbezogenen Variante vorzuziehen.
- Neben energetischen Vorteilen schaffen die beiden erstgenannten Varianten aufgrund der unterschiedlichen Helligkeitsniveaus der einzelnen Arbeitsbereiche und des Umgebungsbereiches Lichtzonen, die die Atmosphäre des Raumes positiv beeinflussen können.

Teilflächenbezogenes Beleuchtungskonzept

Schrank- und Regalflächen



Teilfläche
(z.B. techn.
Zeichnen)
mit 750 lx

Umgebungs-
bereich

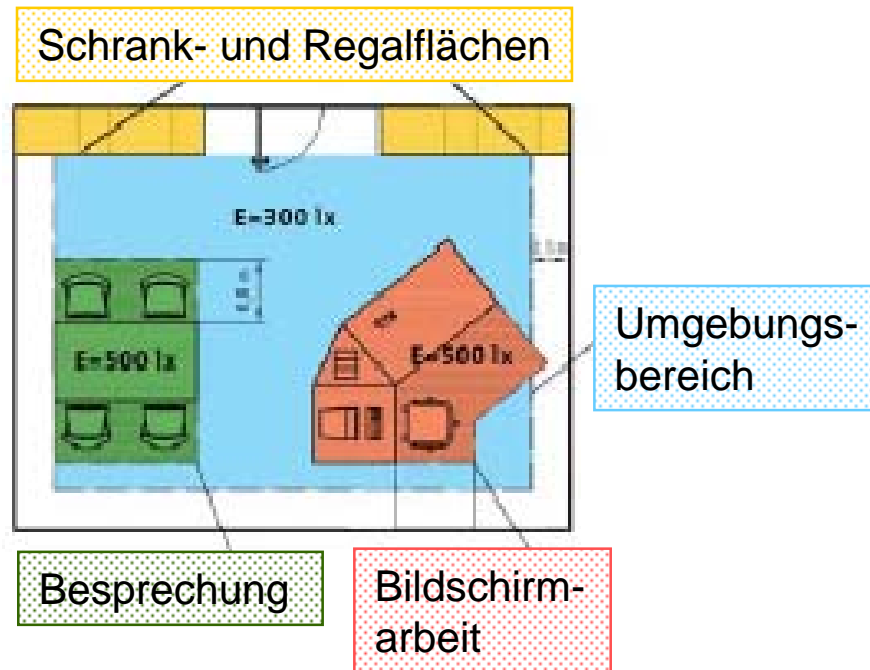
Besprechung

Bildschirm-
arbeit

Arbeitsbereiche und Umgebungsbereich sowie Teilflächen innerhalb der Arbeitsbereiche werden gesondert beleuchtet

- Die Konzentration auf eine Teilfläche innerhalb des Arbeitsbereiches wird durch eine erhöhte Beleuchtungsstärke unterstützt
- Teilflächenbezogene Beleuchtung bietet Vorteile, wenn:
 - Arbeitsbereiche, Umgebungsbereich und Teilflächen des Arbeitsbereiches bekannt sind
 - die Beleuchtung innerhalb des Arbeitsbereiches an verschiedene Tätigkeiten bzw. Sehaufgaben angepasst werden muss
 - eine Individualisierbarkeit der Beleuchtungsbedingungen gewünscht ist

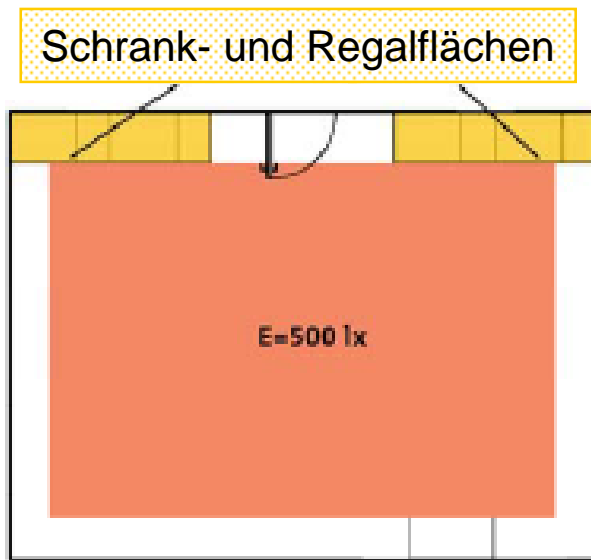
Arbeitsbereichsbezogenes Beleuchtungskonzept



