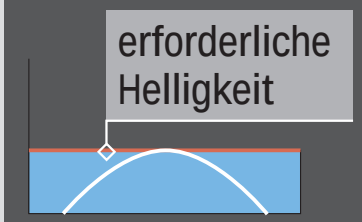
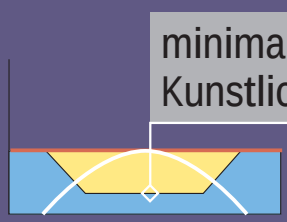
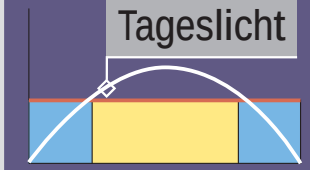
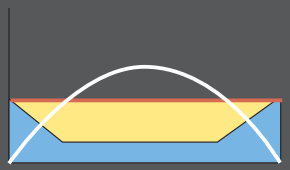
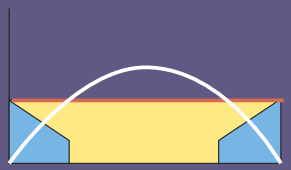
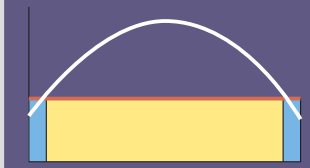
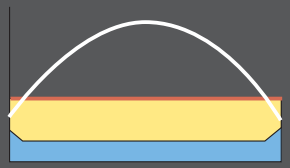
System-Auswahl
Optimale Regelung in Abhängigkeit des Tageslichtquotients

IMPULS Programm Hessen

Tageslicht-quotient	Regelung Ein/Aus	Regelung kontinuierlich	Regelung kontinuierlich + Ein/Aus	Empfehlung für optimale Regelung
niedrig				kontinuierlich
mittel				Ein/Aus oder kontinuierlich + Ein/Aus
hoch				Ein/Aus oder kontinuierlich + Ein/Aus

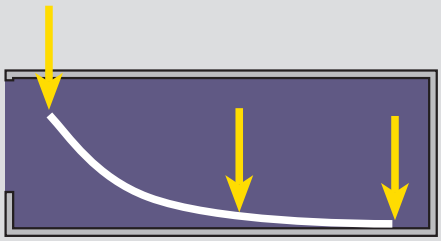
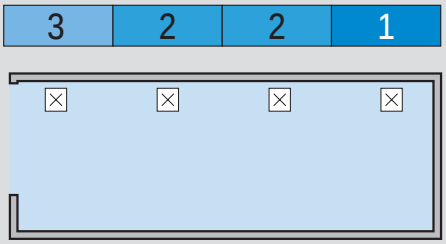
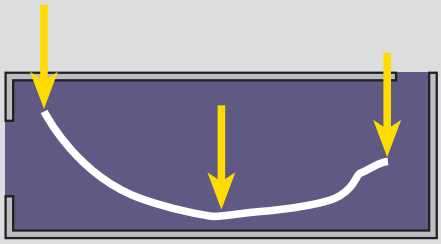
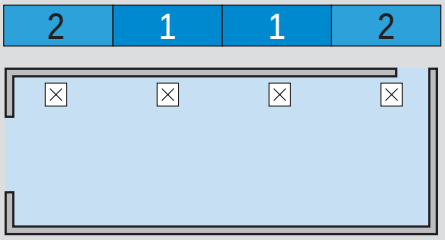
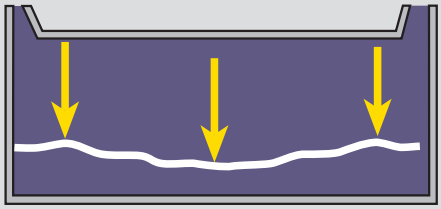
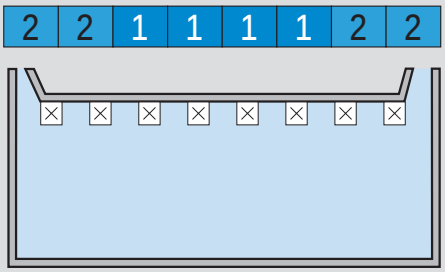
Tageslicht Kunstlicht

Die Abbildung zeigt die jeweils optimale Regelung für unterschiedliche Tageslichtquotienten.

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Schalten von Leuchtengruppen
in Abhänigkeit von der Tageslichtverteilung

IMPULS Programm Hessen

	Beleuchtung mit Tageslicht	Beleuchtung mit Kunstlicht
Klassenzimmer einseitige Beleuchtung		
Klassenzimmer zweiseitige Beleuchtung		
Turnhalle Beleuchtung mit Oberlichtern		

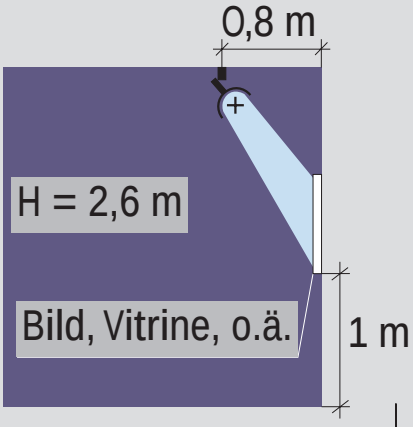
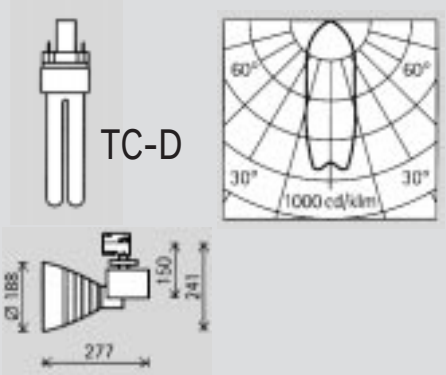
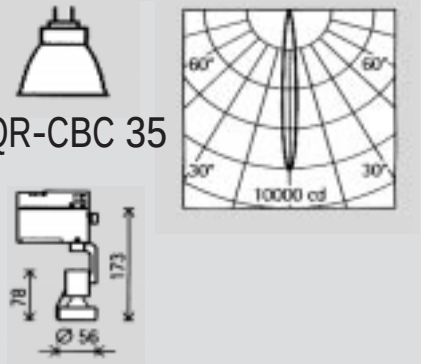
Auf der linken Seite des Bildes ist der Verlauf des Tageslichtquotients graphisch und numerisch dargestellt.
Rechts sind die Leuchtengruppen eingetragen.
Die Einschaltreihenfolge bei abnehmendem Tageslicht wird durch die aufsteigende Numerierung angegeben.

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Niedervolt-Halogen-Beleuchtungssysteme

IMPULS Programm Hessen

Effizienz – Vergleich einer Akzent-Beleuchtung: Bildausleuchtungen an einer Foyer-Wand

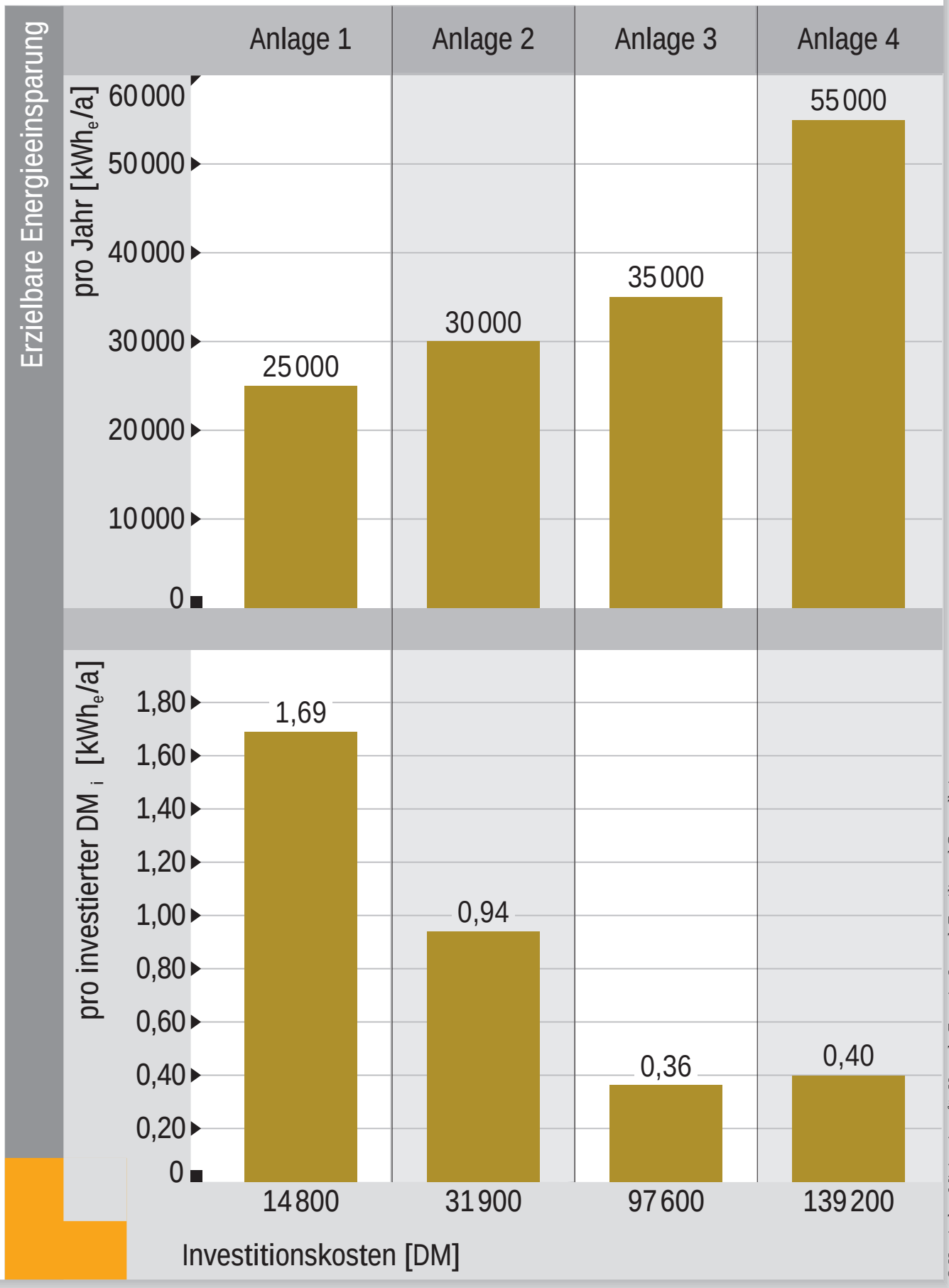
Beleuchtungs-Prinzip	1. Strahler mit Kompaktleuchtstofflampe	2. Strahler mit NV-Halogenlampe
		
Erzielte mittl. Vertikal-Beleuchtungsstärke auf Bildfläche ca. 0,8 m x 0,8 m	ca. 200 lx	ca. 240 lx
Lampe und Leistung einschl. VG	TC-D 18W *(24 W)*	35 W - 30°
Energie-Kennwert [W/m^2 · 100 lx]	18,8	22,8
Verhältnis Energie-bedarf	100%	121%

Ergebnis: Die Niedervolthalogenbeleuchtung zeichnet sich durch energetischen Nachteil, jedoch gestalterischen Vorteil aufgrund der kleinen Leuchtenabmessungen und besseren Farbwiedergabe aus.

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Anlage mit 25W/m², Modernisierung einer Altanlage

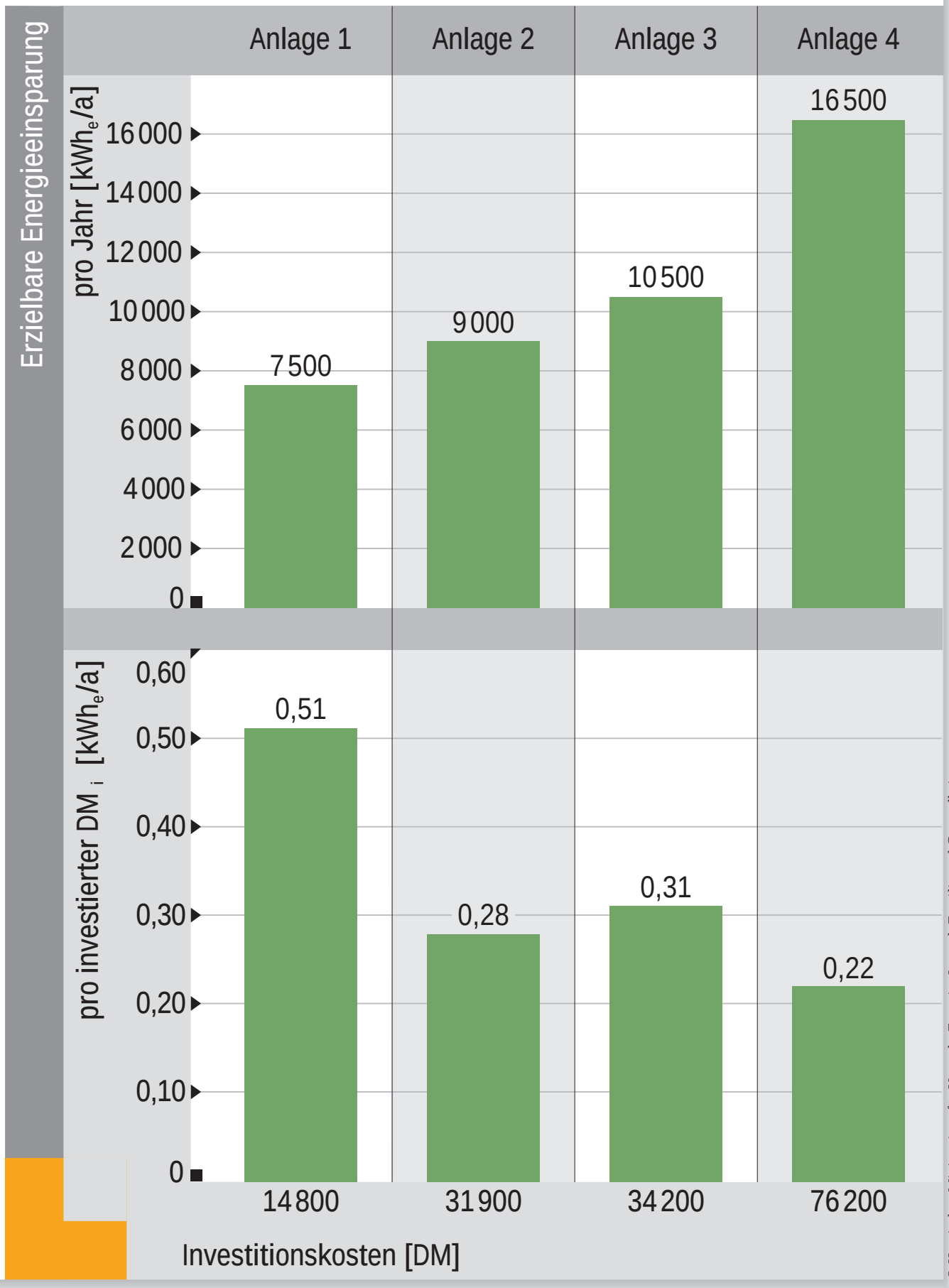
IMPULS Programm Hessen



© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Anlage mit 7,5W/m², Neuinstallation

