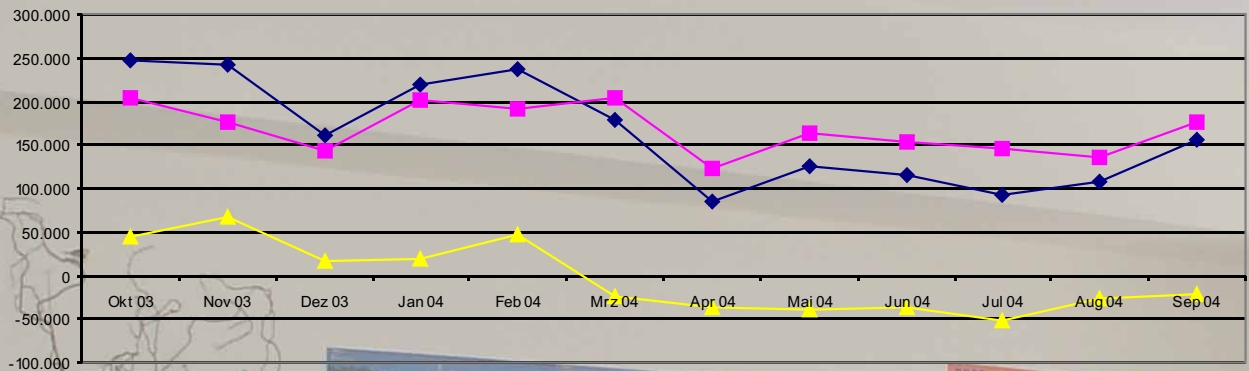




Einsparpotentiale “Alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagementsysteme”



Lichtmanagement
in den Büroräumen des
Landwirtschaftsamtes Zeulenroda

Lichtmanagement in den Büroräumen des Landwirtschaftsamtes Zeulenroda im Rahmen der Studie „Einsparungspotenziale durch alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagement-Systeme“

Verfasser: Staatsbauamt Gera
Thüringer Ministerium für Bau und Verkehr

Eckdaten Bauprojekt

Allgemein: Das Staatsbauamt Gera wurde 1999 mit der Sanierung des Landwirtschaftsamtes Zeulenroda beauftragt. Im gleichen Jahr begannen die Planungen für die komplexe Sanierung des 1985 errichteten dreigeschossigen Plattenbaus. Die Bauleistungen wurden überwiegend im Jahr 2002 durchgeführt.

Die Sanierung des 1576 m² Bruttogeschossfläche großen Verwaltungsgebäudes umfasste neben Baukonstruktion und Fassade auch alle haustechnischen Anlagen. In diesem Zusammenhang wurde u. a. die Nordwestseite, zugleich Straßenseite, aus Schallschutzgründen mit einer Vorhangfassade versehen, in die sanierte Süd-Fassade ein außenliegender Sonnenschutz (Jalousien) integriert, der Blitzschutz sowie die Heizungs-, Wasser- und Abwasseranlagen vollständig saniert. Darüber hinaus wurden die informations- und beleuchtungstechnischen Anlagen bzw. die gesamte Elektroinstallation im Gebäude ab Einspeisung des Netzbetreibers erneuert. Die Netzform wurde von TN-Netz auf TT-Netz umgestellt.

Planung: Haushaltsunterlage Bau 11/99 - 09/00
Ausführungsunterlage Bau 05/01

Ausführung: 12/01 - 12/02

Übergabe an den Nutzer: 02.12.2002

Versuchsprojekt

Allgemein: Im September 2000 wurde entschieden, das Landwirtschaftsamt Zeulenroda in die Studie „Einsparungspotenziale durch alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagement-Systeme“ einzubeziehen.

Messzeitraum: 08/03 - 09/04

Versuchsfläche: 2 x ca. 210 m²

0	Zusammenfassung des Versuchsprojektes	2
1	Einleitung	3
2	Beschreibung des Versuchsprojekts	4
2.1	Allgemein	4
2.2	Beleuchtungslösung im 1. Obergeschoss	4
2.3	Beleuchtungslösung im 2. Obergeschoss	6
3	Kostenanalyse	8
3.1	Kapitalgebundene Kosten	8
3.2	Betriebsgebundene Kosten	8
3.3	Verbrauchsgebundene Kosten	8
3.4	Jahreskosten	8
4	Messergebnisse und Auswertung	10
4.1	Zeitraum August 2003 - September 2003	10
4.2	Zeitraum Oktober 2003 bis September 2004	11
4.3	Vergleich Zeiträume August/September 2003 und August/September 2004	13
5	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	15
5.1	Befragung der Beschäftigten	15
5.2	Schlussfolgerungen für künftige Planungen und Ausführungen	15
6	Anlagen	18

0 Zusammenfassung des Versuchsprojektes

Im Rahmen des 2003/2004 im Landwirtschaftsamt Zeulenroda durchgeführten Versuchsprojektes wurde die Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit von zwei praxisrelevanten Beleuchtungssteuerungen in Büroräumen untersucht und bewertet. Die Büros im 1. und 2. Obergeschoss (OG) des Verwaltungsgebäudes wurden etagenweise mit verschiedenen Beleuchtungslösungen ausgestattet. Die technische Lösung im 1. Obergeschoss erlaubt, die Bürobeleuchtung tageslicht- und präsenzabhängig zu regeln. Die Freigabe der Regelung erfolgte zum Projektstart automatisch. Nach zwei-monatiger Versuchslaufzeit wurde die automatische Freigabe der Beleuchtung auf manuelle Freigabe umgestellt. Die Beleuchtung im 2. Obergeschoss wurde klassisch ausgeführt. Sie ist unregelt und muss manuell ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Die Auswertung des Versuchsprojektes zeigt, dass die konventionelle Beleuchtungslösung im 2. Obergeschoss wirtschaftlicher ist als die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung der Beleuchtung im 1. Obergeschoss. Über den Versuchszeitraum von einem Jahr lag der Energieverbrauch für die Bürobeleuchtung im 1. Obergeschoss zwar tendenziell niedriger als der für die konventionelle Beleuchtung im 2. Obergeschoss. Insgesamt konnten jedoch nur geringe Einsparungen nachgewiesen werden. Erwartungsgemäß schwankte der Stromverbrauch für die Bürobeleuchtung im jahreszeitlichen Verlauf. In den Sommermonaten wurde für die Beleuchtung im 1. Obergeschoss ca. 25 % weniger elektrische Arbeit als im 2. Obergeschoss benötigt. In der Übergangszeit reduzierten sich diese Einsparungen und in den Wintermonaten wurde ein Mehrverbrauch im 1. Obergeschoss registriert. Summarisch wurden die erwarteten Einsparungen bei den verbrauchsgebundenen Kosten durch Lichtregelung und präsenzabhängige Schaltung nicht erreicht.

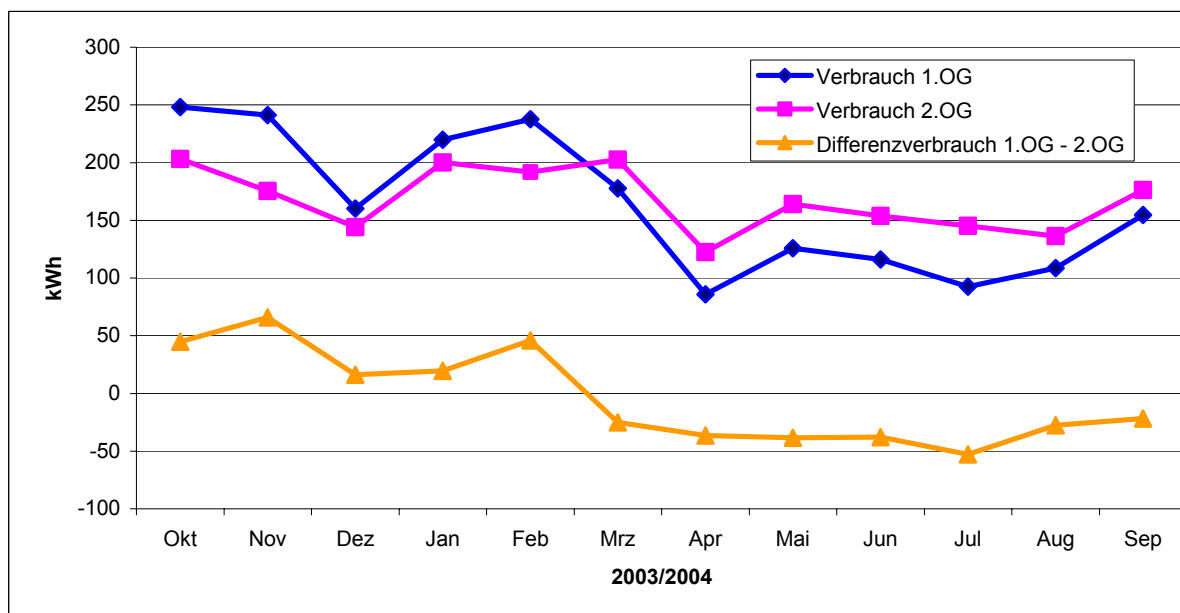


Diagramm 1: elektrische Arbeit für die Bürobeleuchtung je Monat

Das automatische Einschalten der Beleuchtung beim Betreten eines Raumes ist für die Energieeffizienz der Beleuchtungsanlage kontraproduktiv. Die Automatik erhöht die Einschaltdauer und den Elektroenergieverbrauch der Bürobeleuchtung. Die Regelung der Bürobeleuchtung sollte immer manuell durch den Nutzer freigegeben werden.