Arbeitsbereiche und Umgebungsbereich werden gesondert beleuchtet

- Arbeitsbereichsbezogene Beleuchtung bietet Vorteile, wenn:
 - Arbeitsbereiche und Umgebungsbereich bekannt sind
 - Arbeitsplätze mit unterschiedlichen Aufgaben vorgesehen sind, die differenzierte Beleuchtungsbedingungen erfordern

Raumbezogenes Beleuchtungskonzept



Gleichmäßige
Beleuchtung des
gesamten Raumes

- Raumbezogene Beleuchtung sollte nur dann Verwendung finden, wenn:
 - im gesamten Raum gleiche Sehbedingungen notwendig sind
 - die Festlegung von Arbeitsbereichen im Rahmen der Beleuchtungsplanung nicht möglich ist
 - gleichmäßige Lichtbedingungen erzielt werden müssen

Wartungsfaktoren

- Bisher (DIN 5035):
 - Beleuchtungsstärken waren Nennwerte, d.h. die Beleuchtungsanlage musste erst dann gewartet werden, wenn die Beleuchtungsstärke 80 % des Nennwertes erreicht hatte.
 - Wartungsfaktor für saubere Räume: 0,8
- Heute (DIN EN 12464-1):
 - angegebene Beleuchtungsstärken sind Wartungswerte, d.h. Mindestwerte, nach deren Unterschreitung die Anlage gewartet werden muss.
 - Keine zahlenmäßige Empfehlung zum Wartungsfaktor → Festlegung durch den Planer

Festlegung des Wartungsfaktors

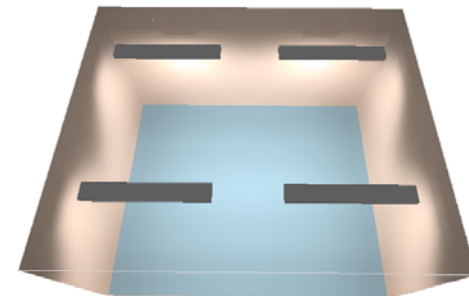
- Ein falsch gewählter Wartungsfaktor kann zu folgenden Problemen führen:
 - Überdimensionierung und damit verbunden hohe Energieverbräuche (bei zu niedrig gewähltem Wartungsfaktor)
 - zu frühzeitiges Absinken der Beleuchtungsstärke unterhalb des Wartungswertes (bei zu hoch gewähltem Wartungsfaktor)
- Bei der Festlegung des Wartungsfaktors muss berücksichtigt werden:
 - Lichtstromrückgang der Lampen durch Alterung (Herstellerangaben hinzuziehen!)
 - Verschmutzung der Lampen und Leuchten
 - Verschmutzung der Raumbegrenzungsflächen und Oberflächen der Einrichtung

Blendungsbegrenzung

- Bewertung der Direktblendung nach UGR-Methode (Unified Glare Rating); Beeinflussung durch folgende Größen:
 - Leuchtdichteverteilung der Leuchte
 - Beleuchtungssituation
 - Hintergrundleuchtdichte
 - Raumgröße
 - Leuchtenabstand
 - Blickrichtung
- Reflexe auf dem Bildschirm sind zu vermeiden
- UGR-Grenzwerte:
 - Ablegen, Kopieren, Verkehrszonen, Schreiben, Schreibmaschinenschreiben, Lesen, Datenverarbeitung, CAD, Konferenz- und Besprechungsräume: 19
 - Empfangstheke: 22
 - Archive: 25