IMPULS Programm Hessen

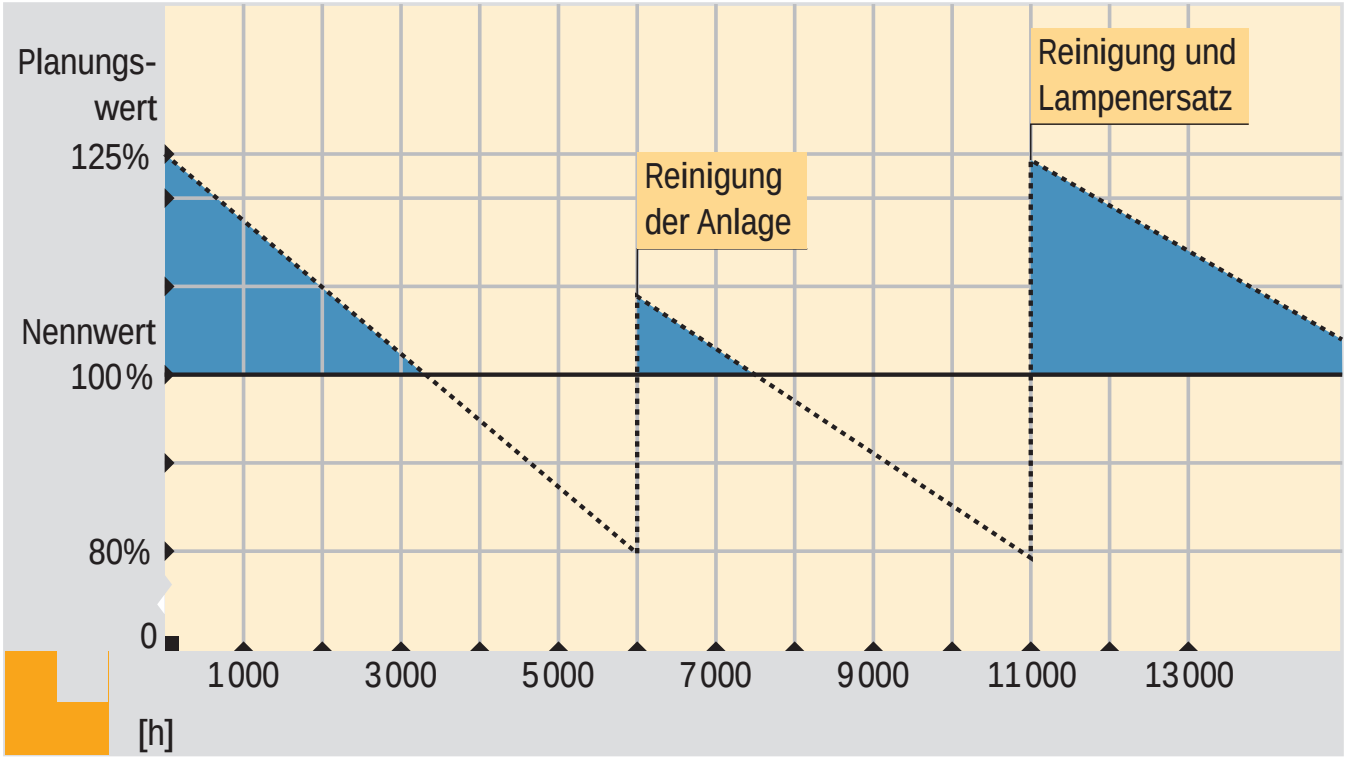


© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Verlauf der Beleuchtungsstärke mit und ohne automatische Lichtregelung

IMPULS Programm Hessen

- Lichtstromrückgang durch Alterung und Verschmutzung
- Teil der Beleuchtung, der automatisch heruntergedimmt wird
- Über den Lichtsensor automatisch eingestelltes konstantes Lichtniveau

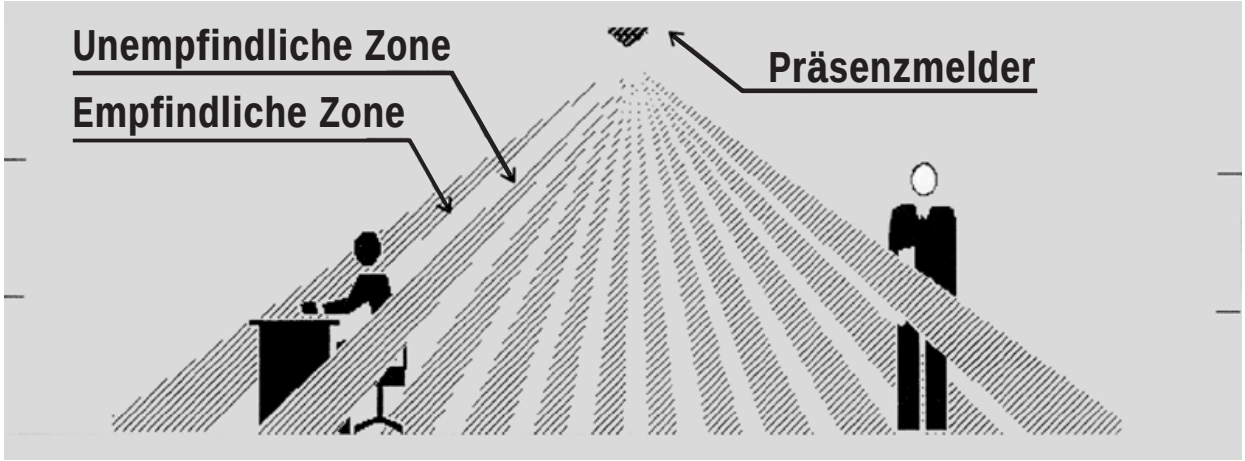


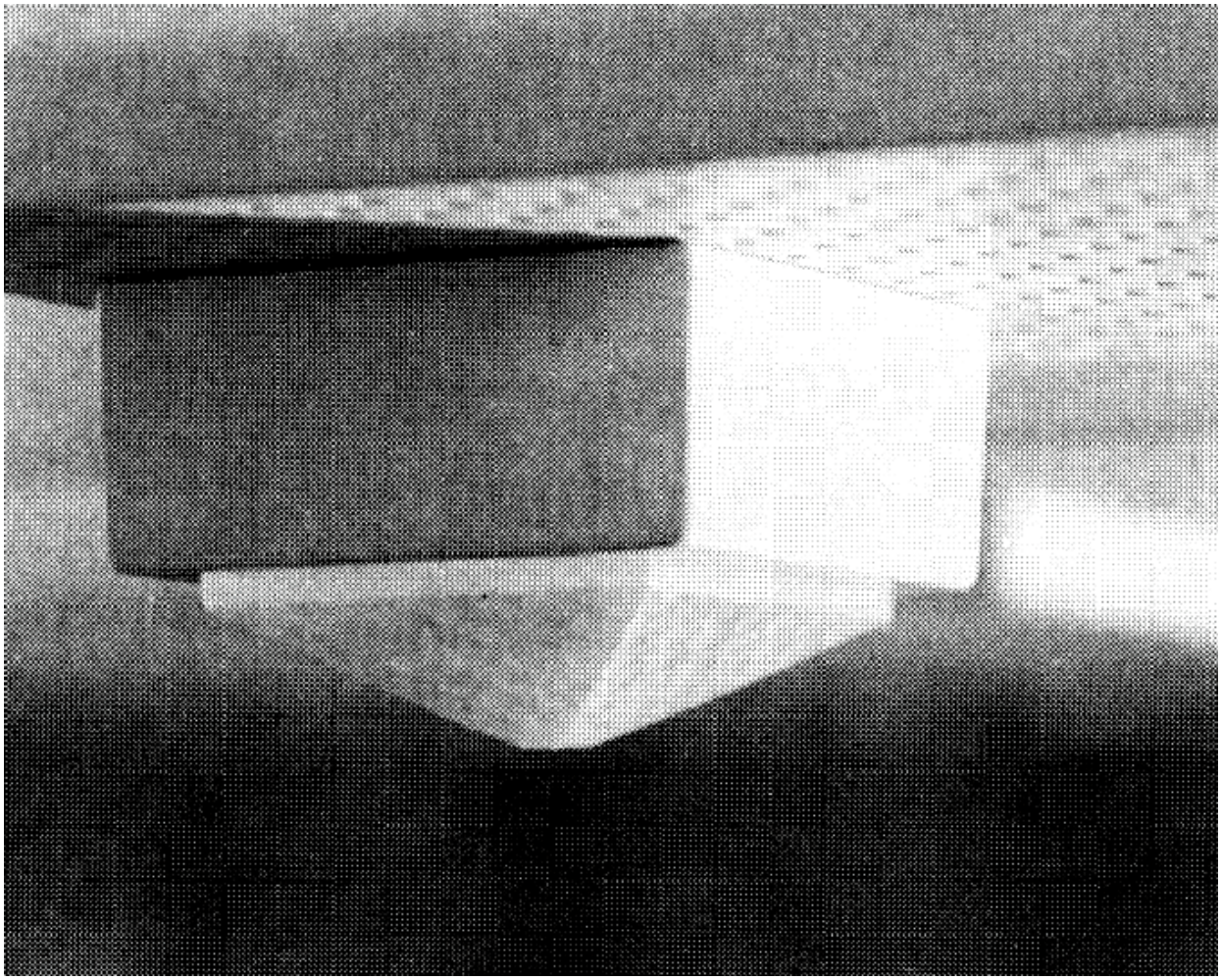
© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Erfassungsbereich und Detektionszonen eines Präsenzmelders für Beleuchtungsanlagen:

IMPULS Programm Hessen

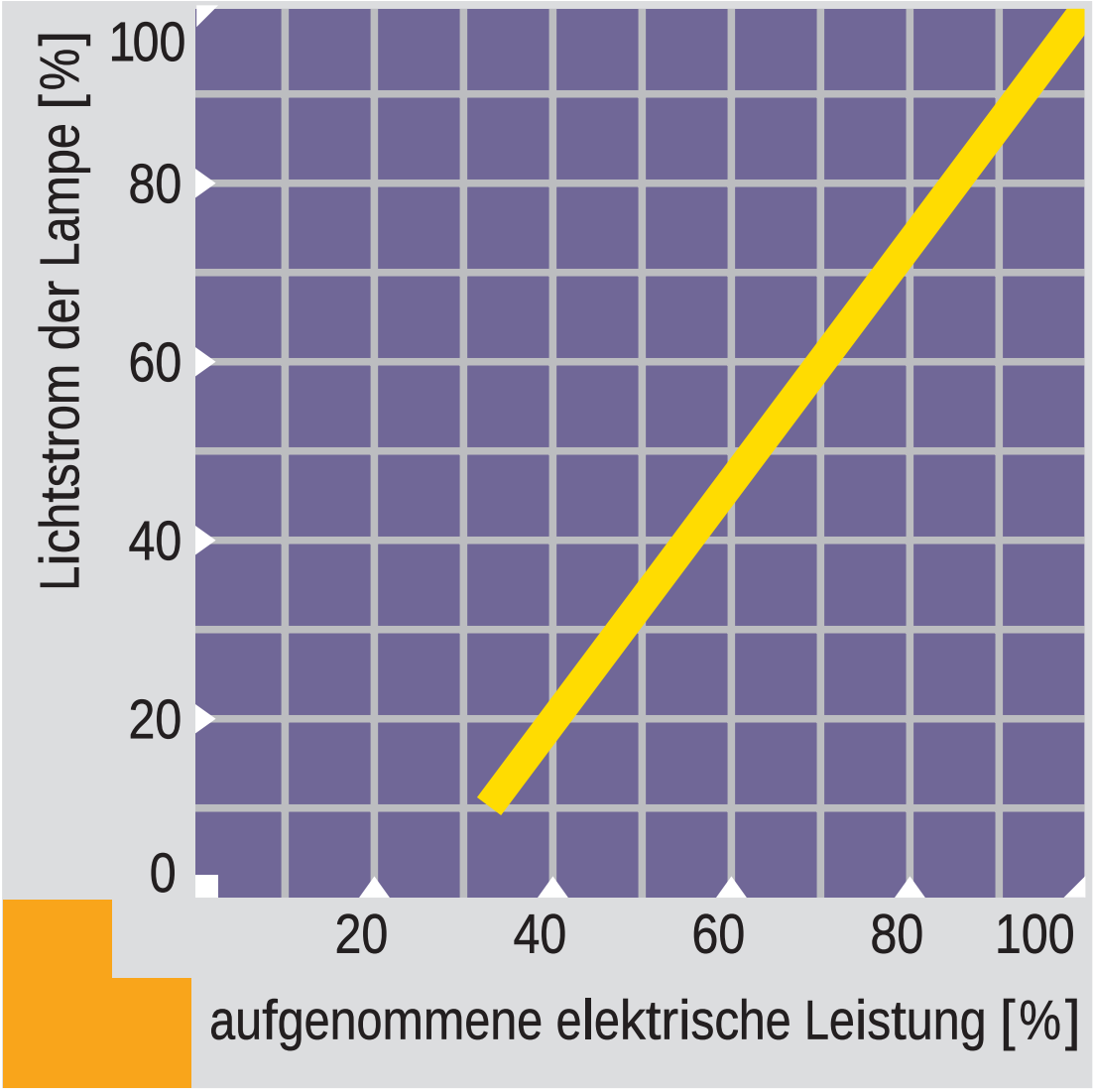
Überwachungsfläche ca. 100 m² bei Montagehöhe von ca. 3m





© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Lampenlichtstrom in Abhängigkeit der elektrischen Leistung



10.

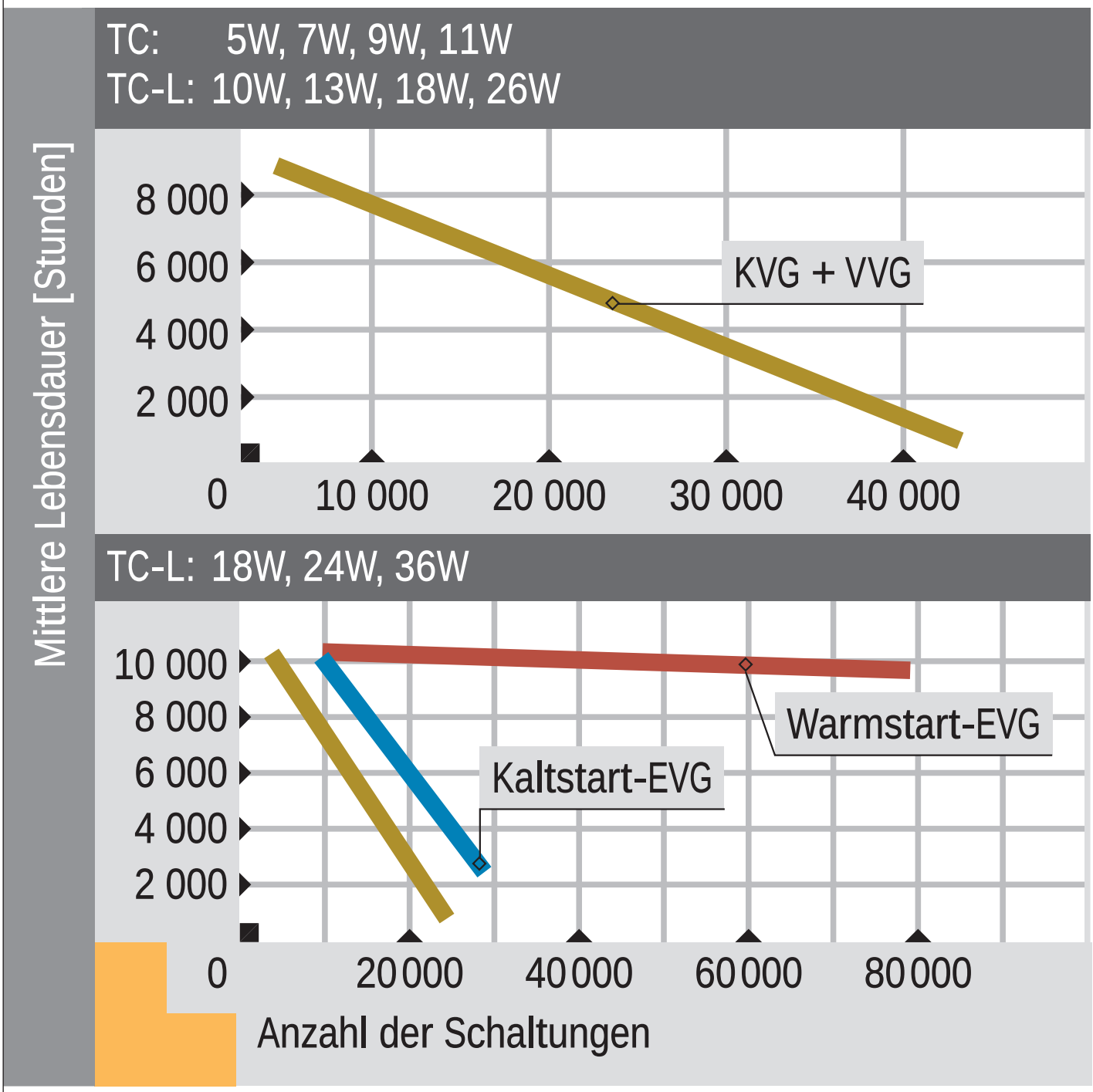
Quelle

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Lebensdauer und Schaltzahl von Kompakt-Leuchtstofflampen

IMPULS Programm Hessen

(Typische Ausfallkurven)



© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

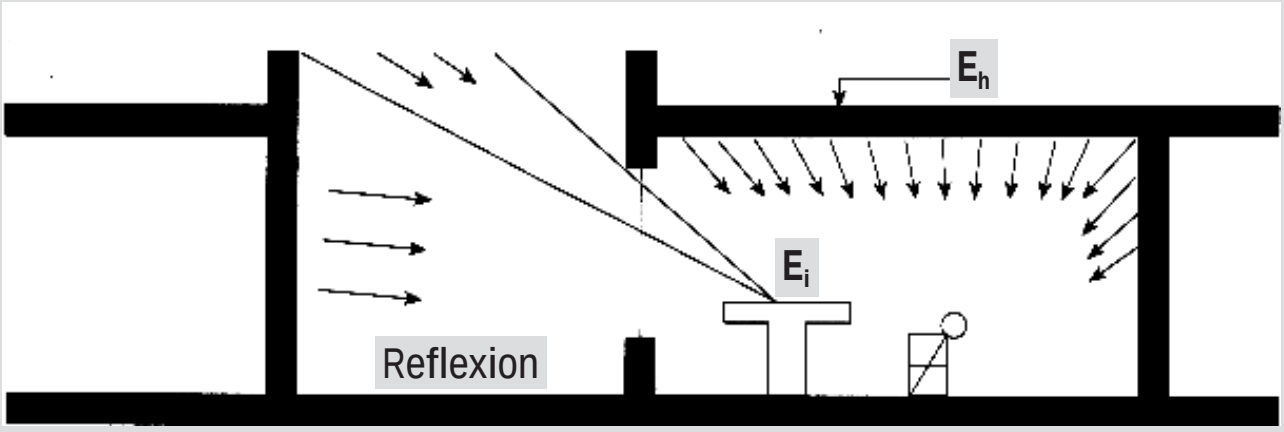
Tageslicht-Quotient, Abhängigkeiten

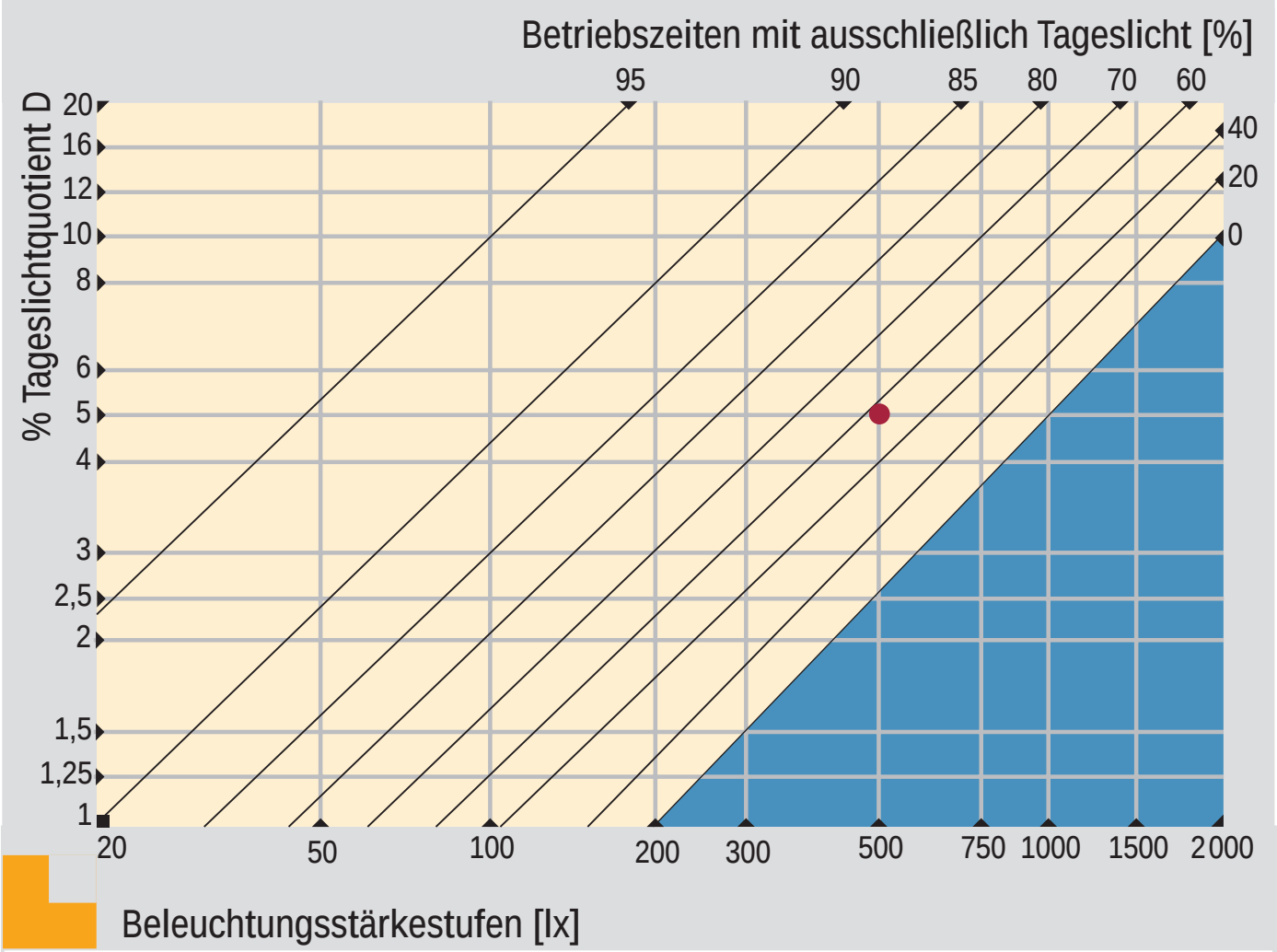
IMPULS Programm Hessen

$$D = \frac{E_h}{E_i}$$

E_h = Horizontalbeleuchtungsstärke im Freien bei bedecktem Himmel

E_i = Beleuchtungsstärke auf der Nutzebene





Betriebszeiten mit ausschließlichem Tageslicht in Abhängigkeit vom Tageslichtquotienten *(Arbeitszeit: im Sommer 7-17 Uhr, im Winter 8-18 Uhr)*

© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Einflüsse auf den Energieverbrauch von Beleuchtungsanlagen *(Teil 1)*

IMPULS Programm Hessen

Im Verlauf von Planung – Errichtung – Betrieb

Schritte und Komponenten der Beleuchtungs-Anlage im Entstehungsprozess bis zum laufenden Betrieb:	Gütekriterien, Qualitätsmerkmale:	Verantwortlich			
		Bauherr, Investor	Architekt	Lichtplaner	Nutzer, Betreiber
1. Nutzeranforderungen	Produktivität, Qualität, Planungs-grundlagen	■			■
2. Zugrundegelegte Vor-schriften, Normen	Anforderungsge-rechte Einstufung	■		■	■
3. Lichtgestaltung, archit. Anforderungen	Lichtatmosphäre, Raumwirkung	■	■	■	
4. Projektierung, Beleuch-tungs-Berechnungen	Genaue Methoden u. Rechenverfahren			■	
5. Raumgröße	Raumwirkungsgrad	■	■		
6. Reflexionsgrad des Raumes	Raumwirkungsgrad	■	■	■	
7. Tageslichtnutzung durch Fenster, Ober-lichter, Lichtlenkung, Sonnenschutz usw.	Tageslicht-Quotient	■	■	■	
8. Lampenart	Lumen/Watt			■	

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Einflüsse auf den Energieverbrauch von Beleuchtungsanlagen *(Teil 2)*

IMPULS Programm Hessen

Im Verlauf von Planung – Errichtung – Betrieb

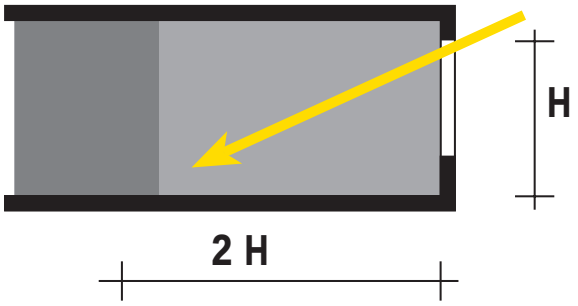
Schritte und Komponenten der Beleuchtungs-Anlage im Entstehungsprozess bis zum laufenden Betrieb:	Gütekriterien, Qualitätsmerkmale:	Verantwortlich			
		Bauherr, Investor	Architekt	Lichtplaner	Nutzer, Betreiber
9. Leuchtenart, – Lichtlenkung, Licht-Verteilung – Reflexion – Raster, Entblendung	Wirkungsgrad, Entblendung, Lichtatmosphäre			■	
10. Vorschaltgeräte, Trafos	Verlustleistung			■	
11. Steuer und Regelungs-technik – tageslichtabhängig – anwesenheitsabhängig – nutzungsabhängig	Reduzierung der Vollbetriebszeit			■	
12. Gebäudeautomatisier-ung, Energiecontrolling	Koordinierung mit anderen Gewerken und übergeordneten Funktionen			■	
13. Betriebsweise, Wartung	z. B. geringe Verschmutzung				■
14. Nutzungsdauer	z. B. während Tageslichtzeit				■

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

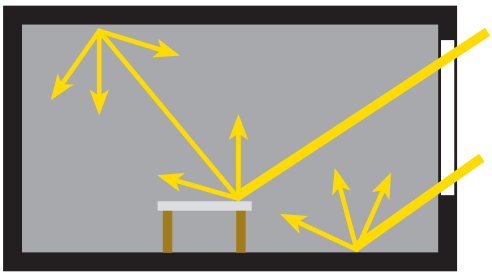
Maßnahmenliste:
Verbesserung der Tageslichtnutzung

IMPULS Programm Hessen

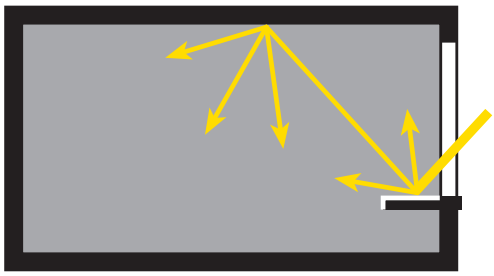
Arbeitsplätze in der Tageslichtzone



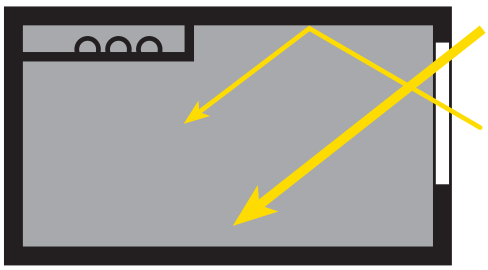
Hohe Fenster



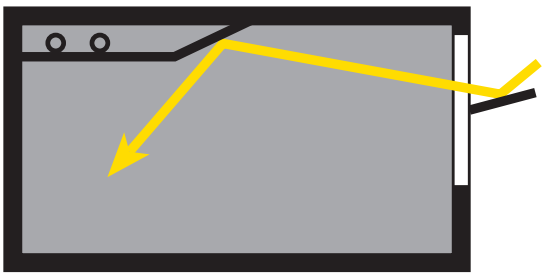
Helle Oberflächen



Sims breit und hell



Lichtoptimierte Decke



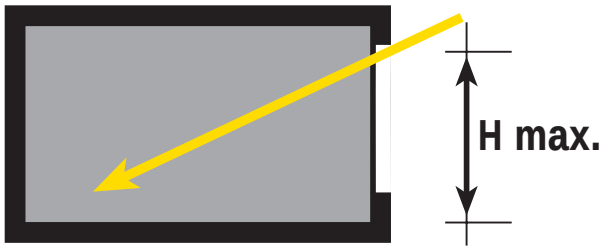
Innenreflektoren

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

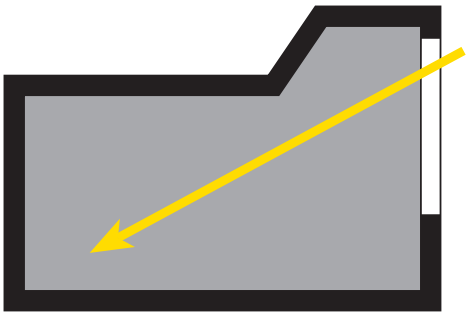
Maßnahmenliste:
Verbesserung der Tageslichtnutzung

IMPULS Programm Hessen

Fassade



Hohe Fenster



Vergrößerung der Fensterfläche und Erhöhung des Fenstersturzes

Tageslichtoptimierung anstreben

Blendschutz: Innen

Natürliche Beschattung

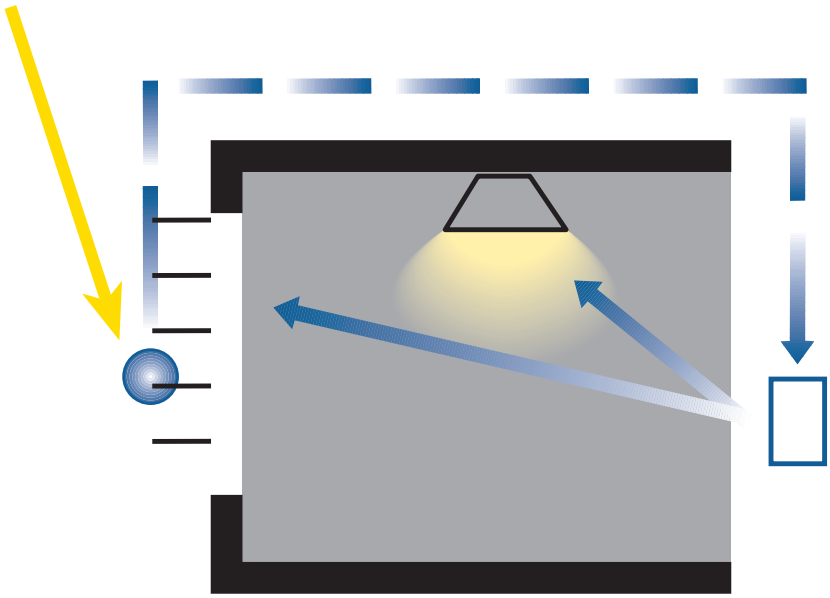
Beschattungssystem: vorgehängt

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Maßnahmenliste:
Verbesserung der Tageslichtnutzung

IMPULS Programm Hessen

Integration der Technik

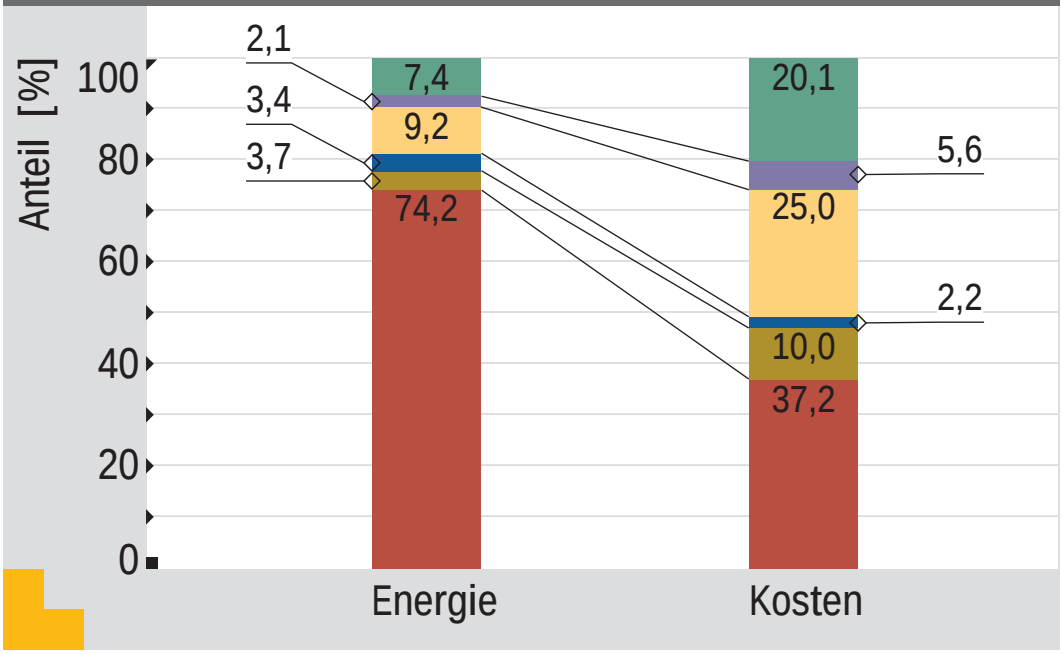


© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

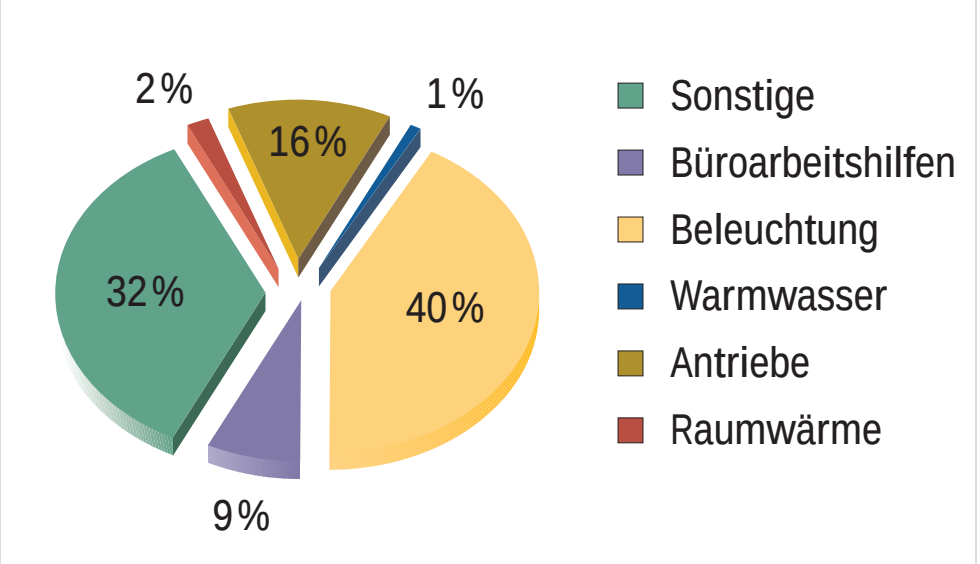
Bedeutung der Beleuchtung in der Gesamtenergie-Bilanz