Die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung der Beleuchtung erfordert eine qualifizierte Planung und praktische Erfahrungen. Ein deutlich erhöhter Inbetriebnahmeaufwand muss eingeplant und für eine akzeptable Funktion der Beleuchtungsregelung auch geleistet werden. Es wird empfohlen, im Rahmen einer praktischen Erprobung geeignete Sensorik und die optimalen Installationsorte zu ermitteln. Einen Musterraum einzurichten, kann Betriebsprobleme vermeiden helfen.

Die Akzeptanz des Nutzers für alternative Beleuchtungslösungen setzt deren störungsfreie und praktikable Funktion voraus. Nicht plausible Einschränkungen bzw. Wirkungen der Beleuchtungsregelung führen mitunter schnell zu einer ablehnenden Haltung. Die Einweisung des Nutzers und die Erläuterung der Beleuchtungslösungen sollten zum Selbstverständnis gehören.

1 Einleitung

Während die Mehrkosten für Planung und Realisierung alternativer Beleuchtungslösungen sowie zugehöriger Steuer- und Regelkonzepte relativ einfach und sicher ermittelt werden können, lassen sich die Auswirkungen entsprechender Lösungen auf die Nutzungskosten praxisgerecht nur schwer einschätzen. Pauschale Aussagen, insbesondere zu den verbrauchsgebundenen Kosten bei unterschiedenen Beleuchtungskonzepten, helfen hier nicht wirklich weiter. Die in der Literatur bezifferten Einsparungspotenziale durch Lichtmanagement-Systeme schwanken in einem weiten Bereich von 10 – 75 %. Gesicherte und von Herstellerinteressen unabhängige Zahlen liegen jedoch kaum vor bzw. wurden nicht publiziert. Verallgemeinerungen und gesicherte Ableitungen sind insofern nicht möglich. Gerade das Einsparungspotenzial bei der elektrischen Arbeit bestimmt jedoch maßgeblich das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und damit die Entscheidung für alternative Beleuchtungslösungen.

Neben wirtschaftlichen Aspekten müssen jedoch auch die Qualität und die Praxistauglichkeit der einzelnen Beleuchtungslösungen betrachtet werden. Ohne die Akzeptanz des Nutzers ist es auf längere Sicht nicht möglich, entsprechende Systeme bestimmungs- und leistungsgemäß einzusetzen, zu nutzen und zu betreiben. Maßgeblich für die Akzeptanz des Nutzers ist die Bedienerfreundlichkeit der Lichtsysteme und deren Vorteile für den Dienstbetrieb.

Im Rahmen der Studie „Einsparungspotenziale durch alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagement-Systeme“ soll daher die praktikable Handhabung und Wirtschaftlichkeit von alternativen Beleuchtungslösungen und von Lichtmanagement-Systemen in landeseigenen Verwaltungsgebäuden untersucht werden. In diesem Zusammenhang ist keine theoretische bzw. mathematisch-wissenschaftliche Betrachtung vorgesehen. Insofern enthält der vorliegende Bericht auch keine physikalischen Grundlagen der Licht- und Beleuchtungstechnik. Vielmehr sollen die im weitestgehend realitätsnah durchgeführten Praxisprojekt ermittelten Daten und Messergebnisse dargestellt und interpretiert werden. Die Ergebnisse der Studie sollen helfen, die bisherigen Planungsgrundsätze für Beleuchtungsanlagen in den Landesdienststellen des Freistaates Thüringen fortzuschreiben und zu präzisieren. Die Beleuchtungsanlagen in den Landesdienststellen sollen künftig effizienter sowie umwelt- und praxisgerechter ausgeführt werden.

Im Zeitraum Juli 2000 bis Juni 2001 wurde im Finanzamt Pößneck das erste Versuchsprojekt im Rahmen dieser Studie durchgeführt. Hier wurden insbesondere verschiedene Lösungen des Lichtmanagements in Verkehrswegen auf praktikable Handhabung, Wirtschaftlichkeit und Effizienz untersucht. Nach erfolgreichem Abschluss des einjährigen Versuchszeitraums konnten erste Schlussfolgerungen für die Ausführung der Flurbeleuchtung in Verwaltungsgebäuden gezogen werden. Bei laufenden Baumaßnahmen werden diese Ergebnisse bereits berücksichtigt. Darüber hinaus konnten im Rahmen des ersten Versuchsprojektes wichtige Erfahrungen für die Durchführung der beiden weiteren Versuchsprojekte, das Landwirtschaftsamt Zeulenroda und das Umweltamt Sondershausen, gewonnen werden.

Dieser Abschlussbericht beschreibt das über einen Zeitraum von 14 Monaten durchgeführte Versuchsprojekt "Lichtmanagement in den Büroräumen des Landwirtschaftsamtes Zeulenroda", erläutert die Messergebnisse und fasst die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen zusammen.

2 Beschreibung des Versuchsprojekts

2.1 Allgemein

Im Landwirtschaftsamt Zeulenroda wurden zwei Möglichkeiten der Schaltung bzw. Regelung der Beleuchtung in Büroräumen untersucht und bewertet. In das Versuchsprojekt wurden die Büroräume im 1. und 2. Obergeschoss des Verwaltungsgebäudes einbezogen. Grundriss und Nutzung beider Etagen sind weitgehend vergleichbar. In der ersten Etage wurde die Bürobeleuchtung präsenzabhängig geschaltet und außenlichtabhängig geregelt. In den Büros der zweiten Etage wurde die unregelmäßige Beleuchtung konventionell ein- und ausgeschaltet. Die Beleuchtungsanlagen selbst wurden nach DIN 5035 geplant.

Im Versuchszeitraum von 14 Monaten wurde die elektrische Arbeit für die Bürobeleuchtung der in den Versuch einbezogenen Räume je Geschoss über busfähige Verbrauchszähler erfasst. Neben dem Energieverbrauch für die Bürobeleuchtung je Etage wurde auch die Anwesenheit, d. h. die Belegung der Büros, ermittelt. Hintergrund war die relativ geringe Anzahl der in den Versuch einbezogenen Büroräume. Es sollte die Möglichkeit bestehen, eine eventuell unterschiedliche Nutzungshäufigkeit bzw. -dauer der Räume je Etage in die Auswertung einzubeziehen. Die Messergebnisse sollten auch unter Berücksichtigung der Anwesenheit interpretiert und wenn nötig relativiert werden können.

Für die Schaltung und Regelung der Beleuchtung im 1. und 2. Obergeschoss sowie die Erfassung und Weiterleitung der Messergebnisse wurde der Europäische-Installations-BUS (EIB) eingesetzt. Die Taster, Energieverbrauchszähler, Präsenzmelder mit und ohne integrierten Lichtfühler wurden als EIB-Feldgeräte ausgeführt. Das Managementsystem B-CON diente der Langzeitspeicherung, der Auswertung von Anwesenheit und Elektroenergieverbrauch sowie der Visualisierung.

2.2 Beleuchtungslösung im 1. Obergeschoss

Im 1. Obergeschoss wurden die Räume 106 bis 110 sowie die Räume 112 bis 117 in das Versuchsprojekt einbezogen.