Beleuchtungsplanungs-Programme

- Für die Beleuchtungsplanung stehen verschiedene Software-Programme zur Verfügung, in denen die Sortimente der Leuchtenhersteller für die Planung genutzt werden können.
- Beispielhafte Nennung von Planungsprogrammen:
 - *RELUX Professional* → Bestellung unter www.relux.biz
 - *DIALux* → Download unter www.dial.de



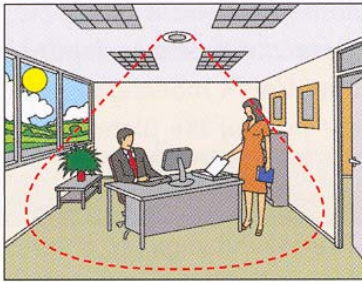
Verbrauchsoptimierung durch Einsatz von Steuerungs- und Regelungssystemen

Allgemeine Möglichkeiten:

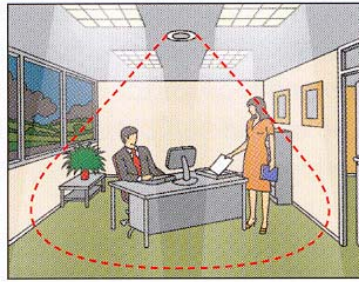
- Kombiniertes Einsatz von Lichtsensor und Bewegungsmelder
- Einsatz von Lichtsensoren (ohne Kombination mit Bewegungsmelder - z.B. bei durchgehend benötigter Beleuchtung einzelner Bereiche bei Dunkelheit)
- Einsatz von Bewegungsmeldern (ohne Kombination mit Tageslichtsensoren - z.B. in Bereichen ohne Tageslichteinfall)

Kombinierte Lichtsensoren mit Bewegungsmelder

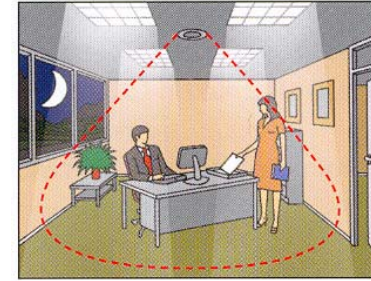
- Bestmögliche Tageslichtnutzung durch permanente Beurteilung des Tageslichtanteils und entsprechende Zuschaltung des benötigten Kunstlichtanteils
- Besonders sinnvoll kombinierbar mit dimmbaren Beleuchtungsanlagen (Leuchtstofflampen, betrieben mit dimmbaren EVG's)



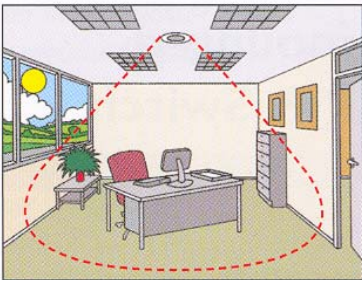
Ausreichend Tageslicht, Raum besetzt → Licht aus



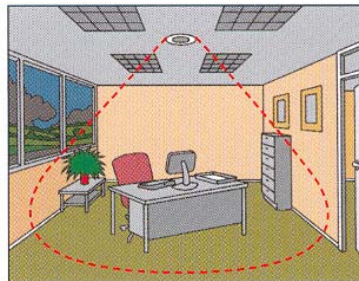
Dämmerung, Raum besetzt → Licht nach Bedarf gedimmt