IMPULS Programm Hessen

Anteil der Beleuchtungs-Energie und -Kosten in der Gesamtenergie-Bilanz



Aufteilung des Stromverbrauchs bei Verwaltungs- und Institutsgebäuden



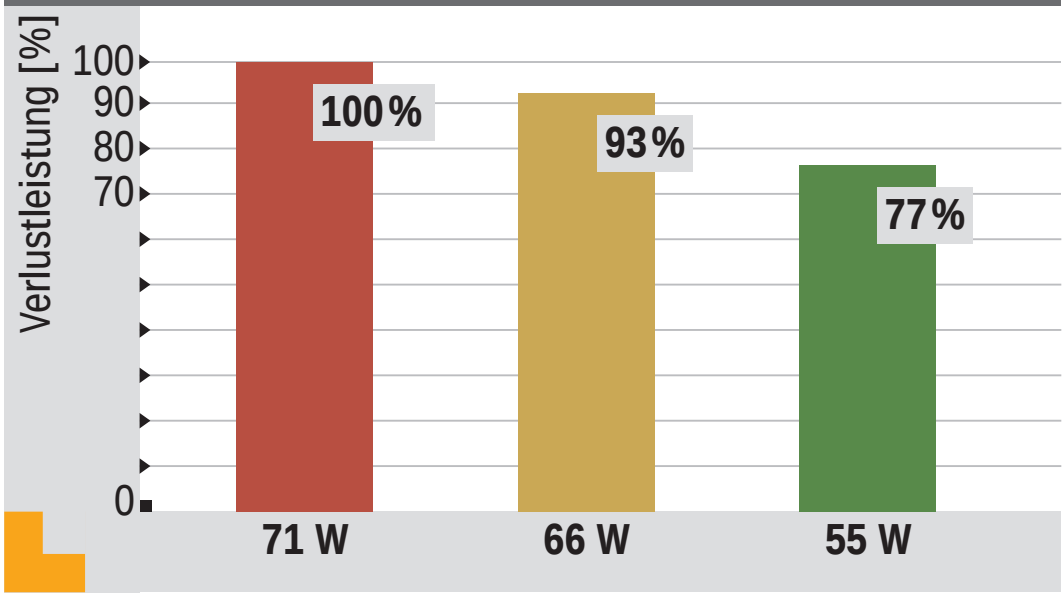
© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Systemvergleich

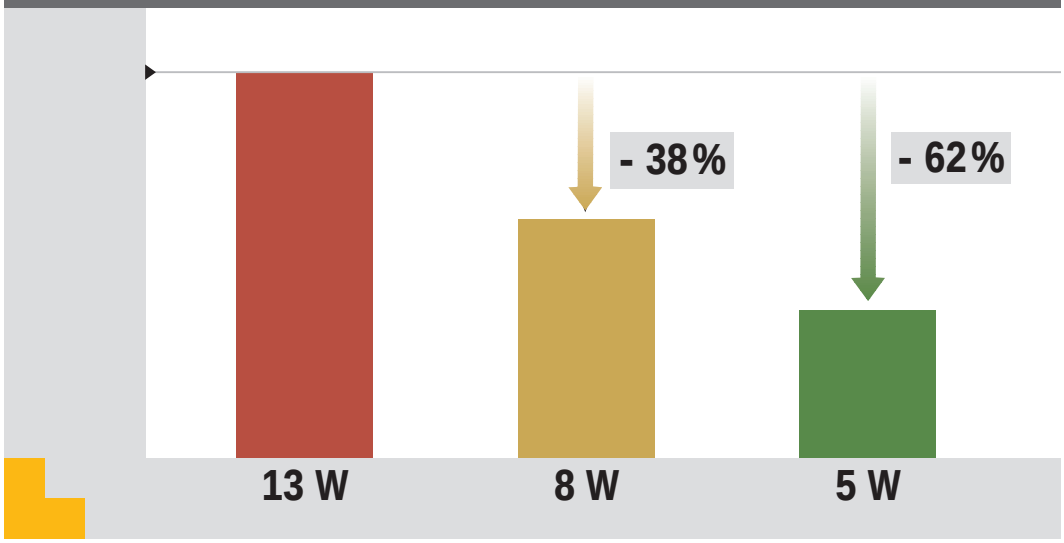
58W Leuchtstofflampe + Vorschaltgerät

IMPULS Programm Hessen

Vergleich der Anschlußleistungen verschiedener Systeme



Verlustleistung von Vorschaltgeräten



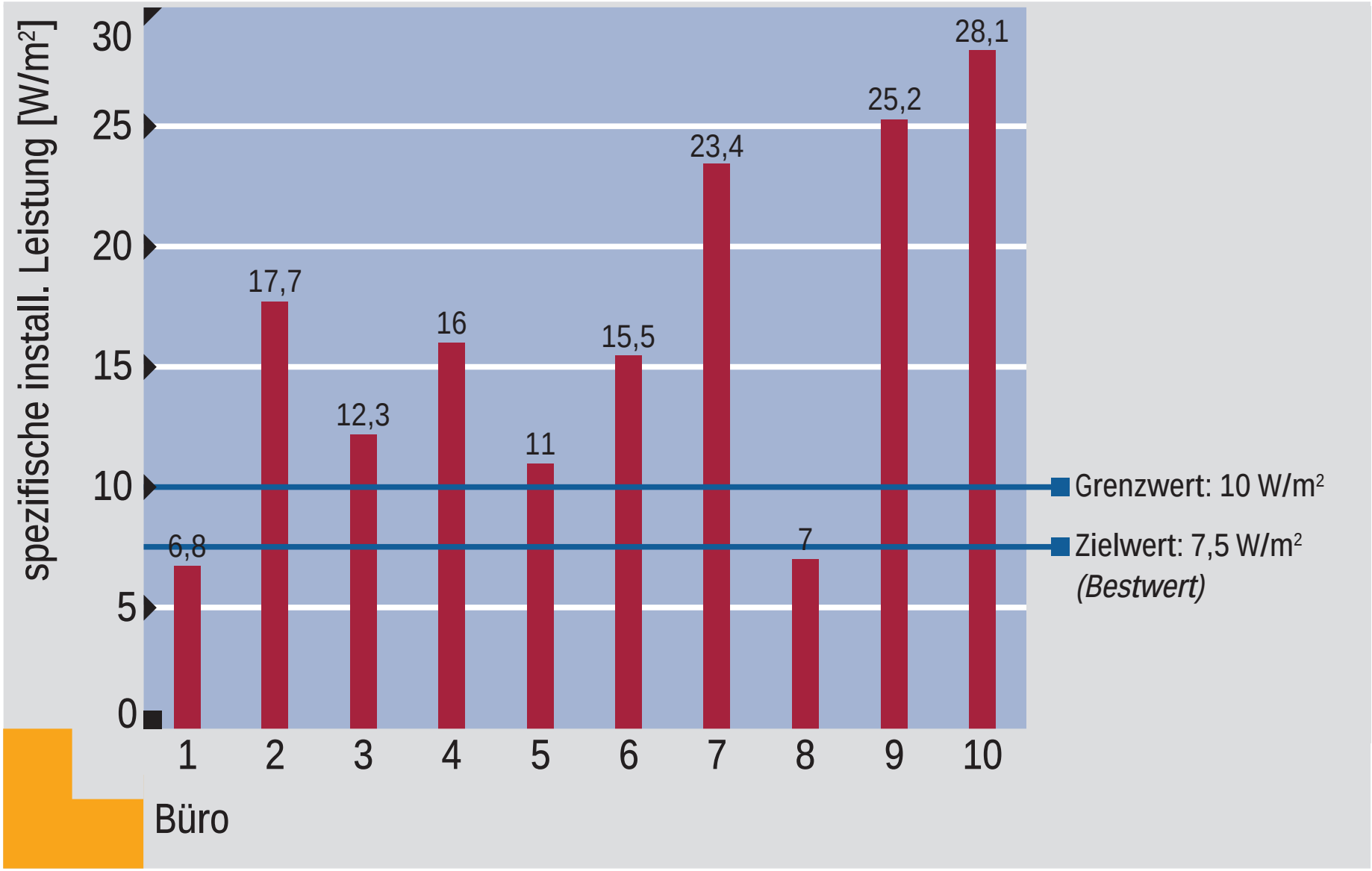
KVG Konventionelles Vorschaltgerät

VVG Verlustarmes Vorschaltgerät

EVG Elektronisches Vorschaltgerät

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

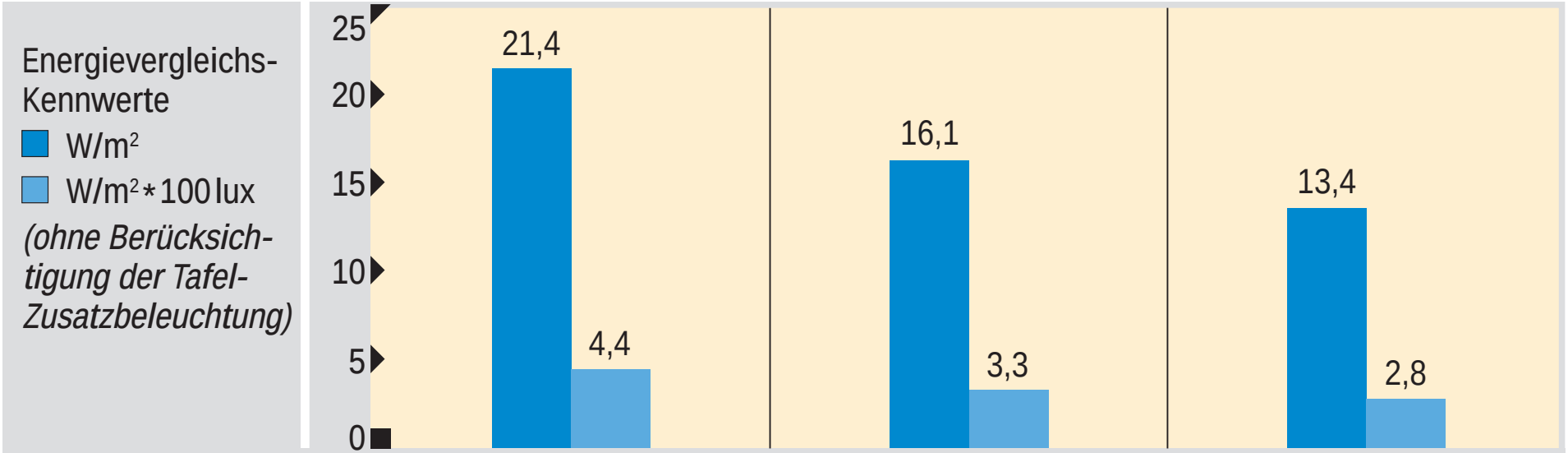
Ist-Zustand:
Gemessene Werte der Beleuchtung von Büroflächen



© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Gegenüberstellung der Energievergleichswerte für Fachklassenraum

IMPULS Programm Hessen

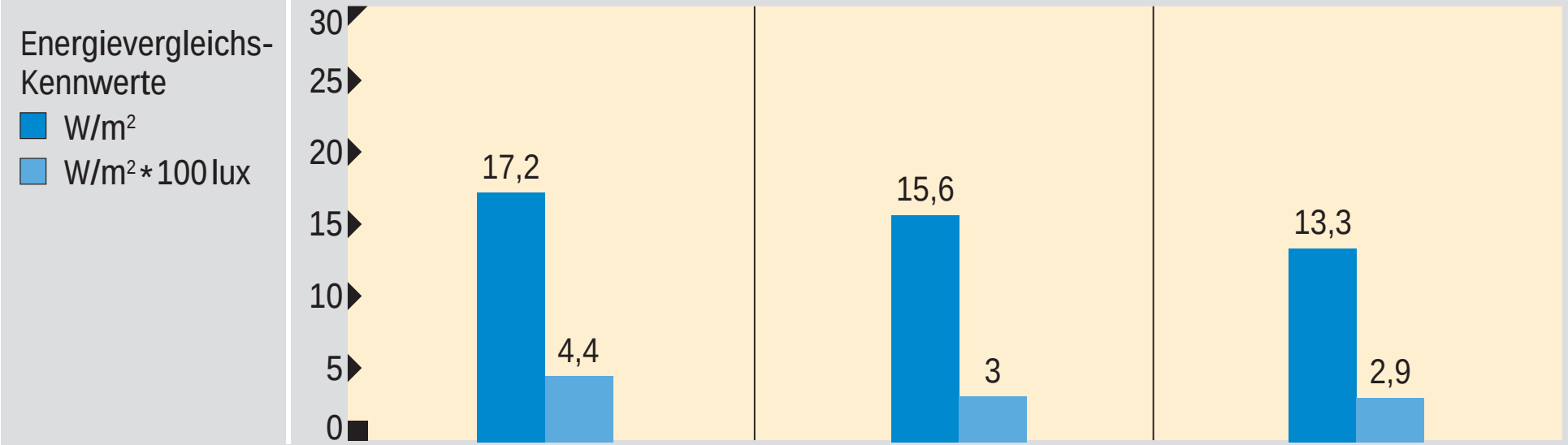


Berechnungsschritte	1	2	3
Wirkungsgrad %	51,5 / 2-flammig * 0,95	51,5	61,6
gewählte Leuchtenanzahl	LL 58 W Standard, 4100 Lumen; 3 Reihen x 4 Leuchten mit 2 x 58 W Tafel: 2 Leuchten 1 x 58 W	LL 58 W Dreibandenlampe, 5200 Lumen; 3 Reihen x 6 Leuchten mit 1 x 58 W Tafel: 2 Leuchten 1 x 58 W	LL 58 W Dreibandenlampe, 5200 Lumen; 3 Reihen x 5 Leuchten mit 1 x 58 W Tafel: 2 Leuchten 1 x 58 W
Bemerkungen:			verbesserte Reflexionsgrade!

© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Gegenüberstellung der Energievergleichswerte für Gruppenbüro

IMPULS Programm Hessen



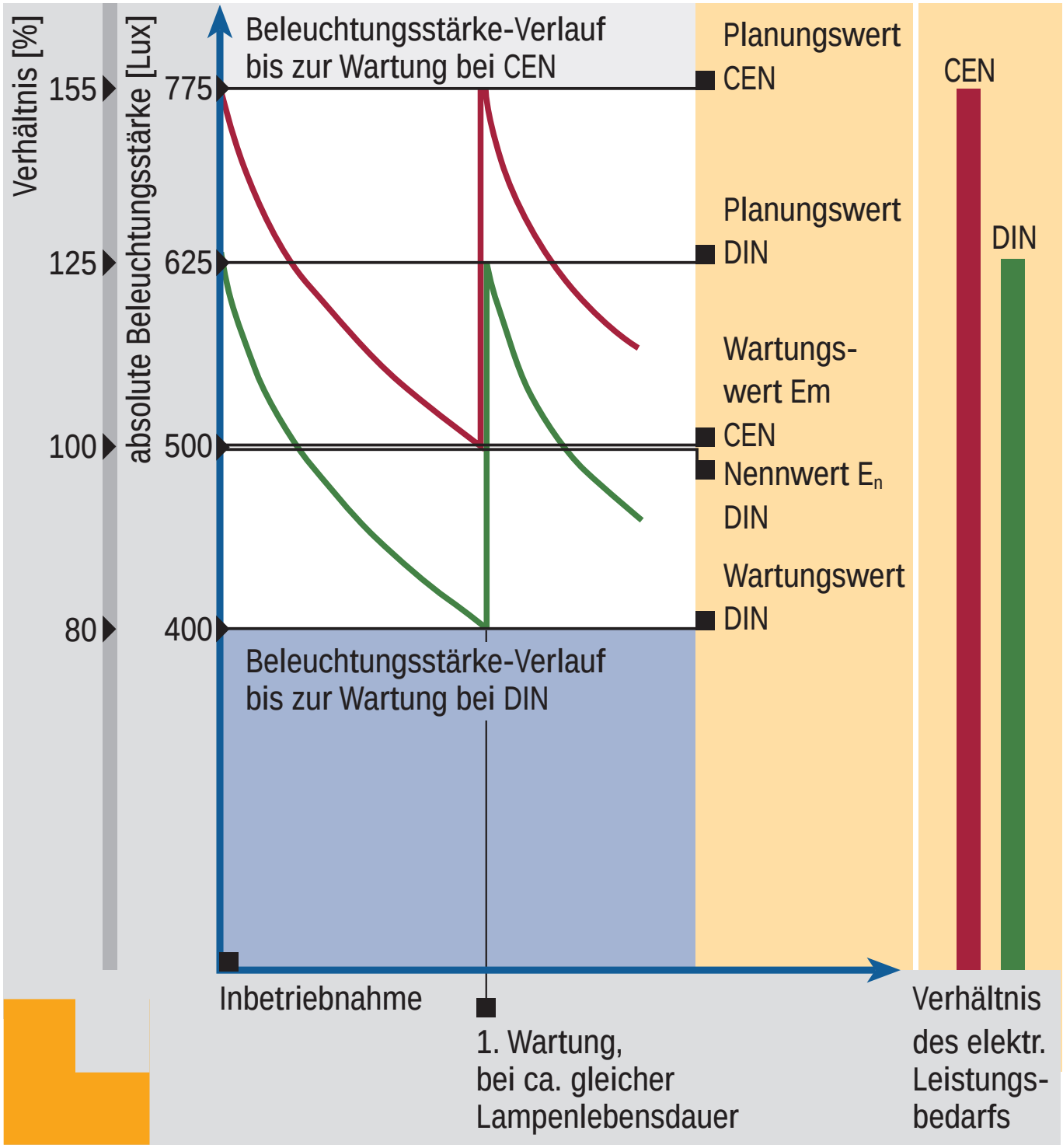
Berechnungsschritte	2	4	6
Wirkungsgrad %	48	59,1	59,1
gewählte Leuchtenanzahl	LL 18 W Dreibandenlampe, 1350 Lumen; 6 Leuchten mit 4x18 W	LL 38 Dreibandenlampe, 3500 Lumen; 10 Leuchten mit 1x38 W verbesserte Reflex.grad	LL 58 W Dreibandenlampe, 5200 Lumen; 6 Leuchten mit 1x58 W
Bemerkungen:	62,5 x 62,5 cm	M 12	1,85 m

© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Vergleich zwischen DIN und CEN

Beleuchtungsstärke und el. Anschlußleistung

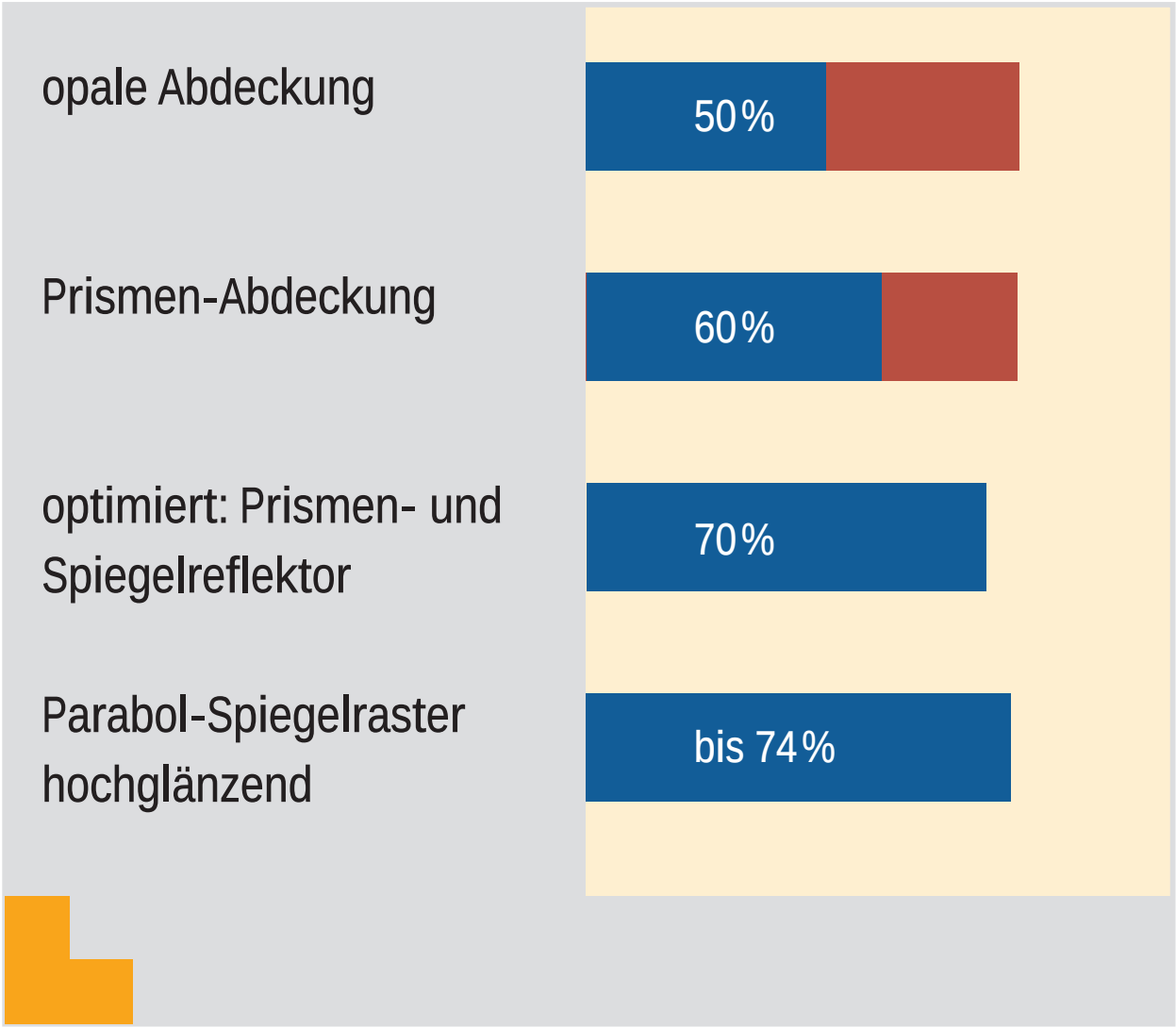
IMPULS Programm Hessen



© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Betriebswirkungsgrade von Einbauleuchten

IMPULS Programm Hessen

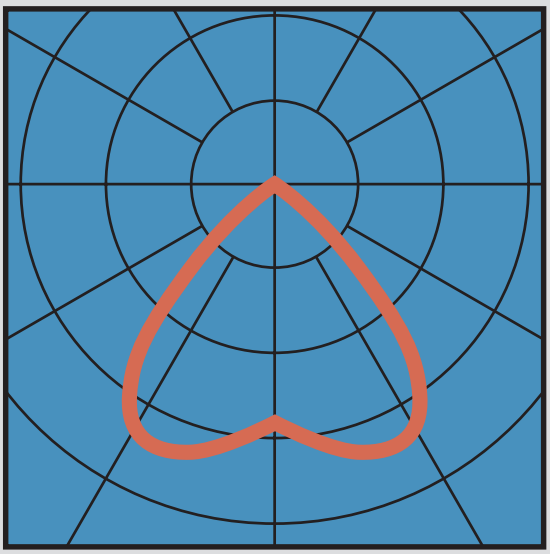


© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

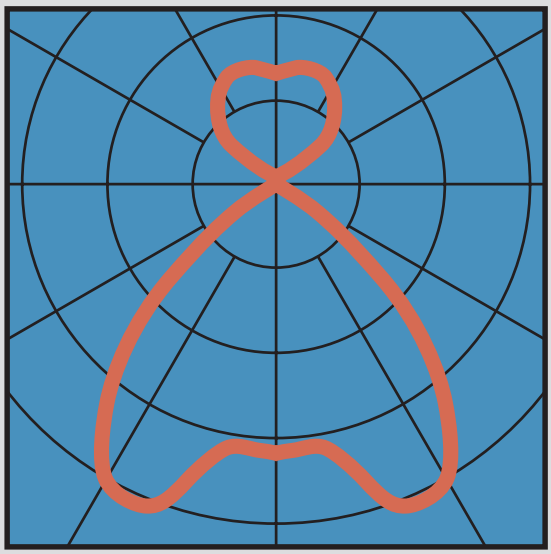
Vergleich grundsätzlicher Leuchten- und Ausstrahl-Charakteristik

IMPULS Programm Hessen

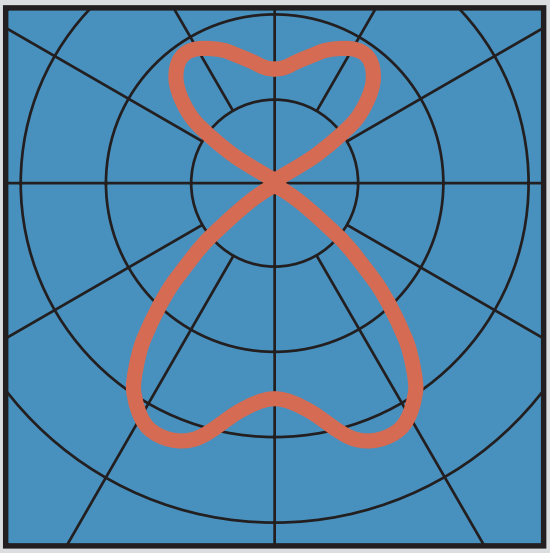
Leuchte 1: 100 %



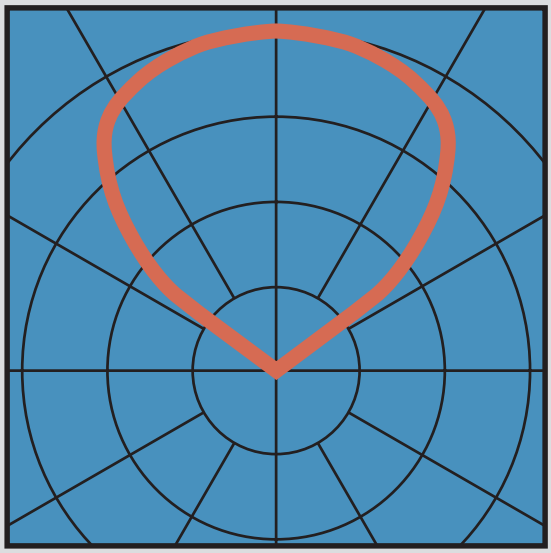
Leuchte 2: 93 %



Leuchte 3: 106 %



Leuchte 4: 174 %



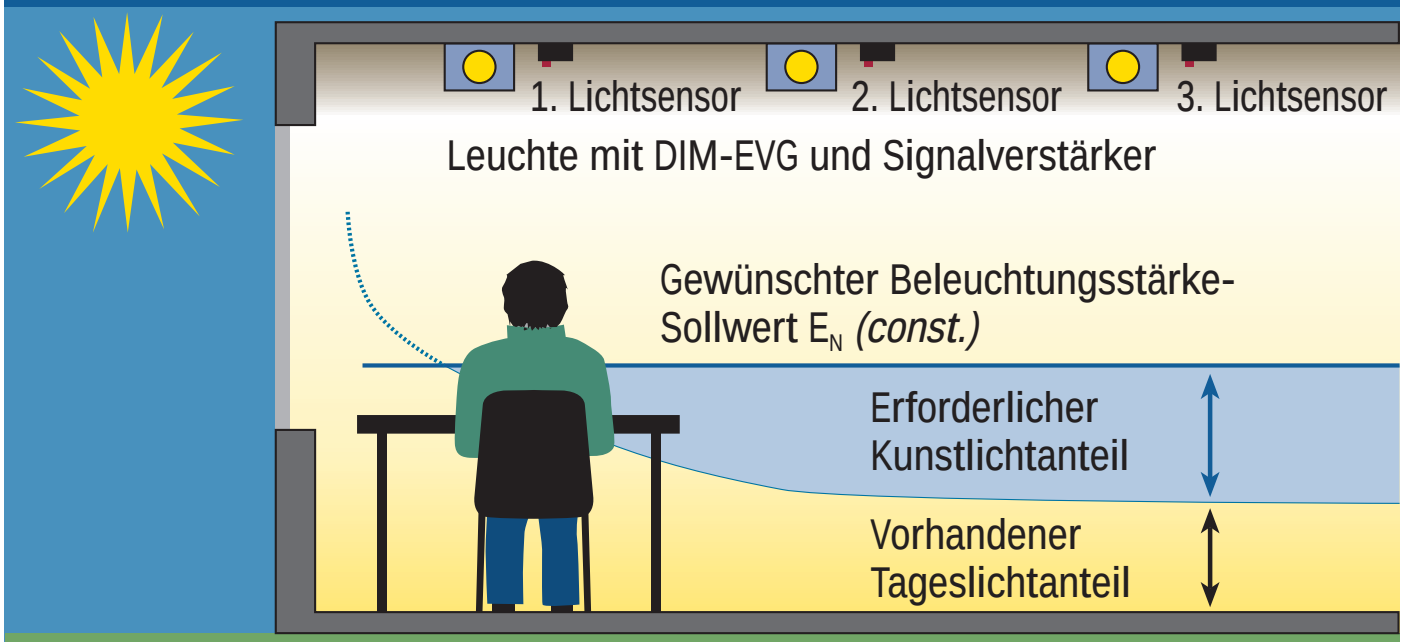
Energiebedarf

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Energieverbrauch bei tageslichtabhängiger Steuerung

IMPULS Programm Hessen

Energiebedarf einer Leuchte mit L 58W bei tageslichtabhängiger Steuerung



	1. Lichtband	2. Lichtband	3. Lichtband
Fensterabstand	1,35 m	4,05 m	6,75 m
Tageslichtquotient	10 %	3 %	1,8 %

Energieverbrauch bei bedecktem Himmel in kWh pro Jahr/pro Leuchte

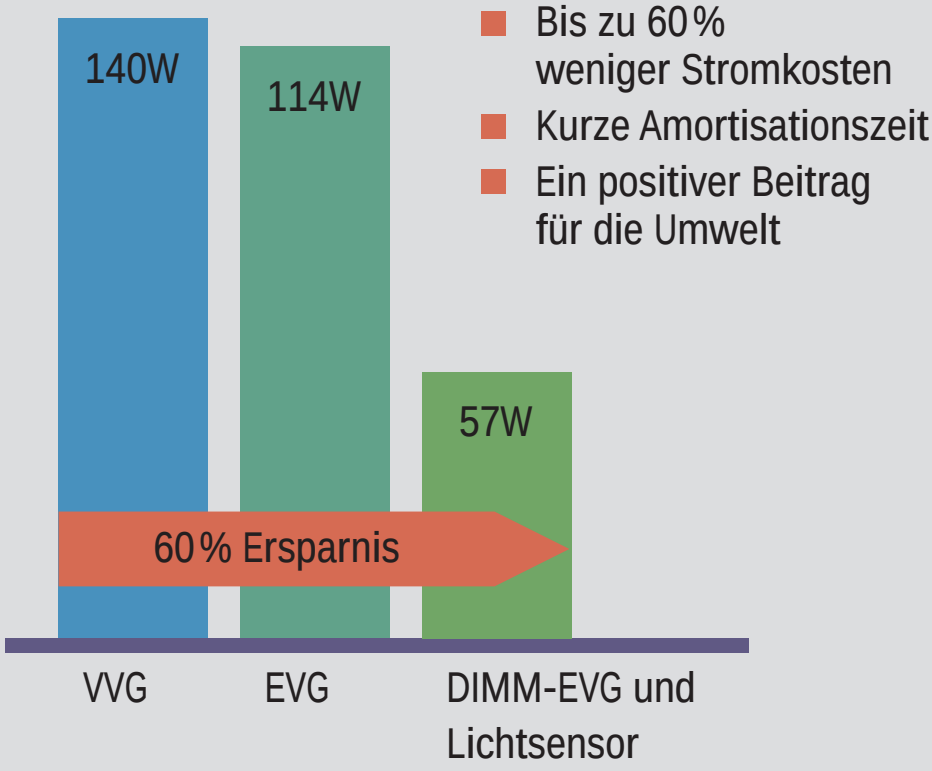
$$\text{Tageslichtkoeffizient} = \frac{\varnothing\ \text{innen}}{\varnothing\ \text{außen}} \times \text{Prozent}$$