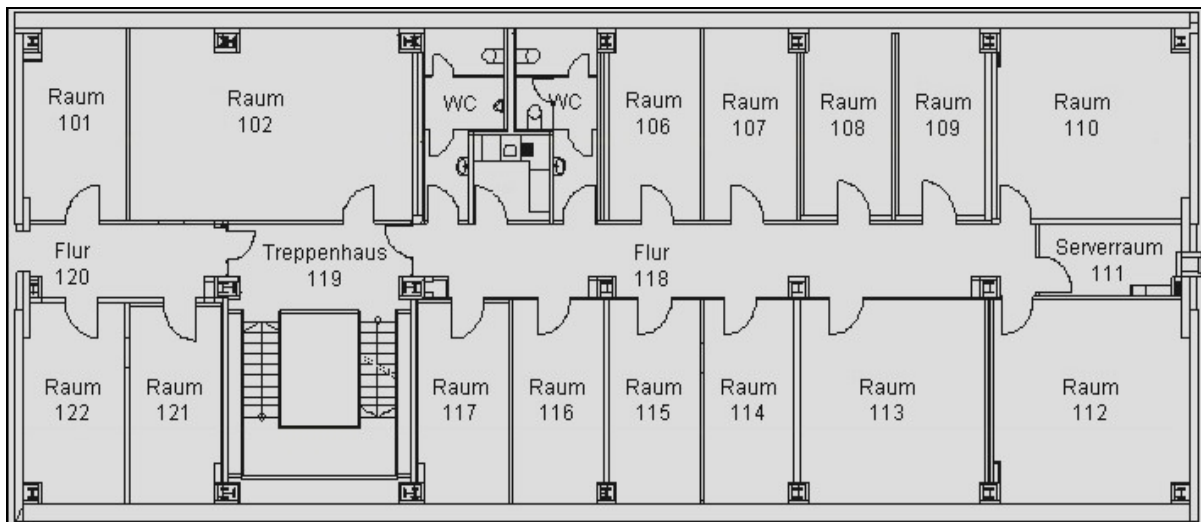


Abbildung 1: Grundriss 1. Obergeschoss

Diese Büroräume haben folgende Geometrie und beleuchtungstechnische Ausstattung:

Raum-Nr.	Länge [m]	Breite [m]	Höhe [m]	Fläche [m ²]	Systemleistung Beleuchtung je Raum [W]
106 - 109	3,00	4,70	2,90	14,10	2 x 70
110	6,00	4,70	2,90	28,20	4 x 70
112 - 113	6,00	5,00	2,90	30,00	4 x 70
114 - 117	3,00	5,00	2,90	15,00	2 x 70
Gesamt 1. OG				204,60	1.960

Tabelle 1: Angaben zu Büroräumen 1. Obergeschoss

Die deckenmontierten Spiegelrasterleuchten im 1. Obergeschoss sind mit Dynamik-EVG, d. h. mit **dimmbarem** elektronischen Vorschaltgerät ausgestattet. Die Leuchten verfügen über 2 x 36 W T8-Leuchtstofflampen. In den Räumen sind EIB-Taster und Präsenzmelder (teilweise mit integriertem Lichtfühler) zur präsenzabhängigen Schaltung und tageslichtabhängigen Regelung der Beleuchtung installiert.



Abbildung 2: Raum 112, Ansicht Fensterseite

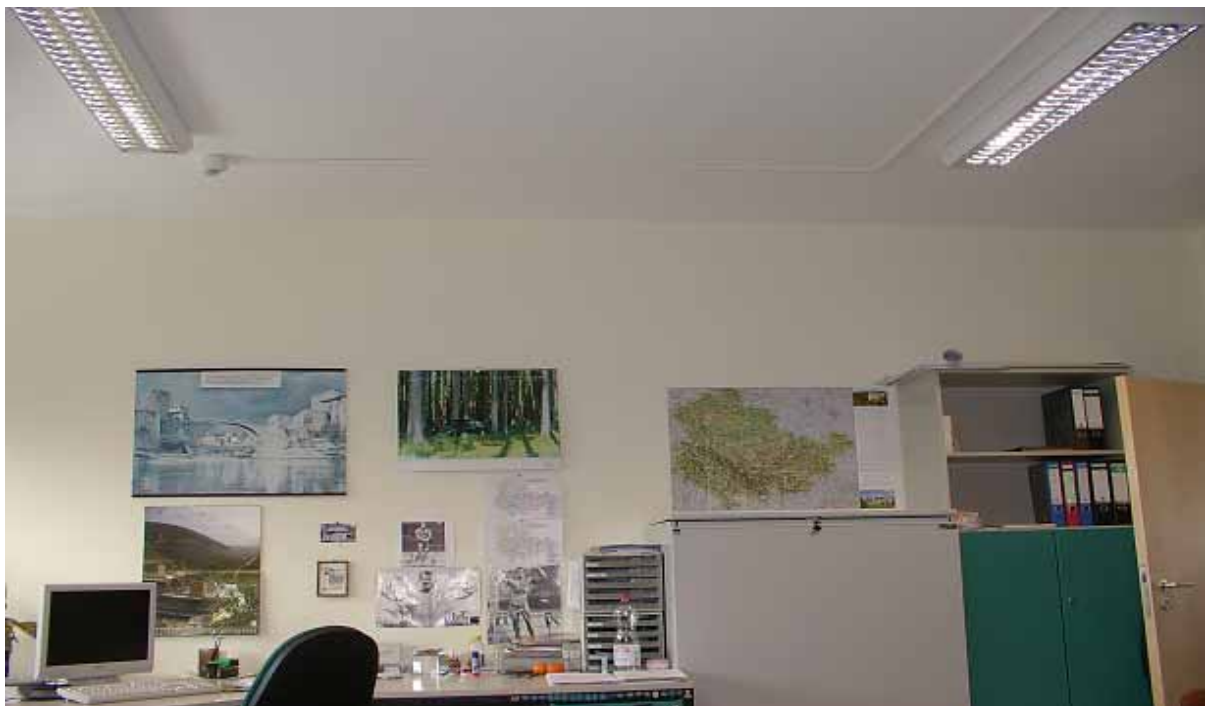


Abbildung 3: Raum 112, Ansicht Flurseite

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen den Büroraum 112 mit 3 Arbeitsplätzen. Neben der Möblierung sind die Langfeldleuchten einschließlich die den Arbeitsplätzen zugeordnete Sensorik ersichtlich. Für die weit auseinanderliegenden Arbeitsplätze sind drei Präsenzmelder und ein Lichtfühler erforderlich. Die Vorhangfassade ist andeutungsweise zu erkennen.

Die Beleuchtung der Büroräume wurde gemäß DIN 5035 auf eine mittlere Beleuchtungsstärke von $E_m = 500 \text{ lx}$ ausgelegt. Zum Zeitpunkt der Abnahme betrug die mittlere Beleuchtungsstärke bei ungedimmter Beleuchtung unter Berücksichtigung des Wartungsfaktors von 0,8 ca. 625 lx.

Beschreibung des Versuchsprojekts

Die Beleuchtungsstärke wird in Abhängigkeit des einfallenden Außenlichts in der Arbeitsebene konstant auf $E_m = 500 \text{ lx}$ gehalten. Der in jedem Raum an der Decke montierte Lichtfühler erfasst dazu ständig die aktuelle Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich und liefert die entsprechenden Werte zur automatischen Regelung der Beleuchtung. Vor Beginn des Messzeitraums waren hierzu mehrere Messungen, Abgleiche und Einregulierungen durchzuführen. Nach diesen relativ zeitaufwendigen Maßnahmen wurde eine Beleuchtungsstärke von $E_m = 500 \text{ lx}$ in der Arbeitsebene weitgehend sicher gewährleistet.

Im Auswertezeitraum wurden zwei verschiedene Schaltungsvarianten getestet:

Zeitraum 01.08.2003 bis 30.09.2003:

Bei Anwesenheit (Präsenz) von Personen im Raum schaltet sich die Beleuchtung automatisch ein. Solange der Präsenzmelder mindestens eine Person im Raum detektiert, bleibt die Beleuchtung eingeschaltet. Bei Abwesenheit schaltet sich die Beleuchtung nach einer Nachlaufzeit von ca. neun Minuten automatisch aus. Die Beleuchtungsstärke beträgt bei Anwesenheit konstant $E_m = 500 \text{ lx}$. Die Personen im Raum haben keinen Einfluss auf die durch die Konstantlichtregelung vorgegebene Beleuchtungsstärke.

Zeitraum 01.10.2003 bis 30.09.2004:

Die Bürobeleuchtung ist manuell einzuschalten. Solange der Präsenzmelder mindestens eine Person im Raum detektiert, bleibt die Beleuchtung eingeschaltet. Bei Abwesenheit schaltet sich die Beleuchtung nach der eingestellten Nachlaufzeit von ca. neun Minuten automatisch aus. Die Beleuchtungsstärke beträgt bei Anwesenheit konstant $E_m = 500 \text{ lx}$. Die Personen im Raum haben keinen Einfluss auf die durch die Konstantlichtregelung vorgegebene Beleuchtungsstärke.