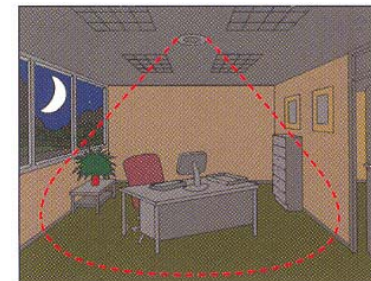
Dunkelheit, Raum besetzt → Licht an



Ausreichend Tageslicht, Raum nicht besetzt → Licht aus



Dämmerung, Raum nicht besetzt → Licht aus

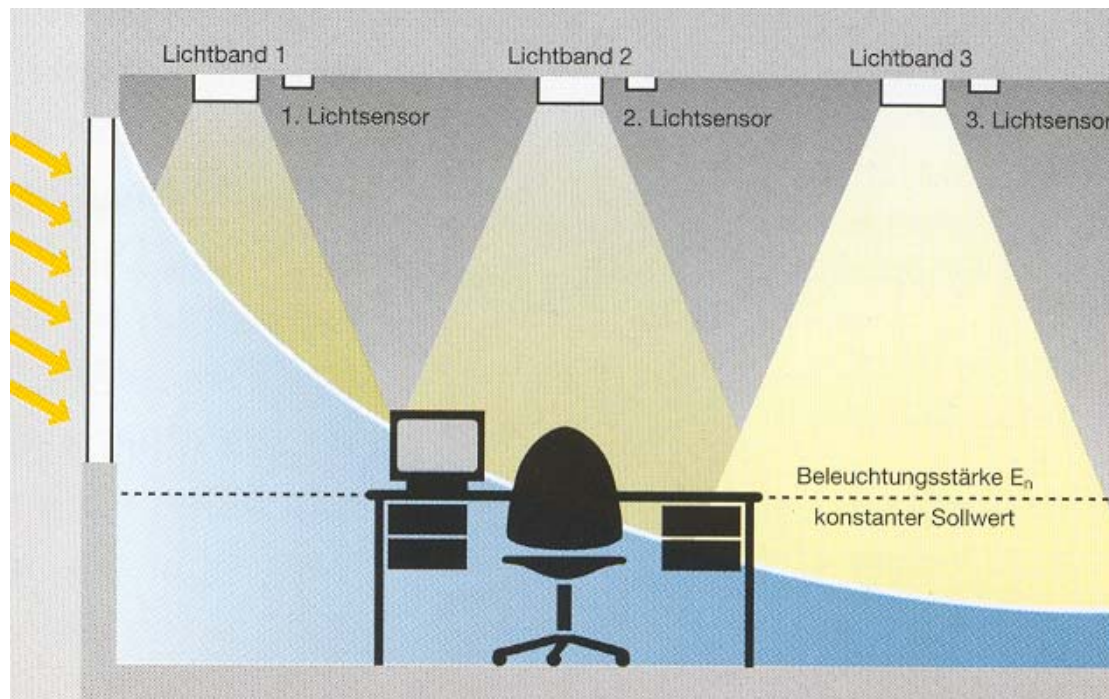


Dunkelheit, Raum nicht besetzt → Licht aus

Einsatz von Lichtsensoren in tiefen Räumen

Situation:

- tiefer Raum mit parallel zur Fensterfront angeordneten Leuchtenreihen
 - Abnahme des Tageslichtanteils zur Raumtiefe hin
- Energieeinsparung durch Regelung jedes der Lichtbänder durch einen separaten Lichtsensor erzielbar



Beispiel 1: Beleuchtungsmodernisierung Klassenraum



Vorher:

- 2 x 4 Opalwannen mit je 2 Lampen à 58 W und KVG
- 1.000 Beleuchtungsstunden/a
- Beleuchtungsstärke 237 lux
- Leistung 1,14 kW
- Stromverbrauch/a 1.140 kWh/a



Nachher:

- 2 x 3 Prismenwannen mit Reflektorspiegel+ 1Tafelleuchte mit je 1 Lampe à 58 W und EVG
- 700 Beleuchtungsstunden/a durch verstärkte Tageslichtnutzung (Lichtsensor-Einsatz)
- Beleuchtungsstärke 320 lux
- Leistung 0,39 kW → - 66 %
- Stromverbrauch/a 273 kWh/a → - 76 %