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

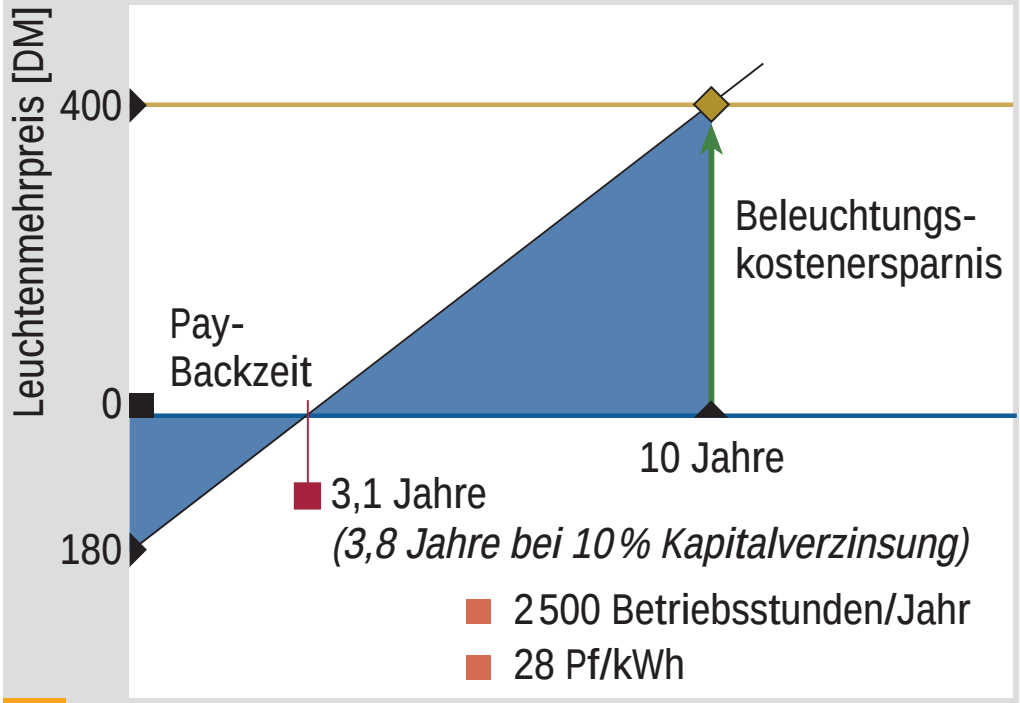
Kostenersparnis in der Bürobeleuchtung mit DIMM-EVG

IMPULS Programm Hessen

für 2 x L 58W und tageslichtabhängiger Lichtsteuerung



- Bis zu 60 % weniger Stromkosten
- Kurze Amortisationszeit
- Ein positiver Beitrag für die Umwelt

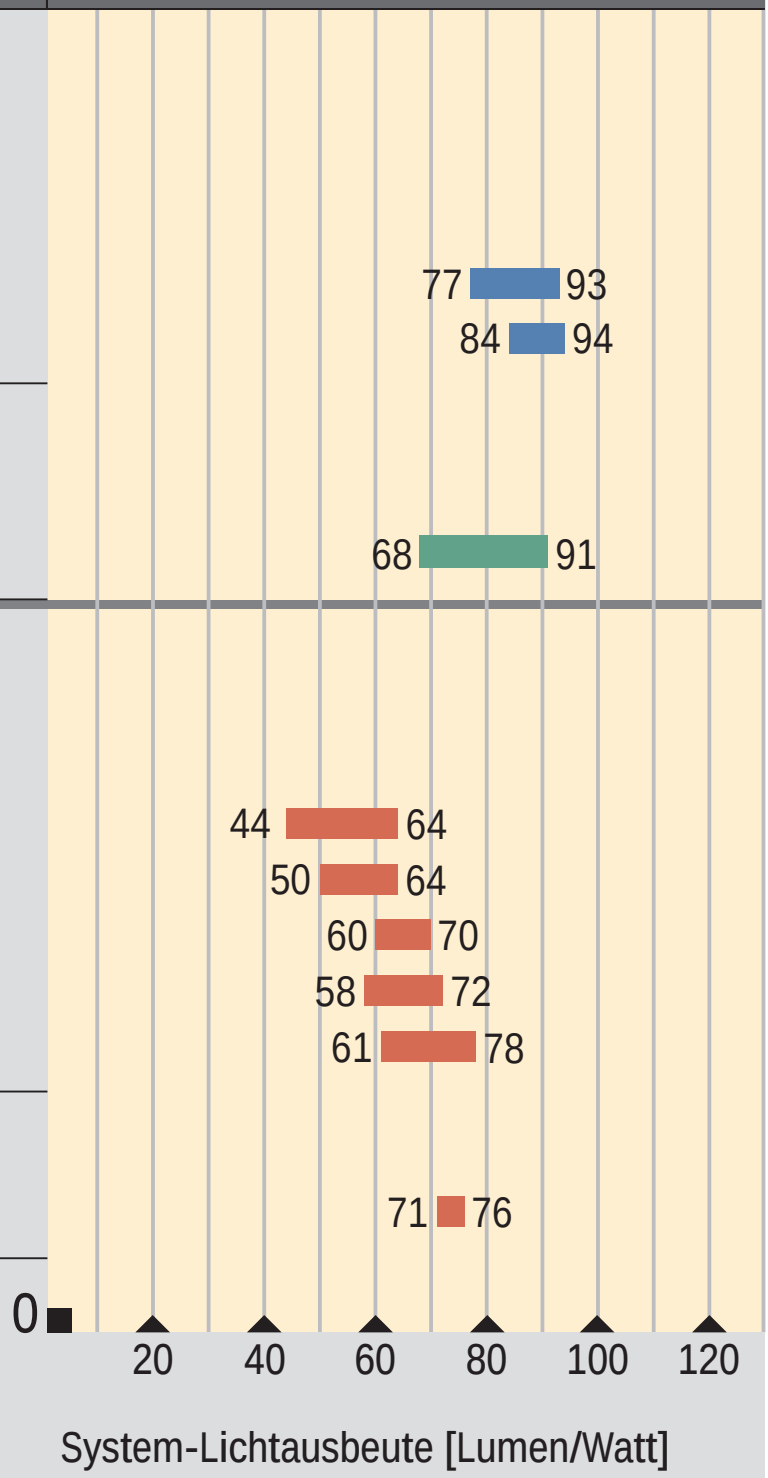


© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Effizienz-Vergleich wichtiger Lampen-Typen *(Teil 1)*

IMPULS Programm Hessen

Lampentypen, Leistungsbereich	Farbwieder-gabestufe	System-Lichtausbeute [Lumen/Watt]
1. Stabförmige Leuchtstofflampen:		
T16 - ∅ 16mm - EVG		
– HO/FQ: 24-54 W	1 B	77 – 93
– HE/FH: 14-35 W	1 B	84 – 94
T26 - ∅ 26mm - EVG		
– Dreibandenlampe: 18-58 W	1 *(A)*B	68 – 91
2. Kompaktleucht-stofflampen-EVG		
lineare Formen		
– TC, TC-EL 7-11W	1 A, B	44 – 64
– TC-D, TC-DEL 10-26 W	1 B	50 – 64
– TC-T, TC-TEL 13-42 W	1 B	60 – 70
– TC-F 18-36 W	1 B	58 – 72
– TC-L 18-55 W	1 A, B	61 – 78
ringförmige Lampen		
– 22-60 W	1 B	71 – 76

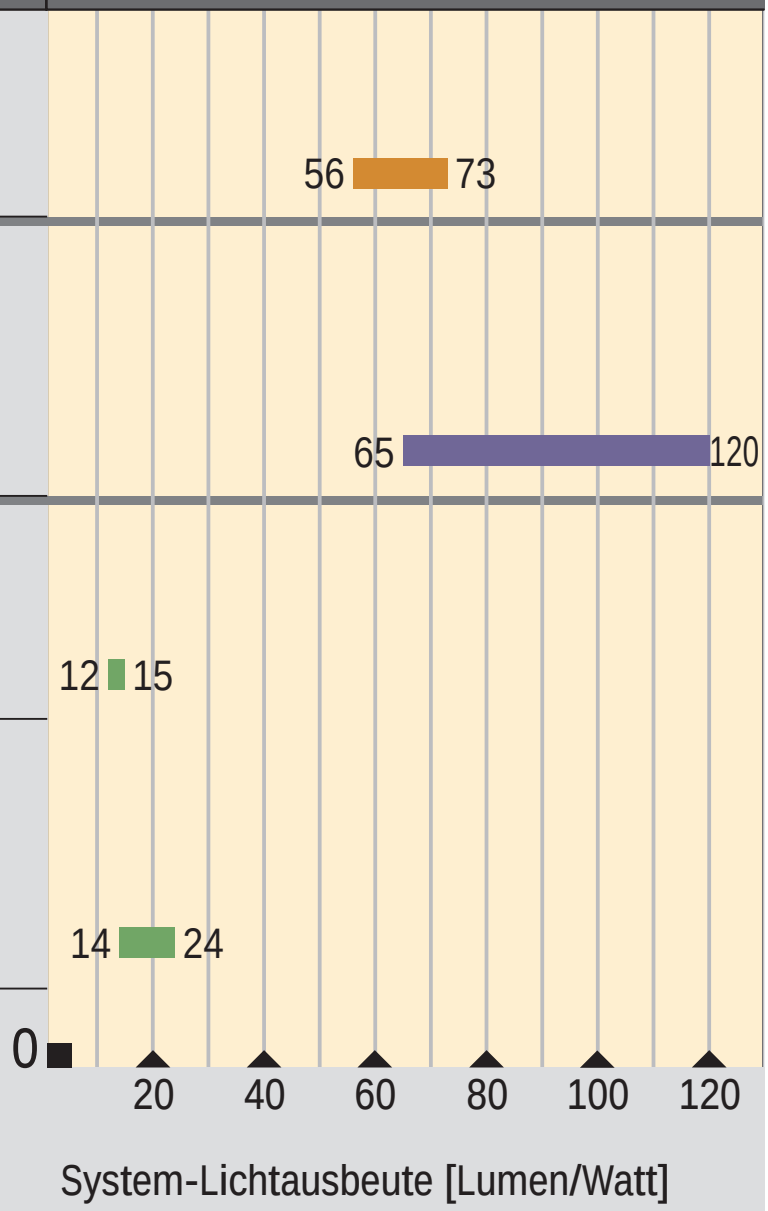


© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Effizienz-Vergleich wichtiger Lampen-Typen *(Teil 2)*

IMPULS Programm Hessen

Lampentypen, Leistungsbereich	Farbwiedergabestufe	System-Lichtausbeute [Lumen/Watt]
3. Halogenmetalldampflampen – HIT-DE 70-250 W	1 A, B	56 – 73
4. Natriumdampf-Hochdrucklampen – HST 50-250 W	4	65 – 120
5. Glühlampen AGL – 60-150 W/E27	1 A	12 – 15
6. NV-Halogenglühlampen – QT 9-12/10-100 W	1 A	14 – 24

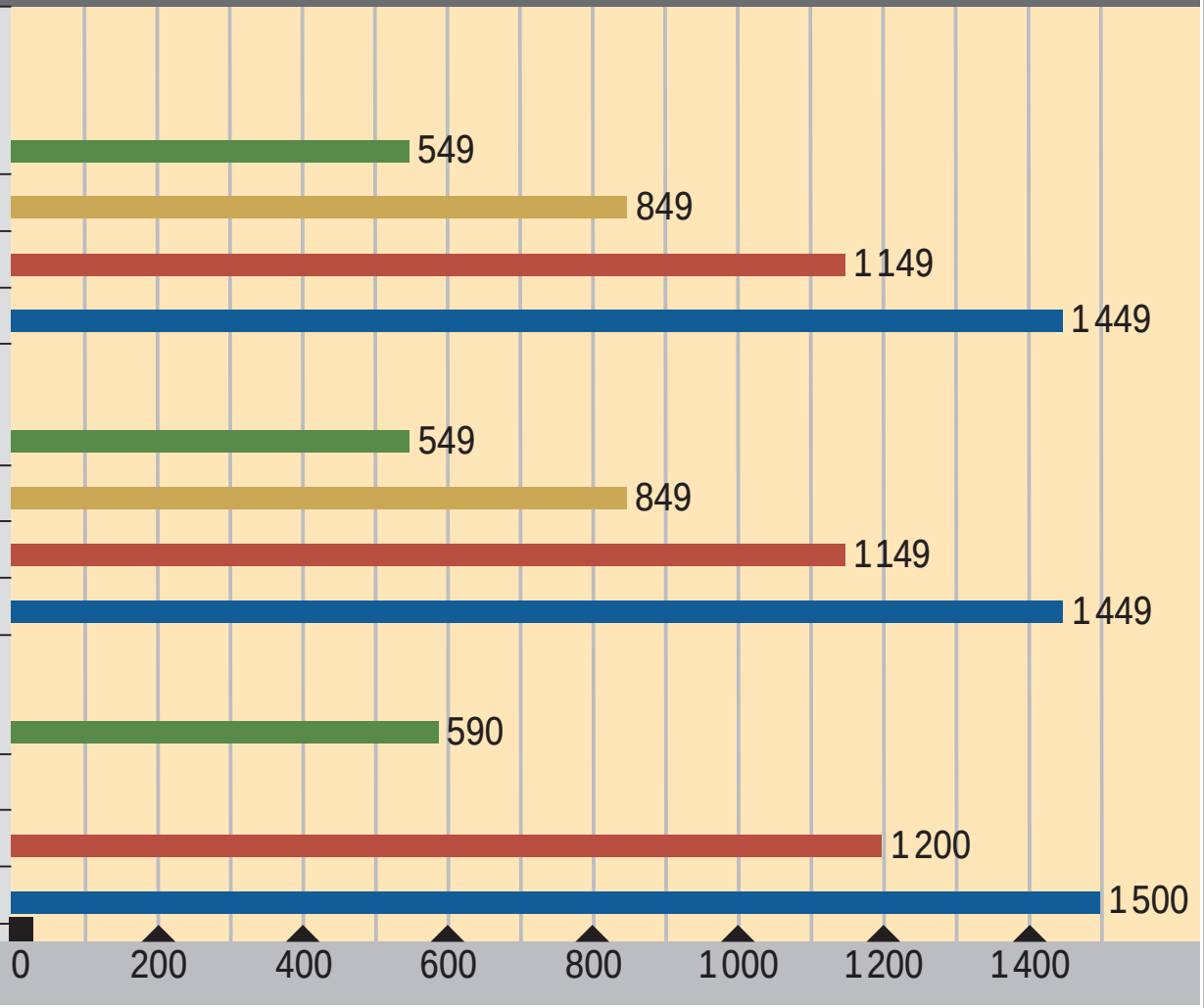


© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Vergleich: Neue Leuchtstofflampen T 16 - ∅ 16mm Dreibandenlampen T 26 - ∅ 26mm

IMPULS Programm Hessen

	Lampen-leistung [Watt]	Lichtstrom [Lm]	System-lichtausbeute [Lm/Watt]
T 16 - ∅ 16 mm: EVG			
Lampen mit hohem Lichtstrom „HO”			
	24W	2000	*(77)*
	39W	3500	*(80)*
	54W	5000	*(85)*
	49W	5000	*(93)*
Lampen hoher Lichtausbeute „HE”			
	14W	1350	*(84)*
	21W	2100	*(87)*
	28W	2900	*(94)*
	35W	3650	*(94)*
T 26 - ∅ 26 mm: EVG			
	18W	950	*(68)*
	36W	3200	*(89)*
	58W	5000	*(91)*