2.3 Beleuchtungslösung im 2. Obergeschoss

Im 2. Obergeschoss wurden die Räume 208 bis 212 sowie die Räume 214 bis 220 in das Versuchsprojekt einbezogen.

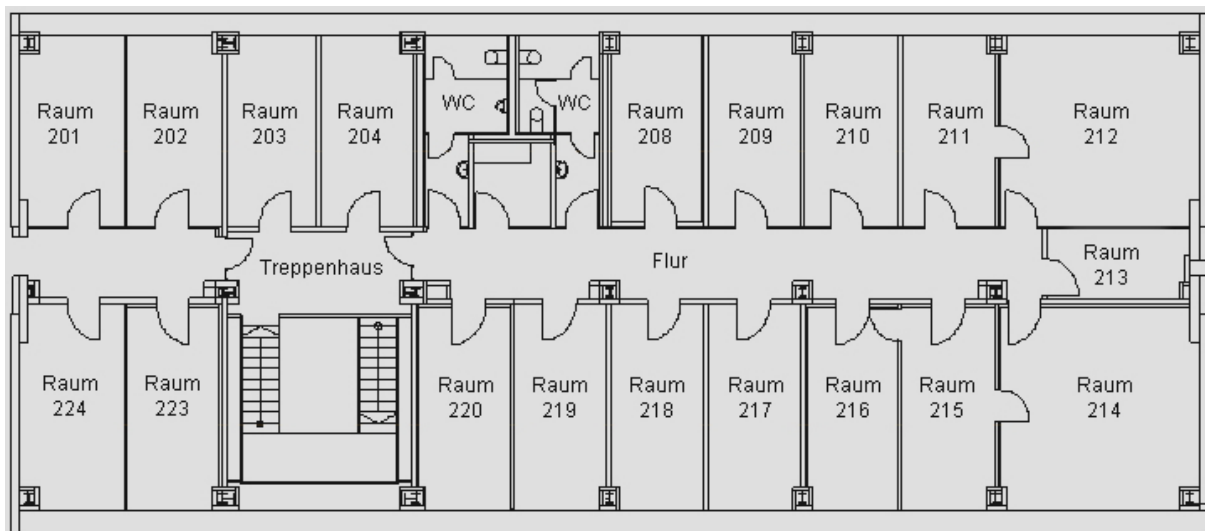


Abbildung 4: Grundriss 2. Obergeschoss

Diese Büroräume haben folgende Geometrie und beleuchtungstechnische Ausstattung:

Raum-Nr.	Länge [m]	Breite [m]	Höhe [m]	Fläche [m ²]	Systemleistung Beleuchtung je Raum [W]
208 - 211	3,00	4,70	2,90	14,10	2 x 70
212	6,00	4,70	2,90	28,20	4 x 70
214	6,00	5,00	2,90	30,00	1 x 78, 2 x 30,5
215 - 220	3,00	5,00	2,90	15,00	2 x 70
Gesamt 2. OG				204,60	1.819

Tabelle 2: Angaben zu Büroräumen 2. Obergeschoss

Die deckenmontierten Spiegelrasterleuchten im 2. Obergeschoss verfügen über Standard-EVG, d. h. **Konstant**-EVG. Die Leuchten sind mit 2 x 36 W T8-Leuchtstofflampen ausgestattet. Lediglich im Raum 214 sind T5-Leuchtstofflampen eingesetzt. Die Leuchten sind aus technischen Gründen über Taster und Stromstoßschalter manuell zu schalten. Die künstliche Beleuchtungsstärke ist unabhängig vom Tageslichtanfall. Zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme betrug die künstliche Beleuchtungsstärke unter Berücksichtigung des Planungsfaktors ca. 625 lx. Nach Abschluss des Versuchsprojektes wurde noch eine mittlere Beleuchtungsstärke von ca. 600 lx gemessen.

Die im Raum installierten Präsenzmelder besitzen keinen Lichtfühler und dienen lediglich der Anwesenheitserfassung. Die Anwesenheit in den Räumen wird - wie im Abschnitt 2.1 beschrieben - zur Auswertung benötigt. Die vorbeschriebene Schaltungsvariante wurde im gesamten Auswertzeitraum nicht geändert.

Abweichend von allen Büroräumen im 1. und 2. Obergeschoss sind im Raum 214 (Amtsleiter) abgependelte Spiegelrasterleuchten mit T5-Leuchtstofflampen installiert. Die Summe der Systemleistungen der Leuchten in beiden Etagen ist dadurch unterschiedlich. Die Differenz beträgt absolut 141 W bzw. relativ 7,75 % (siehe Tabellen 1 und 2). Bezogen auf die installierte Gesamtleistung aller Leuchten je Etage ist dieser Unterschied relativ gering. Diese Differenz ist jedoch bei der Auswertung zu berücksichtigen.

3 Kostenanalyse

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten der beiden Beleuchtungslösungen zu ermitteln und miteinander zu vergleichen.

3.1 Kapitalgebundene Kosten

Die Investitionskosten für die Beleuchtungsanlagen in der 1. und 2. Etage wurden der Abrechnung des Bauauftrages entnommen. Zur Vereinfachung wurden jeweils nur die Komponenten der Beleuchtungsanlage betrachtet, die von der Beleuchtungsanlage des jeweils anderen Geschosses abweichen. Die Kosten für die Visualisierung und Auswertung des Pilotprojektes blieben unberücksichtigt.

lfd. Nr.	Leistung	Menge	EP [€]	GP [€]
1	Instabus Argus Präsenz	11	189,00	2.079,00
2	EIB- Installation	psch	3.250,00	3.250,00
3	Inbetriebnahme EIB-Schnittstelle	psch	1.955,00	1.955,00
4	Anbauleuchte 2x36 EVG dimmbar	28	108,40	3.035,20
1. OG				10.319,20

Tabelle 3: Vergleichsrelevante Kosten Beleuchtungsanlage 1. Obergeschoss

lfd. Nr.	Leistung	Menge	EP [€]	GP [€]
1	Stromstoßschalter	11	14,00	154,00
2	Taster 1-polig	11	9,40	103,40
3	Präsenzmelder ohne Lichtfühler (nur zur Information)	11	160,00	0,00
4	Anbauleuchte 2x36 mit EVG	28	83,50	2.338,00
2. OG				2.595,40

Tabelle 4: Vergleichsrelevante Kosten Beleuchtungsanlage 2. Obergeschoss

Die Investitionskosten für die Beleuchtungsvariante im 1. Obergeschoss liegen um 7.723,80 € höher als im 2. Obergeschoss.

Aus der Annahme einer 15-jährigen Nutzungszeit für die Beleuchtung und eines Zinssatzes von 6 % für das eingesetzte Kapital ergibt sich eine Annuität von 10,3 %. Die kapitalgebundenen Kosten enthält Tabelle 5.

3.2 Betriebsgebundene Kosten

Die betriebsgebundenen Kosten (Bedienung, Reinigung, Instandhaltung) werden mit 2 % der Investitionskosten angesetzt. Folglich ergeben sich für das 1. Obergeschoss betriebsgebundene Kosten in Höhe von 206,40 €/a und für das 2. Obergeschoss von 51,91 €/a.

3.3 Verbrauchsgebundene Kosten

Die Messergebnisse des Elektroenergieverbrauchs sowie die verbrauchsgebundenen Kosten für die Bürobeleuchtung im 1. und 2. Obergeschoss enthält Abschnitt 4. Der Berechnung liegt ein Arbeitspreis von 14,57 Cent/kWh zugrunde.

Mit Bezug auf Abschnitt 4.2 wurden für die Bürobeleuchtung in beiden Geschossen verbrauchsgebundene Kosten in gleicher Höhe von jeweils 290 €/a unterstellt.

3.4 Jahreskosten

Die jährlichen Kosten für die Beleuchtungsanlagen im 1. und 2. Obergeschoss sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Kostengruppe	1. OG	2. OG	Differenz 1. OG - 2. OG
Kapitalgebundene Kosten in €/a	1.062,88	267,33	795,55
Betriebsgebundene Kosten in €/a	206,40	51,91	154,49
Verbrauchsgebundene Kosten in €/a	290,00	290,00	0,00
Jahreskosten in €/a			950,04

Tabelle 5: Jahreskosten der Beleuchtungsanlagen im 1. und 2. Obergeschoss

Die Mehrkosten der Beleuchtung im 1. Obergeschoss betragen pro Jahr 950 €.