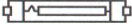
Ersparnis bei 25 Klassenräumen und 0,15 EUR/kWh Stromkosten:

- 21.675 kWh/a
- 3.251,25 EUR/a

Beispiel 2: Konstantlichtregelung mit Präsenzerfassung in einer Mehrfeld-Turnhalle

- Konstantlichtregelung (Kunstlichtanteil in Abhängigkeit von der Tageslichtstärke), vorgegeben für drei Stufen (Trainings- (300 lx), Wettkampf- (600 lx) und Veranstaltungsbetrieb (100 lx))
- Präsenzmelder sorgen dafür, dass
 - a) die gesamte Hallenbeleuchtung (Trennwände oben) oder
 - b) nur eine Hallenteil-Beleuchtung (Trennwände unten)bei Betreten der Halle ein- und bei Verlassen der Halle wieder ausgeschaltet wird (Zeitverzögerung einstellbar).
- Lichtszenen (100 lx, 300 lx, 600 lx) bei abgesenkten Trennwänden getrennt regelbar
- Parallel zur Fensterfront angeordnete Leuchtenreihen werden über getrennte Lichtsensoren unterschiedlich stark gedimmt
- Erzielte Einsparung gegenüber ungesteuerter Beleuchtungsanlage: rund 26 %

Vergleich einsetzbarer Lampentypen in der Straßenbeleuchtung

Lampentyp				
	Leuchtstofflampen	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	Natriumdampf-Hochdrucklampen	Natriumdampf-Niederdrucklampen
Lichtausbeute	40 - 110 lm/W	30 - 60 lm/W	70 - 150 lm/W	100 - 200 lm/W
Lichtfarbe	ww, nw, tw	nw	ww	gelb
Farbwiedergabe	gut	gut bis mittel	mittel bis schlecht	–
Anlaufdauer	sofort	ca. 5 Min	ca. 5 Min	ca. 10 Min
Wiederzündfähigkeit	sofort	2 - 15 Min	2 - 5 Min	sofort bis 10 Min
Lebensdauer	8.000 h bis 12.000 h	6.000 h bis 16.000 h	12.000 h bis 18.000 h	ca. 12.000 h
Dimmbarkeit	sehr effektiv	möglich	möglich	–

HQL → NaH-Lampen

- Austausch von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (HQL) gegen Natriumdampf-Hochdrucklampen (NaH)
 - Einsatz eines Zündgerätes u. Austausch des Vorschaltgeräts erforderlich
 - Amortisationszeit muss geringer sein als die Restlebensdauer der Leuchte!
- Verwendung von NaH- statt HQL-Lampen bei Neuanlagen

HQL (elliptisch)	
Leistung [W]	Lichtstrom [lm]
50	2.000
80	4.000
125	6.500
250	14.000

NaH (röhrenförmig)	
Leistung [W]	Lichtstrom [lm]
50	4.400
70	6.500
100	10.000
150	17.200

→ Bei gleicher Lampenleistung ist bei Verwendung von NaH-Lampen gegenüber HQL-Lampen ein größerer Mastabstand möglich

Bei Beibehaltung der Mastabstände reduziert sich die Lampenleistung bei Erzielung der gleichen Beleuchtungsstärke

Einsatz von Leuchtstoff- und Kompakt-Leuchtstofflampen

- Leuchtstofflampen sind insbesondere für Leuchten mit niedriger Lichtpunkthöhe und dekorativem Charakter geeignet
- Vorteilhaft (speziell im Vergleich zu HQL-Lampen) ist die hohe Lichtausbeute
- Auch in der Außenbeleuchtung ist der Einsatz von EVG's grundsätzlich möglich und sollte gegenüber KVG's und VVG's bevorzugt werden
- Das Temperaturverhalten der Lampen ist zu berücksichtigen