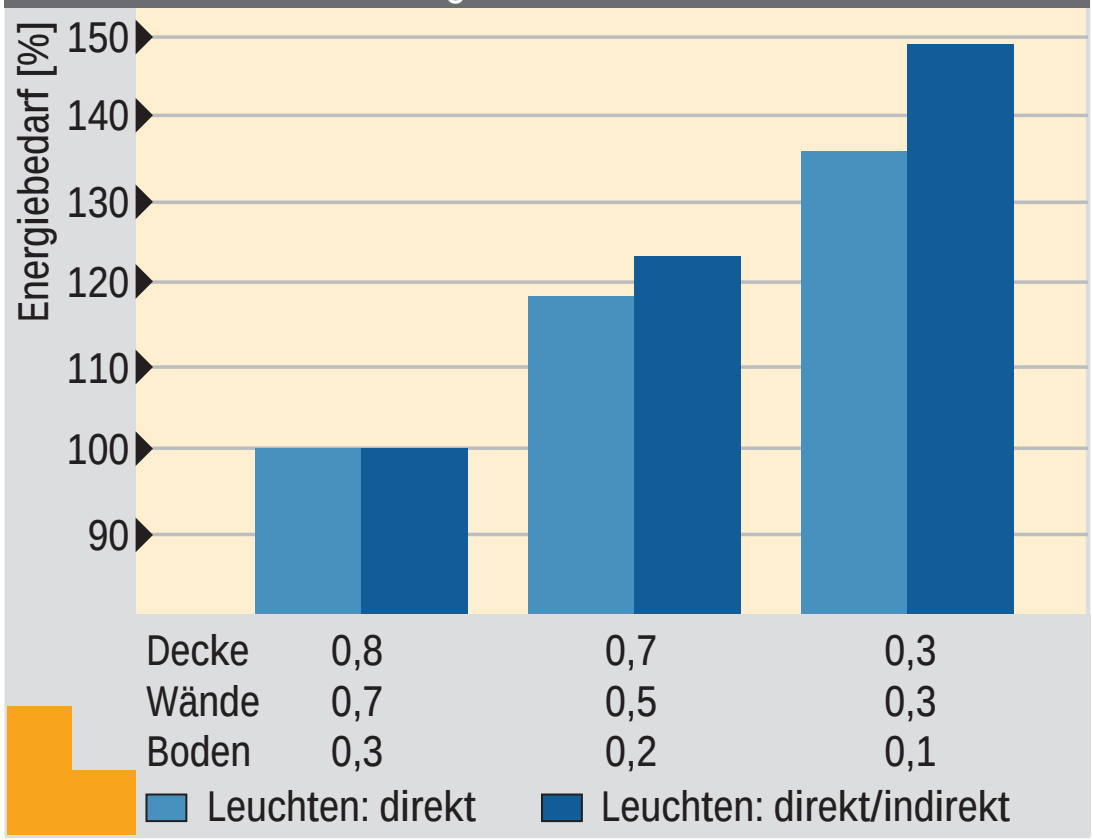


© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

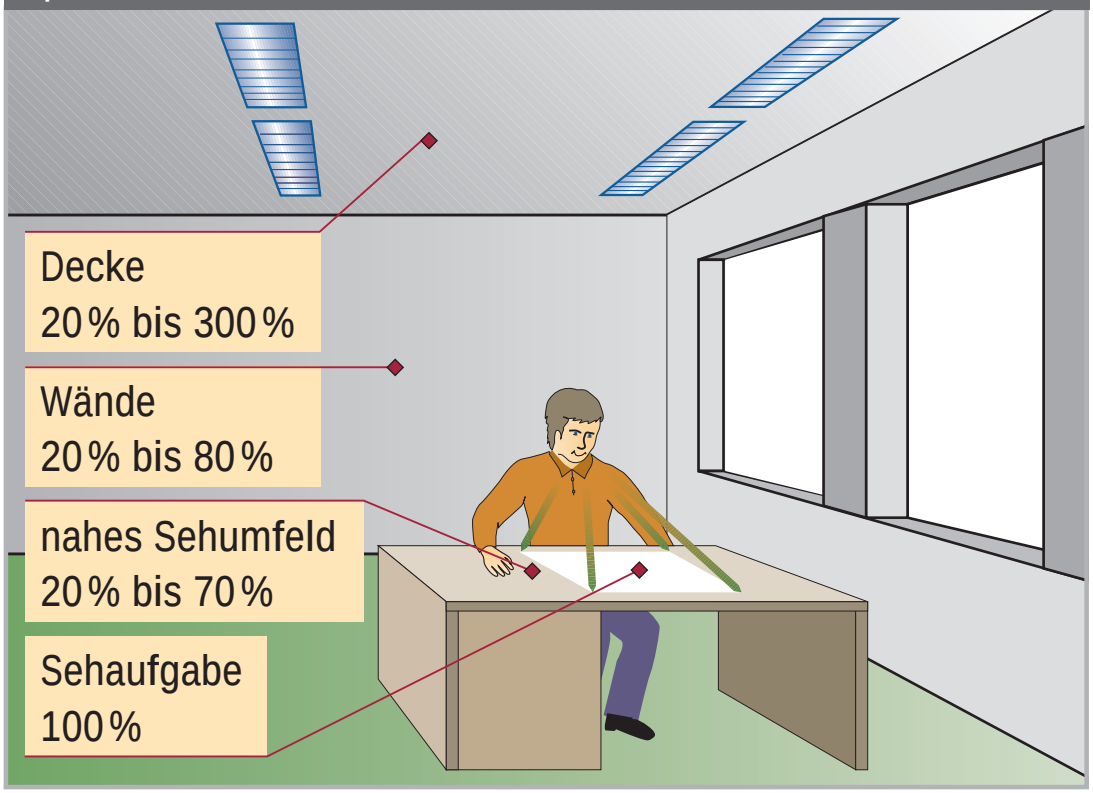
Einfluß der Raumreflexionsgrade auf die Energieeffizienz

IMPULS Programm Hessen

Energiebedarf für die gleiche Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Reflexionsgraden



Optimale Leuchtdichteverhältnisse im Arbeits-Umfeld



© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Einflüsse auf den Energieverbrauch von Beleuchtungsanlagen

IMPULS Programm Hessen

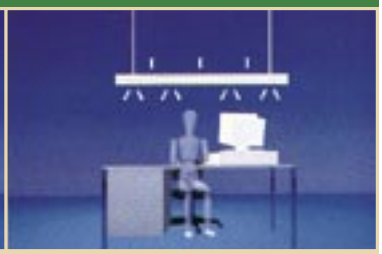
Erfahrungswerte über die Bandbreite der Beeinflussung der Energieeffizienz aus der Praxis *(gegenüber Grenzwerten lt. Tabelle : kWh/m² · a)*

Schritte und Komponenten der Beleuchtungs-Anlage im Entstehungsprozess bis zum laufenden Betrieb:	Bei Schulen *(Normalklassenräume)*: Verschlechterung (-) %	Bei Schulen *(Normalklassenräume)*: Verbesserung (+) %	Bei Büro- und Verwaltungsräumen: Verschlechterung (-) %	Bei Büro- und Verwaltungsräumen: Verbesserung (+) %
1. Nutzeranforderungen	25	25	25	25
2. Zugrundegelegte Vorschriften, Normen	30	0	30	10
3. Lichtgestaltung, archit. Anforderungen	20	10	30	15
4. Projektierung, Beleuchtungs-Berechnungen	20	10	20	10
5. Raumgröße	0	0	0	0
6. Reflexionsgrad des Raumes	10	10	30	10
7. Tageslichtnutzung durch Fenster, Oberlichter, Lichtlenkung, Sonnenschutz usw.	10	10	20	20
8. Lampenart	20	15	30	15
9. Leuchtenart, – Lichtlenkung, -Verteilung – Reflexion – Raster, Entblendung	30	15	30	15
10. Vorschaltgeräte, Trafos	15	10	15	10
11. Steuer und Reglungstechnik – tageslichtabhängig – anwesenheitsabhängig – nutzungsabhängig	0	10	0	25
12. Gebäudeautomatisierung, Energiecontrolling	0	5	0	10
13. Betriebsweise,Wartung	30	5	30	10
14. Nutzungsdauer	5	0	20	10
	Grenzwert		Grenzwert	

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

Grundlagen für die Auswahl von Beleuchtungsanlagen

IMPULS Programm Hessen

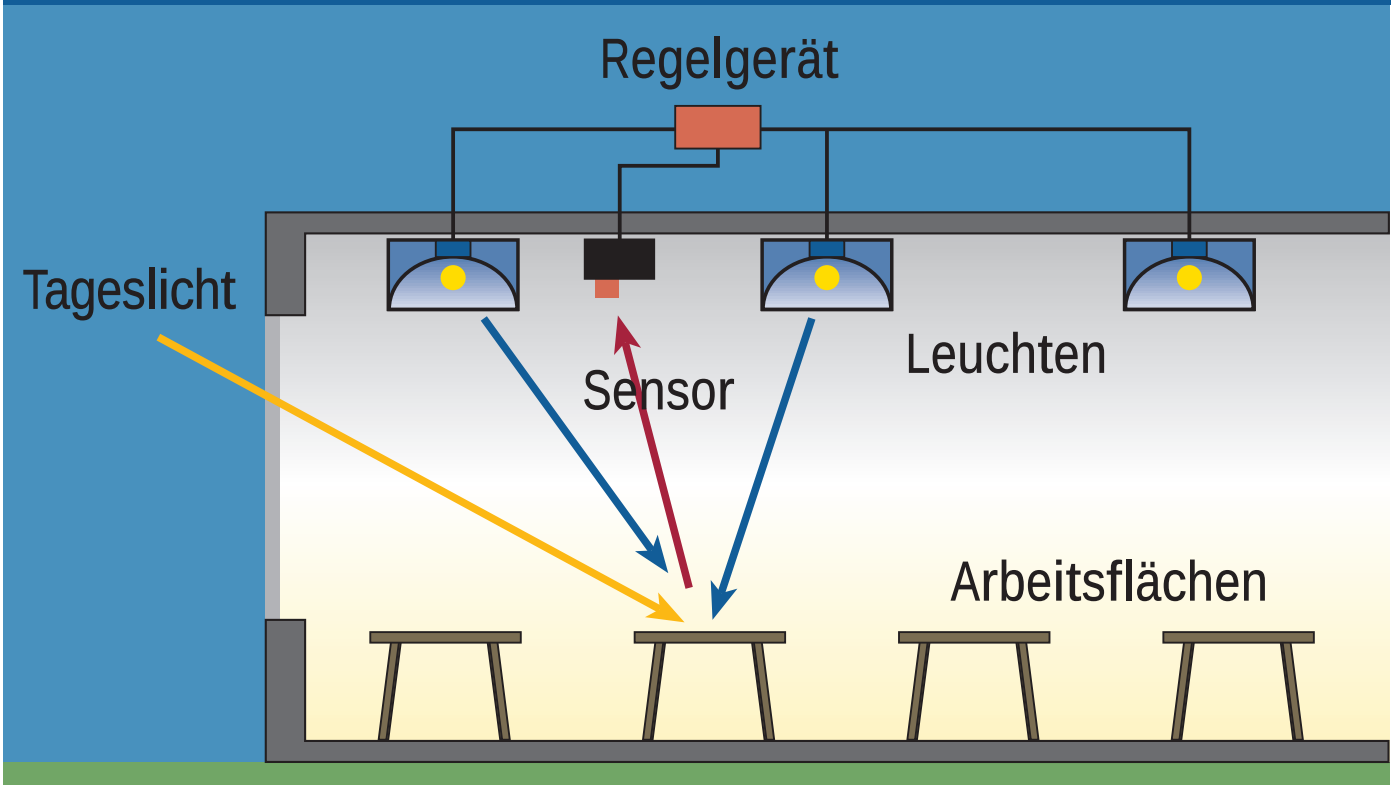
Variante	1	2	5
			
Beleuchtungssysteme	Allgemeinbeleuchtung, direkt	Arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung, direkt/indirekt	Arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung, mit spezieller Lichtlenkung
1. Bemerkung	Am weitesten verbreitet	wirtschaftliches und beliebtes System, hohe Akzeptanz	wirtschaftlich, ergonomisch vorteilhaft
2. verwendete Leuchten	6 Anbauleuchten 1 x 58W	6 direkt/indirekt Pendelleuchten 1 x 58W	1 Arbeitszonenleuchten 2 x 55W 3 Arbeitszonenleuchten 1 x 55W
3. Beleuchtungs-stärke in der Arbeitszone [Lux]	587	680	551
4. Beleuchtungs-stärke in Raum [Lux]	501	520	273
5. Systemleistung gesamt P_{sys} [Watt]	330	330	305
6. spez. Anschluß-leistung [W/m²]	10,3	10,3	9,52
7. Kennwert Arbeits-zone [W/m² x 100lx]	1,87	1,51	1,73
8. Kennwert Raum [W/m² x 100lx]	2,19	1,98	3,49
9. Gleichmäßigkeit: im Raum *(o. Randzone)* in der Arbeitszone	1:1,32 1:1,09	1:3,39 1:1,16	1:3,12 1:1,72