Für weitergehende Angaben und Informationen wird auf den Anhang verwiesen.

4 Messergebnisse und Auswertung

Im Rahmen des Projektes wurden im 1. Obergeschoss zwei Schaltungsvarianten ausgeführt und getestet (s. Abschnitt 2.2). Die Messergebnisse werden daher getrennt für die beiden Untersuchungszeiträume

- 01.08.2003 bis 30.09.2003
- 01.10.2003 bis 30.09.2004

ausgewiesen und ausgewertet.

Der Untersuchungszeitraum 01.08.2003 bis 30.09.2003 wird direkt mit dem Messzeitraum 01.08.2004 bis 30.09.2004 verglichen.

4.1 Zeitraum August 2003 - September 2003

Tabelle 6 dokumentiert den im Untersuchungszeitraum 01.08.2003 bis 30.09.2003 ermittelten Energieverbrauch sowie die berechneten verbrauchsgebundenen Kosten für die Bürobeleuchtung.

Monat	Energieverbrauch/ Kosten 1. OG		Energieverbrauch/ Kosten 2. OG		Mehrverbrauch/Mehrkosten 1. OG		
	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	%
Aug. 2003	195,7	28,5	107,5	15,7	88,2	12,9	82
Sep. 2003	242,7	35,3	160,6	23,4	82,1	12,0	51

Tabelle 6: Energieverbrauch und Stromkosten im Zeitraum 01.08.2003 bis 30.09.2003

Im Untersuchungszeitraum lag der unkorrigierte Energieverbrauch der Bürobeleuchtung im lichtgeregelten 1. Obergeschoss um über 60 % höher als im konventionell ausgestatteten 2. Obergeschoss.

Im Untersuchungszeitraum 01.08.2003 bis 30.09.2003 wurden folgende Anwesenheiten von den Präsenzmeldern erfasst.

Monat	Anwesenheit 1. OG	Anwesenheit 2. OG	Verhältnis der Anwesenheiten
	[h]	[h]	(Bezug 1. OG)
Aug. 2003	1.220	1.513	1,24
Sep. 2003	1.350	1.656	1,23

Tabelle 7: Anwesenheit im Zeitraum 01.08.2003 bis 30.09.2003

Im Versuchszeitraum lag die Anwesenheit im 2. Obergeschoss um über 20 % höher als im 1. Obergeschoss. Diese unerwartet hohe Abweichung führt dazu, dass die in der Tabelle 6 für beide Geschosse ausgewiesenen Energieverbräuche nicht direkt vergleichbar sind. Der Energieverbrauch im 1. Obergeschoss würde bei vergleichbarer Anwesenheit höher als der in Tabelle 6 ausgewiesene sein. Die lineare Hochrechnung des Energieverbrauches im 1. Obergeschoss ist jedoch nicht praxisgerecht, da u. a. auch der Zeitverlauf der Anwesenheit die hieraus resultierende Verbrauchserhöhung beeinflusst. Darüber hinaus verfälscht die im 2. Obergeschoss installierte geringere Systemleistung der Langfeldleuchten die Messergebnisse. Auch hier ist eine lineare Beaufschlagung der Messergebnisse im 2. Obergeschoss mit 7,75 % nicht zielführend. Diese Hochrechnung setzt eine gleichmäßige Nutzung aller Büroräume voraus. Insofern sind Tabelle 8 und Diagramm 2 mit den jeweils linear durchgeführten Korrekturen nur informativ zu sehen.

Monat	Energieverbrauch 1. OG korrigiert	Energieverbrauch 2. OG korrigiert	Mehrverbrauch 1. OG korrigiert	
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	%
Aug. 2003	242,7	115,8	126,9	110
Sep. 2003	298,5	173,0	125,4	73

Tabelle 8 (nur informativ): korrigierter Verbrauch im Zeitraum 01.08. bis 30.09.2003

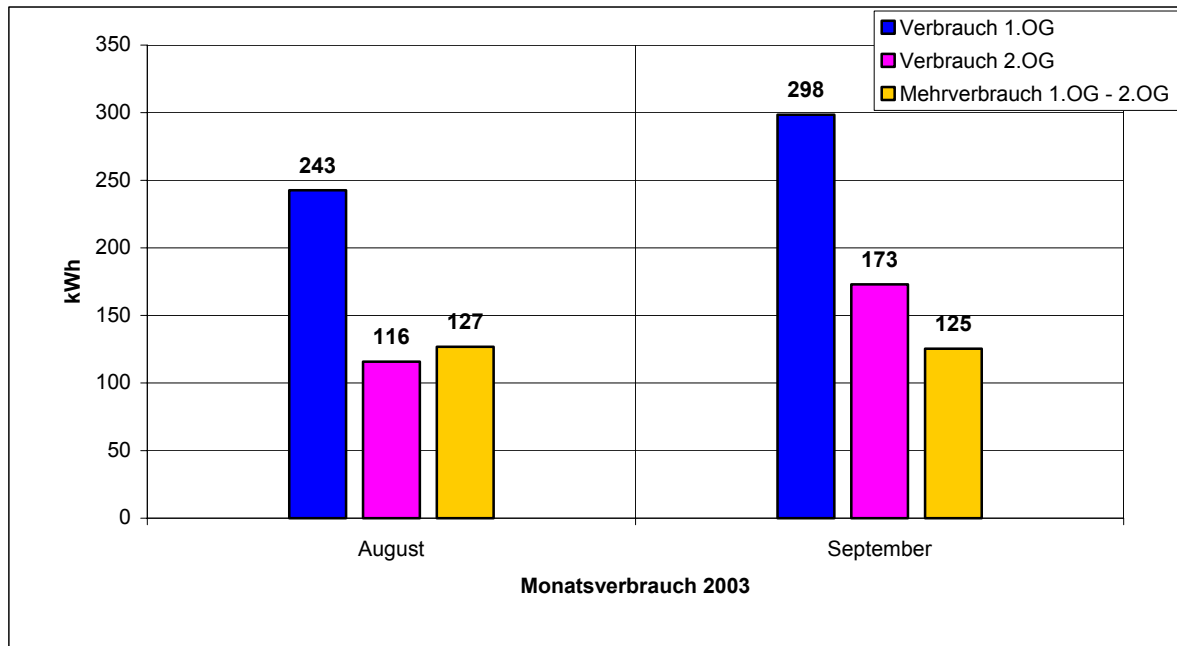


Diagramm 2 (nur informativ): korrigierte elektrische Arbeit Bürobeleuchtung, Monate August, September 2003

In den Monaten August und September ist das natürliche Tageslicht im Jahresvergleich durch- bis überdurchschnittlich. Die Tageslichtkurven beider Monate, d. h. die Verläufe der Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit der Tageszeit überstreichen eine große Fläche. Entsprechend dem Tageslichtquotienten der Räume stellt sich eine mittlere bis hohe Beleuchtungsstärke im Raum durch Tageslicht ein. Insofern erscheint das Messergebnis mit dem deutlichen Mehrverbrauch im 1. Obergeschoss unlogisch.

Das Ergebnis leitet sich aus dem Nutzerverhalten ab. Die Mitarbeiter in den Büros im 2. Obergeschoss schalten die Bürobeleuchtung weniger ein. Sie bewerten die Lichtverhältnisse, die im Raum durch das über die Fensterflächen einfallende Tageslicht entstehen, individuell und subjektiv als ausreichend. In Anbetracht der Messergebnisse müssen die Mitarbeiter auch Beleuchtungsstärken von kleiner 500 lx teil- bzw. zeitweise als ausreichend bewerten. Im August und September 2003 war die Bürobeleuchtung im 2. Obergeschoss im Durchschnitt ca. 50 % der Arbeitszeit eingeschaltet.

Die Mitarbeiter im 1. Obergeschoss hatten demgegenüber keinen Einfluss auf das Ein- und Ausschalten der künstlichen Beleuchtung. Beim Betreten des Raumes wird durch den Präsenzmelder Anwesenheit detektiert. Sofern der Lichtfühler im Raum eine Beleuchtungsstärke von weniger als 500 lx misst, schaltet die Beleuchtung zwangsläufig und tageslichtabhängig gedimmt ein. Beim Schließen bzw. Öffnen der Jalousie gleicht sich die Beleuchtungsstärke im Raum automatisch auf $E_m = 500 \text{ lx}$ an. Die Beleuchtung schaltet ca. neun Minuten nach Verlassen des Raumes automatisch aus. Die Einschaltzeit der Bürobeleuchtung im 1. Obergeschoss betrug auf Basis von Vollbenutzungsstunden ca. 70 % der Arbeitszeit. Die tatsächliche Brenndauer der Beleuchtung lag unter Berücksichtigung der Regelung noch deutlich höher.