Weitere Möglichkeiten zur Verbrauchsreduzierung

- Einsatz effizienter Leuchtentypen mit optimierter Spiegeloptik in Verbindung mit NaH-Lampen → gegenüber alten Leuchten mit HQL-Bestückung wird die Leistung pro Leuchte um über 40 % verringert bei gleichzeitig höherer Lichtausbeute
- Anpassung der Fahrbahnleuchtdichte an die Verkehrsdichte durch Reduzierung der Beleuchtungsstärke („Halbnachtschaltung“):
 - Halbierung der Beleuchtungsstärke durch Zuschaltung einer zusätzlichen Induktivität → 34 % Stromeinsparung bei Leistungsreduzierung über 8 Stunden pro Nacht
 - Umschalten einer zweilampigen Leuchte auf einlampigen Betrieb → zu berücksichtigen ist, dass die Lampen im täglichen Wechsel abgeschaltet werden, um vorzeitige Wartung zu vermeiden

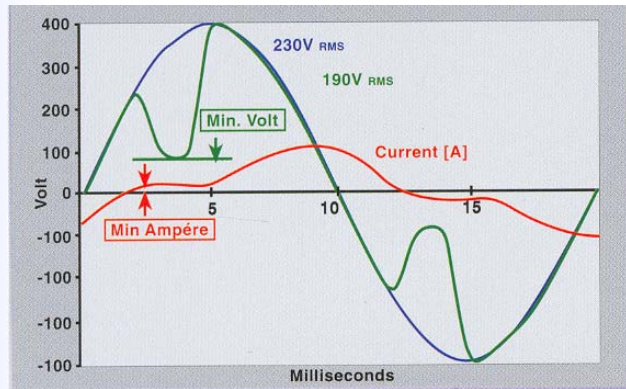
Bei Abschaltung jeder zweiten Leuchte kann die Gleichmäßigkeit zu stark verringert werden!

- Absenkung der Versorgungsspannung
- Phasenanschnittsteuerung

Absenkung der Versorgungsspannung

- Die Absenkung der Versorgungsspannung bei Hochdruckentladungslampen wird von den meisten Lampenherstellern nur in gewissen Grenzen zugelassen (eine Absenkung unter 50 % sollte generell nicht erfolgen)
- Bei zu starker Absenkung reduziert sich die Lebensdauer drastisch, da die Elektroden zu stark abkühlen, nicht mehr ausreichend Elektronen emittieren und sich der Brenner schwärzt
- Äußere Einflüsse wie Temperatur oder Luftbewegung wirken sich bei abgesenkter Spannung stärker auf den Lichtstrom aus als bei Normalbetrieb → zu starke Absenkung ist auch deswegen zu vermeiden
- Viele auf dem Markt befindliche Steuergeräte setzen ein eigenständiges Beleuchtungsnetz voraus
- Eine Leistungsreduzierung durch Spannungsabsenkung bewirkt einen überproportionalen Lichtstromrückgang im Vergleich zur Lichtausbeute kleinerer Lampen; Beispiel NaH-Lampe:
 - Lampe mit 50 W Nennleistung:
Lichtausbeute bei geregelter 100 W-Lampe 40 % geringer
 - Lampe mit 75 W Nennleistung:
Lichtausbeute bei geregelter 150 W-Lampe 43 % geringer

Phasenanschnittsteuerung



- Absenkung des Spannungsverlaufs unter Beibehaltung der Maximalspannung
- Die Aufrechterhaltung eines Minimalstroms bewirkt, dass der Lichtbogen nicht erlischt
- Zu beachten:

- Beleuchtungsstärke-Reduzierung und Energieeinsparung verlaufen nicht synchron:

Beleuchtungsstärke	Energieverbrauch
100%	100%
80%	84%
50%	60%

- Vor dem Einsatz der Phasenanschnittsteuerung sollte abgeklärt werden, ob Gewährleistung und Garantie der Leuchten und Lampen unberührt bleiben.