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit

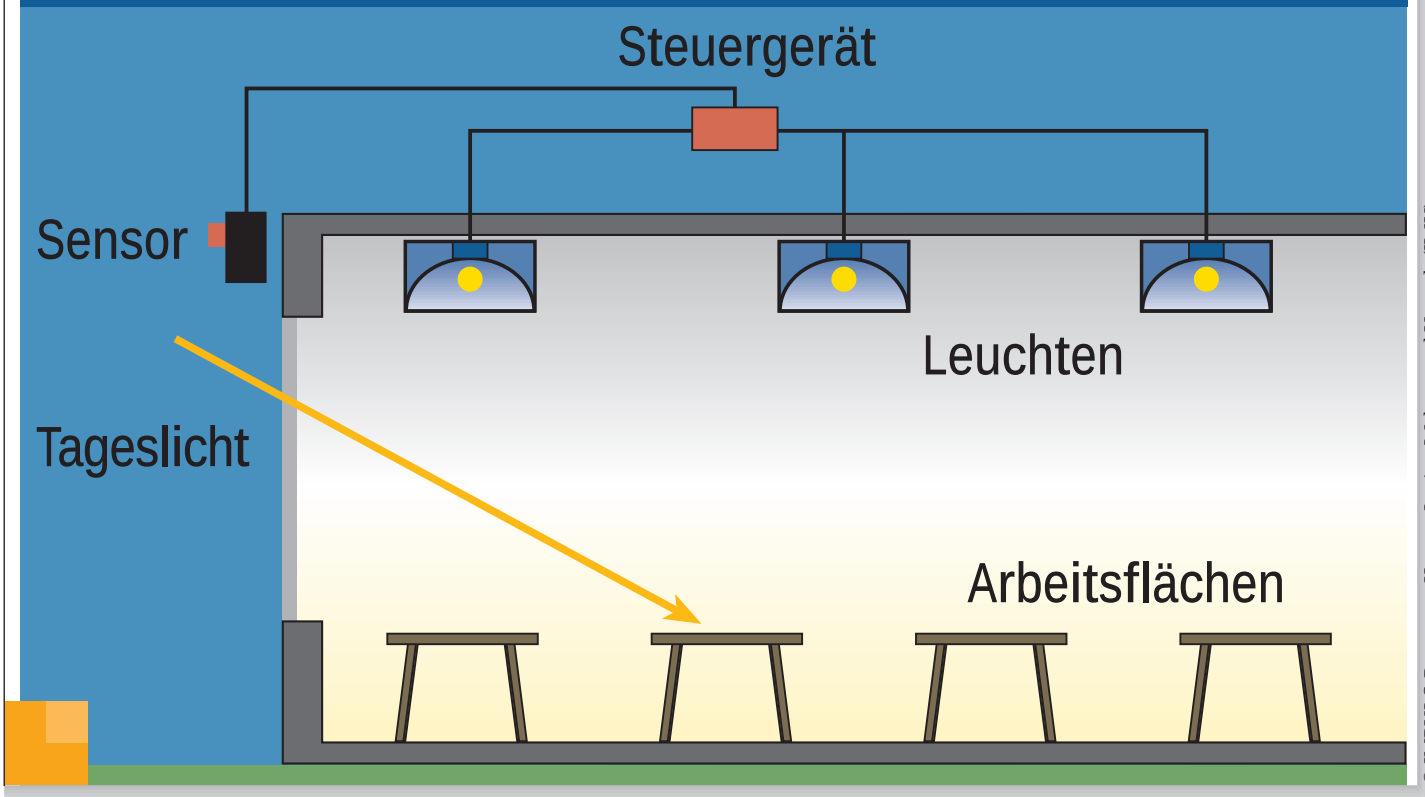
Automatische Steuerung und Regelung

IMPULS Programm Hessen

Kontinuierliche Regelung in Abh. Innenbel. im Raum



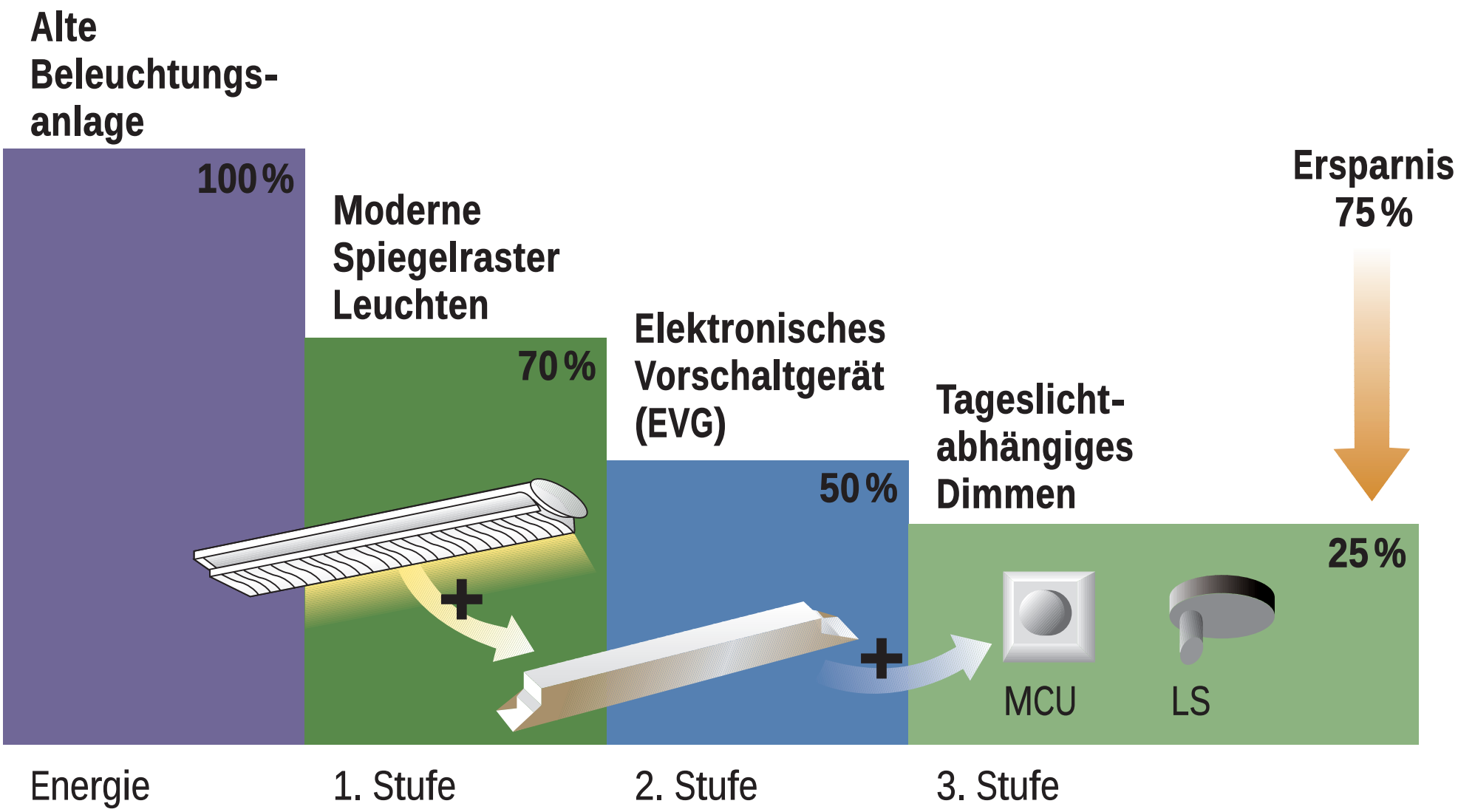
Automatisches außenlichtabhängiges Schalten



© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

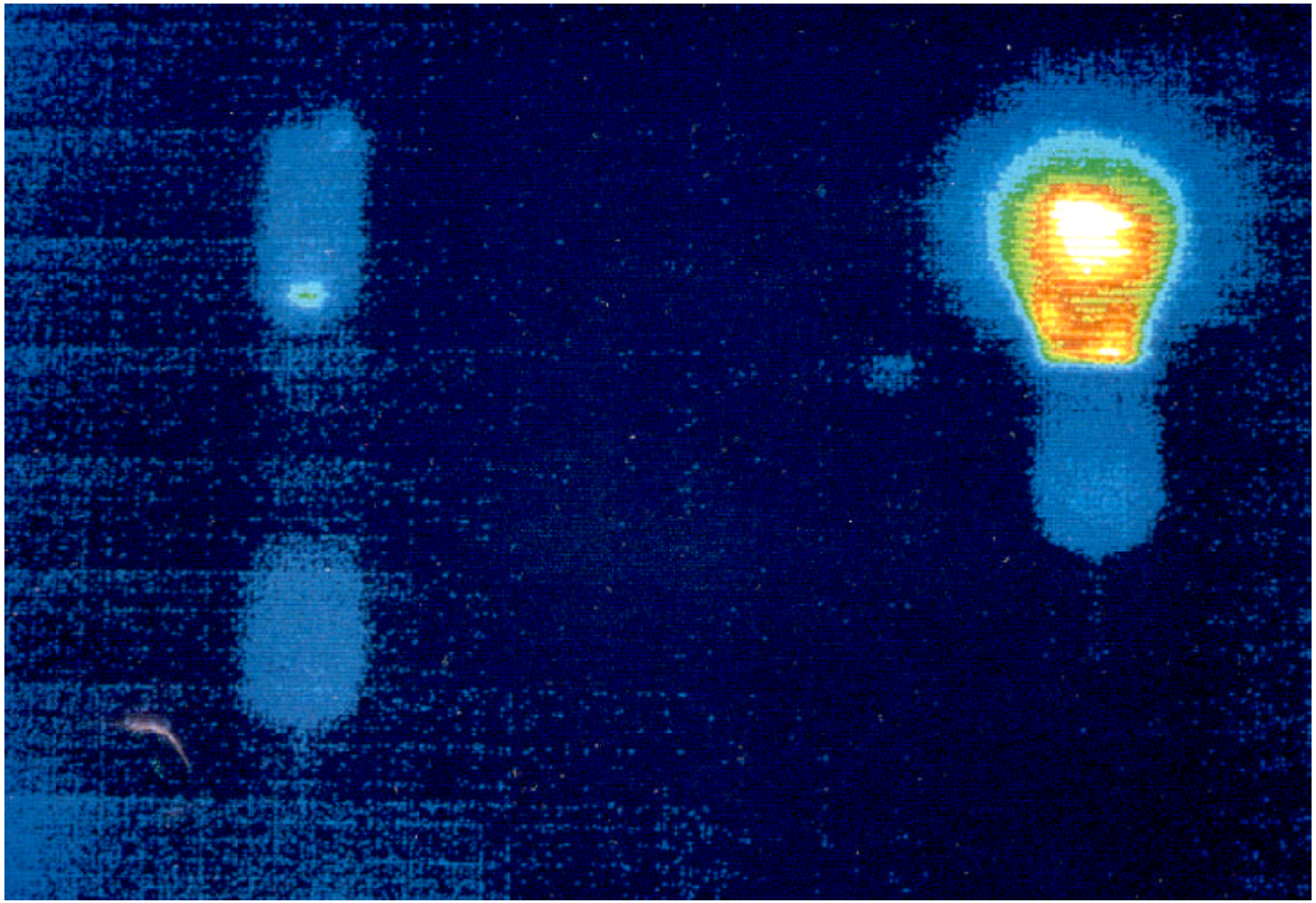
Energie sparen:
Das 3-Stufen-Programm für wirtschaftliche Beleuchtung

IMPULS Programm Hessen



© IMPULS-Programm Hessen, Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Die Glühlampe - eigentlich eine Elektroheizung



Kompaktleuchtstofflampe 11 W

Glühlampe 100 W

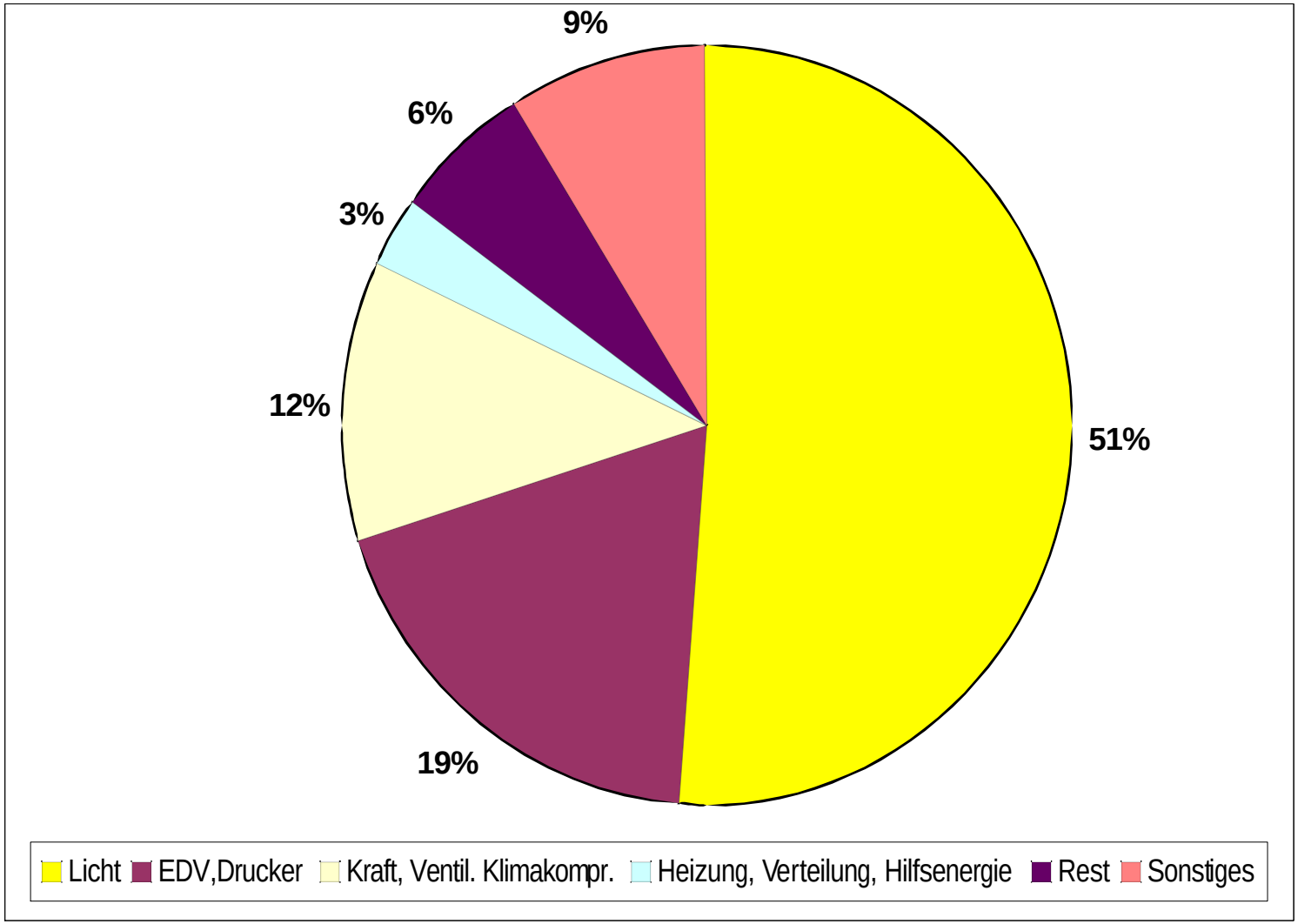
Hochbauamt Stadt Zürich, Zürich by night - einmal anders, Zürich 1988

Glühlampen verwandeln nur 5 % des Stromeinsatzes in sichtbares Licht - den Rest in Abwärme.

Glühlampen benötigen 5 mal soviel Energie wie Energiesparlampen

(C) IMPULS-Programm Hessen, IWU

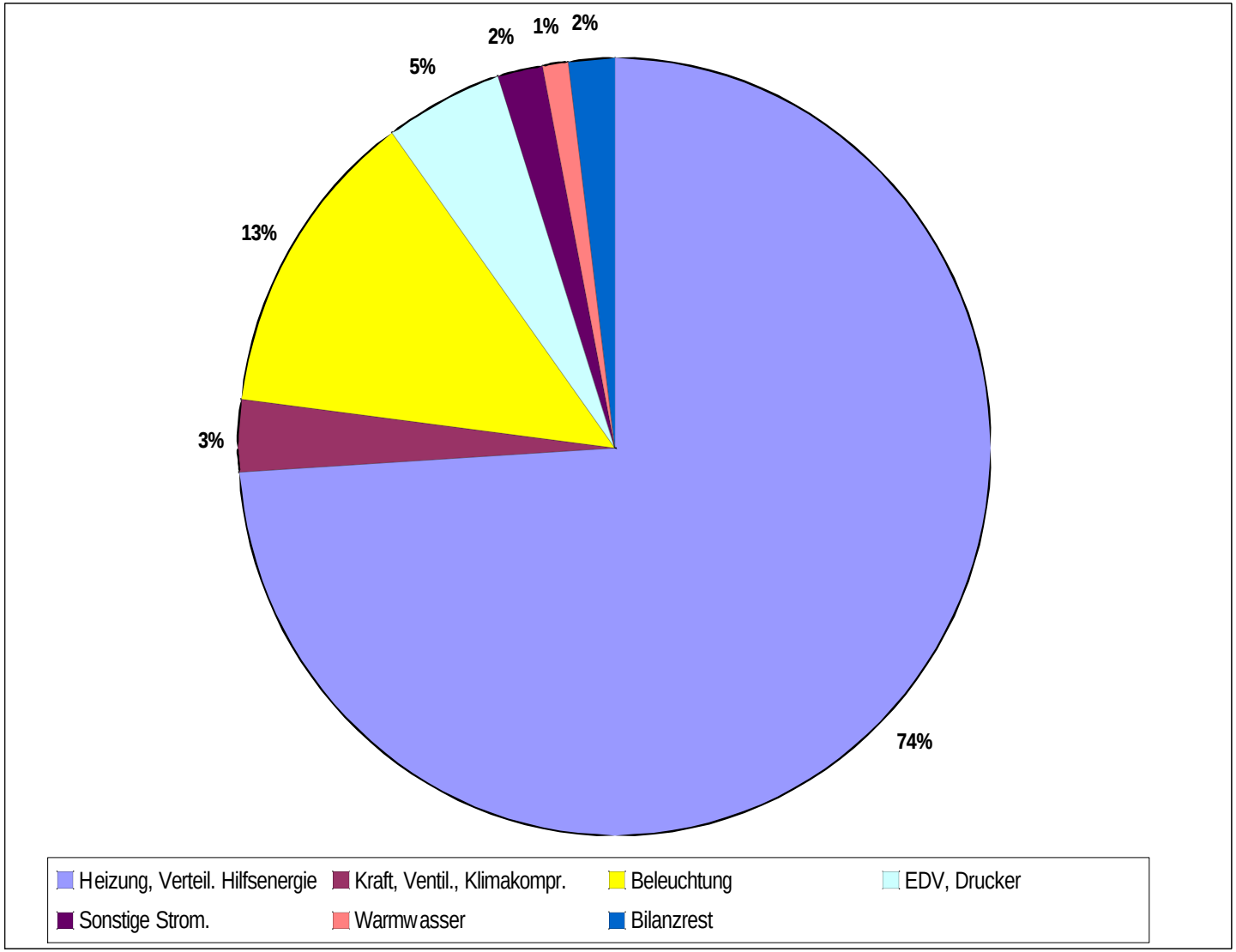
Endenergiebilanz Stromanwendungen
Sektor: Kreditinstitute und Versicherungen



Fraunhofer Institut für Systemtechni,k und Innovationsforschung, FfE, TUM, Energieverbrauch und Energieeinspa rung in Handel, Gewerbe und Dienstleistung, Karlsruhe 1998

(C) IMPULS-Programm Hessen, IWU

Endenergie-Verbrauchsstruktur einer kleinen Bankfiliale



Baujahr 1983
20 Beschäftigte

Heizenergie:
180 kWh/(m²*a)

Beleuchtungsstrom
32 kWh/(m²*a)

Total 182 MWh/a

IKARUS-Bericht, Kolmetz, Rouvel, Energieverbrauchsstrukturen im Sektor Kleinverbraucher, Jülich 1995

(C) IMPULS-Programm Hessen, IWU

Werbung von 1929 - Heute schon verwirklicht ...?

Quelle: 30 Jahre Elektrogemeinschaft EVS, Stuttgart 1979

(C) IMPULS-Programm Hessen, IWU