Die Reduzierung des Energieverbrauches, die bei gleichzeitigem Betrieb der Beleuchtung in beiden Etagen durch das Dimmen der Beleuchtung im 1. Obergeschoss erzielt wird, ist nicht ausreichend, den Mehrverbrauch aus der längeren "gedimmten Betriebsphase" im 1. Obergeschoss auszugleichen.

4.2 Zeitraum Oktober 2003 bis September 2004

Tabelle 9 dokumentiert den im Untersuchungszeitraum 01.10.2003 bis 30.09.2004 ermittelten Energieverbrauch sowie die berechneten verbrauchsgebundenen Kosten für die Bürobeleuchtung.

Messergebnisse und Auswertung

Monat	Energieverbrauch 1. OG		Energieverbrauch 2. OG		Differenz Verbrauch 1. OG - 2. OG		
	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	%
Okt 03	248,0	36,1	203,1	29,6	44,9	6,5	22
Nov 03	241,3	35,1	175,4	25,5	65,9	9,6	38
Dez 03	160,3	23,4	144,2	21,0	16,1	2,4	11
Jan 04	219,8	32,0	200,3	29,2	19,5	2,8	10
Feb 04	237,7	34,6	191,8	27,9	45,9	6,7	24
Mrz 04	177,7	25,9	202,7	29,5	-25,0	-3,6	-12
Apr 04	85,9	12,5	122,4	17,8	-36,5	-5,3	-30
Mai 04	125,7	18,3	164,2	23,9	-38,5	-5,6	-23
Jun 04	116,2	16,9	153,9	22,4	-37,7	-5,5	-25
Jul 04	92,4	13,5	145,3	21,2	-52,9	-7,7	-36
Aug 04	108,6	15,8	136,3	19,8	-27,7	-4,0	-20
Sep 04	154,6	22,5	176,4	25,7	-21,8	-3,2	-12
Gesamt	1968,2	286,6	2016,0	293,5	-47,8	-6,9	-2

Tabelle 9: Energieverbrauch im Zeitraum 01.10.2003 bis 30.09.2004

Im Jahresdurchschnitt wurde im 1. Obergeschoss unbereinigt 2 % weniger Elektroenergie verbraucht.

Der Energieverbrauch im 1. Obergeschoss beinhaltet systembedingt auch den Eigenverbrauch des EIB-Bussystems und der EIB-Komponenten. Der Eigenverbrauch wurde mit ca. 0,52 kWh/Tag ermittelt. Der Anteil des EIB-Eigenverbrauches am Gesamtverbrauch der Beleuchtung im 1. Obergeschoss betrug damit im Jahresdurchschnitt ca. 9,5 %.

Diagramm 3 zeigt den monatlichen Elektroenergieverbrauch für die Bürobeleuchtung im 1. und 2. Obergeschoss des Landwirtschaftsamtes Zeulenroda sowie die Verbrauchsdifferenz beider Etagen über den Versuchszeitraum von einem Jahr.

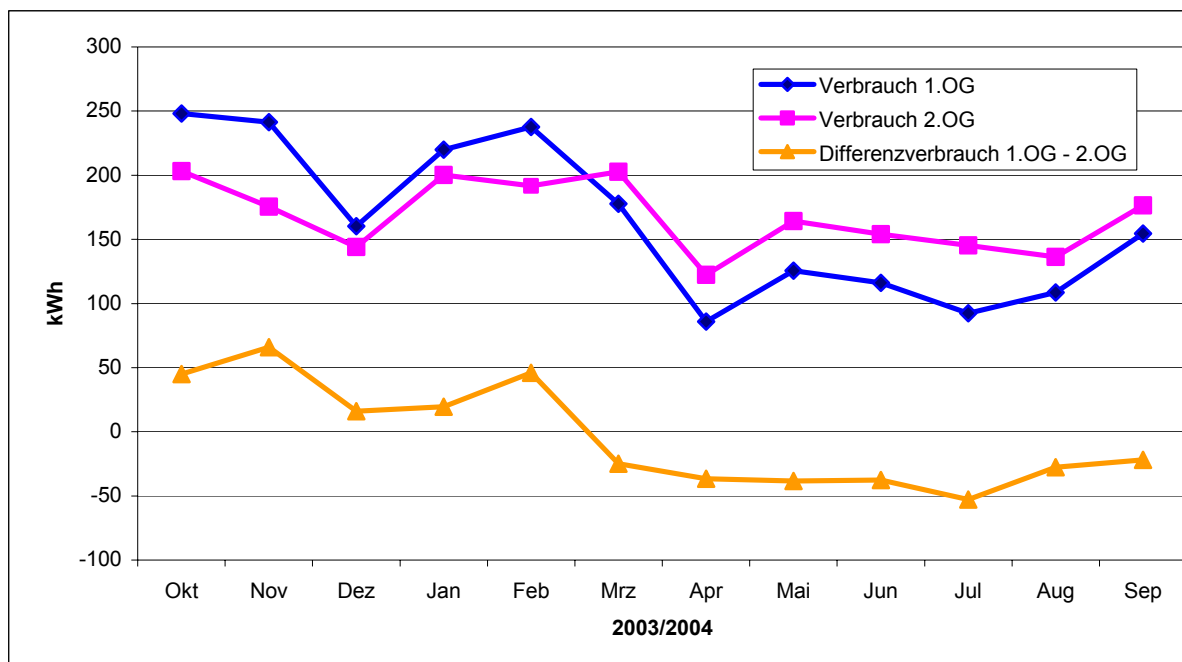


Diagramm 3: elektrische Arbeit für die Bürobeleuchtung je Monat im Zeitraum 01.10.2003 bis 30.09.2004

Der jahreszeitliche Verlauf des Tageslichtes spiegelt sich in den Verbrauchskurven für die Beleuchtung im 1. und 2. Obergeschoss wieder. Der Energieverbrauch für die Beleuchtung liegt in den Sommermonaten tendenziell niedriger. Mit abnehmendem Tageslicht steigt der Energieverbrauch wieder an. Die Verlaufskurven verdeutlichen den Einfluss der Lichtregelung, die im März 2004 erstmals zu einer Energieverbrauchseinsparung im Vergleich zum 2. Obergeschoss führte. Die Lichtregelung im 1. Obergeschoss erhöht die Schwankungsbreite des monatlichen Energieverbrauchs.

Im Untersuchungszeitraum wurden von den Präsenzmeldern folgende Anwesenheiten erfasst.

Monat	Anwesenheit 1. OG	Anwesenheit 2. OG	Verhältnis der Anwesenheiten
	[h]	[h]	(Bezug 1. OG)
Okt 03	1.501	1.854	1,24
Nov 03	1.361	1.475	1,08
Dez 03	940	1.222	1,30
Jan 04	1.346	1.710	1,27
Feb 04	1.502	1.614	1,07
Mrz 04	1.546	1.995	1,29
Apr 04	893	1.438	1,61
Mai 04	1.065	1.617	1,52
Jun 04	1.229	1.781	1,45
Jul 04	1.019	1.608	1,58
Aug 04	1.222	1.561	1,28
Sep 04	1.385	1.915	1,38
Gesamt	15.009	19.790	1,32

Tabelle 10: Anwesenheit im Zeitraum 01.10.2003 bis 30.09.2004

Im Versuchszeitraum lag die Anwesenheit im 2. Obergeschoss über 30 % höher als im 1. Obergeschoss. Die in der Tabelle 9 für beide Geschosse ausgewiesenen Energieverbräuche sind daher nicht direkt vergleichbar. Die diesbezüglichen Ausführungen im Abschnitt 4.1 gelten insofern auch für den Versuchszeitraum 01.10.2003 bis 30.09.2004.

Auf die Korrektur der Verbrauchswerte in Tabelle 9 bezüglich Anwesenheit und Systemleistung der Bürobeleuchtung im 1. und 2. Obergeschoss wird an dieser Stelle jedoch mit Verweis auf Abschnitt 4.1 verzichtet. Beide Aspekte können bei der individuellen Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Zur Vereinfachung der Auswertung werden für beide Geschosse verbrauchsgebundene Kosten in gleicher Höhe von jeweils 290 €/a angenommen.

4.3 Vergleich Zeiträume August/September 2003 und August/September 2004

Am 01.10.2003 wurde die Schaltung der Beleuchtung im 1. Obergeschoss geändert. Während im August/September 2003 die Beleuchtungsregelung im 1. Obergeschoss automatisch beim Betreten des Raumes aktiviert wurde, mussten die Bediensteten ab Oktober 2003 das Licht beim Betreten des Raumes zunächst manuell (bei Bedarf) einschalten. Danach ging die Beleuchtungsregelung in den Automatikbetrieb über und dimmte das Licht in Abhängigkeit vom einfallenden Tageslicht. Die Präsenz im Raum war ohne Wirkung, solange der Automatikbetrieb durch den Nutzer nicht aktiviert wurde.

Die Auswirkung dieser Schaltungsänderung auf den Elektroenergieverbrauch verdeutlicht Tabelle 11.

Zeitraum	Energieverbrauch/ Kosten 1. OG		Energieverbrauch/ Kosten 2. OG		Mehrverbrauch/Mehrkosten 1. OG		
	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	%
Aug/Sep 03	438,4	63,9	268,1	39,1	170,3	24,8	64
Aug/Sep 04	263,2	38,3	312,7	45,6	-49,5	-7,3	-16

Tabelle 11: Energieverbrauch August/September 2003 und August/September 2004 (unkorrigiert)

Die Änderung der Beleuchtungsfreigabe im 1. Obergeschoss von Automatik auf Hand führte zu einer deutlichen Reduzierung der elektrischen Arbeit für die Bürobeleuchtung im 1. Obergeschoss. Die Schaltungsänderung ist maßgeblich für die Effizienzsteigerung der Beleuchtung im 1. Obergeschoss. Weitere, nicht vollständig auszuschließende Einflussfaktoren sind dagegen nur zweitrangig.

Messergebnisse und Auswertung

Auf Basis von Vollbenutzungsstunden reduzierte sich die Einschaltdauer der Bürobeleuchtung im 1. Obergeschoss von ca. 70 % auf durchschnittlich 52 % der Arbeitszeit. Auch wenn ein direkter Vergleich nicht vollständig möglich ist, verdeutlichen beide Werte den Einfluss der Schaltungsänderung auf den Energieverbrauch. Vorstehendes Ergebnis spiegelt sich darüber hinaus auch im Verhältnis der Vollbenutzungsstunden der Bürobeleuchtung im 1. Obergeschoss zur gemessenen Anwesenheit wieder. Während dieses Verhältnis im Zeitraum 01.08.2003 bis 30.09.2003 ca. 8,7 % betrug, lag es im Zeitraum 01.10.2003 bis 30.09.2004 bei 6,7 %.

5 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

5.1 Befragung der Beschäftigten

Im Rahmen des Versuchsprojektes wurden die Mitarbeiter des Umweltamtes Zeulenroda gebeten, die Bürobeleuchtung einzuschätzen und persönlich zu bewerten. Der Fragebogen umfasste Fragen zur Beleuchtung allgemein und zur Schaltung der Beleuchtung. Er wurde von den Mitarbeitern im 1. und 2. Obergeschoss anonym beantwortet und geschossweise getrennt ausgewertet. Insgesamt beteiligten sich 28 Mitarbeiter an der Anfang März 2004 durchgeführten Befragung. 15 Mitarbeiter hatten ihre Büros im 1. Obergeschoss und 13 Mitarbeiter arbeiteten im 2. Obergeschoss.

Die Antworten der Mitarbeiter auf die Fragen im Fragebogen zeigt Tabelle 12.

Frage	Angaben durch Mitarbeiter im	
	1. Obergeschoss	2. Obergeschoss
Helligkeit im Arbeitsbereich	67 % mit gut	62 % mit gut
Helligkeit in der Umgebung des Arbeitsbereiches	60 % mit gut	77 % mit gut
Gleichmäßigkeit der Beleuchtung im Arbeitsbereich	60 % mit gut	54 % mit gut
Gleichmäßigkeit der Beleuchtung im Raum	67 % mit gut	54 % mit gut
Kontrastwiedergabe beim Arbeiten	64 % mit gut	17 % mit gut
Ich möchte meine Beleuchtung manuell schalten	67 % mit ja	92 % mit ja
Für mich ist gutes Licht wichtig	100 % mit ja	100 % mit ja
Ich hätte meinen Arbeitsplatz lieber heller beleuchtet	67 % mit nein	77 % mit nein
Ich hätte als Lichtfarbe lieber warmweiß anstatt weiß	27 % mit ja	38 % mit ja
Ich finde im 1. OG die Beleuchtung ab Oktober 2003 besser	60 % mit ja	

Tabelle 12: Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung

Die Mitarbeiter bewerten die Bürobeleuchtung überwiegend mit gut. Helligkeit und Gleichmäßigkeit der Beleuchtung werden positiv eingeschätzt. Eine hellere Beleuchtung des Arbeitsplatzes wird nicht gewünscht. Die höhere mittlere Beleuchtungsstärke in den Büros im 2. Obergeschoss könnte den noch geringeren Wunsch der dort arbeitenden Mitarbeiter nach hellerer Beleuchtung begründen. Die tageslichtabhängige Regelung begrenzte die künstliche Beleuchtungsstärke im 1. Obergeschoss auf 500 lx. Demgegenüber betrug die künstliche Beleuchtungsstärke im 2. Obergeschoss ca. 600 lx im Untersuchungszeitraum.

Die Antworten der Mitarbeiter zeigen, dass eher der Wunsch besteht, die Beleuchtung manuell zu schalten. Am deutlichsten fällt hierzu das Votum im 2. Obergeschoss aus. Die Mitarbeiter wollen überwiegend selbst entscheiden, wann und in welchem Umfang sie die Bürobeleuchtung nutzen. Positiv sehen die Mitarbeiter im 1. Obergeschoss die Schaltungsänderung, die in ihrer Etage zum 1. Oktober 2003 durchgeführt wurde.

Im September 2004 wurde das Versuchsprojekt im Landwirtschaftsamt Zeulenroda abschließend ausgewertet. Die Ergebnisse und die Vor- und Nachteile der realisierten Lösung wurden vorgestellt und diskutiert. Negativ wurde bewertet, dass sich die Bürobeleuchtung im 1. Obergeschoss teilweise weiterhin trotz Anwesenheit ausschaltet. Daraufhin wurde entschieden, die Präsenzmelder im 1. Obergeschoss vollständig zu deaktivieren. Die Beleuchtung ist von den Beschäftigten im Bedarfsfall ein- und auszuschalten. Die tageslichtabhängige Regelung wurde beibehalten.

Einzelne Nutzer arbeiteten im Versuchszeitraum mit Schreibtischleuchten. Der Verbrauch der über Steckdosen betriebenen Tischleuchten wurde von den Messeinrichtungen nicht erfasst. Wegen Geringfügigkeit und der gleichmäßigen Verteilung auf beide Geschosse wurde der Verbrauch der Schreibtischleuchten nicht in die Auswertung einbezogen. Die Nutzung der Schreibtischleuchten nimmt mit einer subjektiv schlechter bewerteten Allgemeinbeleuchtung tendenziell zu.

5.2 Schlussfolgerungen für künftige Planungen und Ausführungen

Die präsenzabhängige und tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtung im 1. Obergeschoss des Landwirtschaftsamtes Zeulenroda ist unwirtschaftlich.

Durch die Lichtregelung im 1. Obergeschoss wurde der Energieverbrauch nicht in dem prognostizierten Umfang reduziert. Über den Projektzeitraum von einem Jahr wurden unbereinigt nur 2 % Elektroenergie im Vergleich zu dem mit einer konventionellen Beleuchtungsanlage ausgestatteten 2. Obergeschoss eingespart.

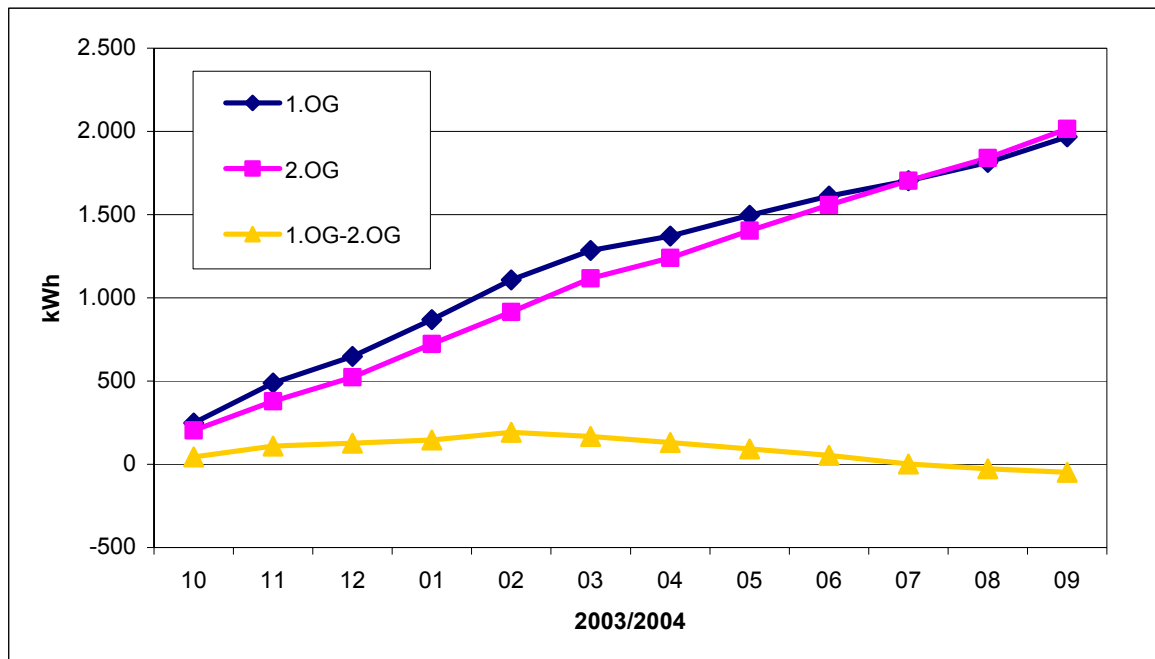


Diagramm 4: kumulativer monatlicher Energieverbrauch / Differenzkurve

Auf eine Bereinigung des Stromverbrauches im Verhältnis von Anwesenheit und Systemleistung wurde verzichtet. Für beide Geschosse wurden verbrauchsgebundene Kosten in gleicher Höhe von 290 €/a errechnet bzw. unterstellt. Die jährlichen Mehrkosten für die Beleuchtungsanlage im 1. Obergeschoss betragen im Vergleich zum 2. Obergeschoss ca. 950 €. Sie resultieren vorwiegend aus den höheren kapitalgebundenen Kosten.

Auch eine Optimierung der technischen Lösung für die präsenz- und tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtungsstärke in den Büros und die damit verbundene Reduzierung der Investitionskosten ist nicht ausreichend, die zur konventionellen Lösung zusätzlichen Investitionen wirtschaftlich darzustellen. Die Mehrkosten amortisieren sich nicht. Als Alternative wurde u. a. die Ausführung mit einer "Mutterleuchte" betrachtet, welche die elektronischen Vorschaltgeräte der Leuchten im Raum ansteuert. Die kapitalgebundenen Kosten auch dieser Lösung sind zu hoch, um insgesamt wirtschaftlich zu sein.

Als besonders ineffizient erwies sich das automatische Einschalten der Beleuchtung beim Betreten des Raumes. Die Automatik führt zu einer deutlich längeren Brenndauer der Beleuchtung. Der aus dieser Schaltungsvariante resultierende Mehrverbrauch liegt deutlich über den Einsparungen aus der tageslichtabhängigen Regelung. Durch die nach zweimonatiger Versuchsdauer auf manuelle Freigabe umgerüstete Beleuchtungsregelung konnten die Verbrauchskosten im 1. Obergeschoss um bis zu 40 % gesenkt werden. Sofern Beleuchtung aus sonstigen Gründen tageslichtabhängig geregelt werden muss, sollte die Regelautomatik immer manuell aktiviert werden.

Für die Inbetriebnahme von Lichtregelsystemen ist ein erhöhter personeller Aufwand einzukalkulieren. Für die bestimmungsgemäße Funktion der Lichtregelsysteme sind mehrere Messungen, Abgleiche und Einregulierungen erforderlich. Vor Abnahme der Leistungen sollte ein ausreichender, realitätsnaher Testbetrieb durchgeführt werden. Für eine akzeptable Funktion der präsenzabhängigen Schaltung der Beleuchtung müssen geeignete Präsenzmelder eingesetzt und optimal im Raum positioniert bzw. installiert werden. Die örtliche Einordnung der Präsenzmelder und Lichtfühler im Raum sollte in einem Musterraum detailliert ausgetestet werden. Typenblätter und Herstellerangaben können hierfür nur erste Anhaltswerte liefern. Für einen praktikablen Betrieb und eine annähernde Akzeptanz der präsenzabhängigen Schaltung der Beleuchtung durch den Nutzer muss eine relativ hohe Nachlaufzeit der Beleuchtung gewählt werden. Im Versuchsprojekt wurden letztlich neun Minuten eingestellt, um die Schalthäufigkeit der Beleuchtung - ggf. auch durch eine ungenaue Erfassung der Anwesenheit im Raum beeinflusst - angemessen zu verringern. Ein ständiges

Nachregeln des Beleuchtungsniveaus wird durch den Nutzer nicht akzeptiert. Die Verzögerungs- und Nachlaufzeiten müssen bei den eingesetzten Systemen so gewählt werden können, dass es zu keiner Belästigung kommt.

Der bereits durch Gebäude- und Fassadenentwurf beeinflusste Tageslichtquotient bestimmt das Einsparpotential durch die Lichtregelung. Dieses Einsparpotential verringert sich bei ungünstiger Orientierung und Geometrie der Räume, durch eine im Verhältnis zur Raumgröße abnehmende Fensterfläche sowie durch Verschattungen z. B. durch Sonnenschutzeinrichtungen, umliegende bauliche Anlagen oder Bäume etc.. In diesen Fällen schließt sich die tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtung aus wirtschaftlichen Gründen ohne jegliche Prüfung von vornherein aus. Im Versuchsprojekt besitzt die nach Nordwesten orientierte Straßenseite aus Schallschutzgründen eine transparente, vorgehängte Fassade. Diese bauliche Gegebenheit reduzierte das mögliche Einsparpotential durch Lichtregelung. Sie führte zu einer höheren Einschaltdauer der Beleuchtung in den zur Straßenseite gelegenen Büros und verringerte den möglichen Regelumfang der Beleuchtungsstärke im Vergleich zur "direkten Belichtung". Jalousien oder Blendschutz können sich ebenfalls nachteilig auf die Effizienz von Lichtregelsystemen auswirken. Im Versuchsprojekt verminderten die Jalousien auf der Südseite den möglichen Tageslichtanteil in den Büros. Auch die Reflexionsgrade der Wände, Decken und Fußböden sind entscheidend für die Lichtverhältnisse im Raum.

Der Eigenverbrauch der Beleuchtungsregelung und des ggf. installierten BUS-Systems verschlechtert den Wirkungsgrad der Beleuchtungsregelung. Im Versuchsprojekt wurden unerwartet hohe Verluste des EIB-BUS- und -Regelsystems ermittelt. Die zum Einsatz vorgesehenen Regelsysteme sollten daher auch hinsichtlich des Eigenverbrauches bewertet werden.

Unter Wertung des Versuchsprojektes im Landwirtschaftsamt Zeulenroda ist die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung der Beleuchtung in Büroräumen nicht wirtschaftlich darzustellen. Nutzer und Betreiber sehen keinen konsensfähigen Mehrwert dieser Systeme in klassischer Büroumgebung.

6 Anlagen

Fragebogen Nutzer

Projektbezogene Kostenberechnung und Amortisationsdarstellung

Staatsbauamt Gera
Tel. 0365-8223-380

Zeulenroda, den _____

Fragebogen zur Beleuchtung ausgewählter Büroräume im Landwirtschaftsamt Zeulenroda

persönliche Einschätzung der Beleuchtung durch die Bediensteten

Lage des Büros: 1. OG 2. OG (nicht Zutreffendes bitte streichen)

Frage Nr.	Gütemerkmal / Bewertungskriterium <i>Fragen allgemeiner Art, die im Rahmen eines anderen Lichtmanagements den Beschäftigten dieser Landesliegenschaft auch gestellt wurden.</i>	Bewertung								
		sehr gut	gut	durchschnittlich	schlecht	sehr schlecht	keine / nein	mittel	stark / ja	weiß nicht
1	Helligkeit im Arbeitsbereich (Arbeitsebene)									
2	Helligkeit in der Umgebung des Arbeitsbereiches									
3	Gleichmäßigkeit der Beleuchtung im Arbeitsbereich									
4	Gleichmäßigkeit der Beleuchtung im Raum									
5	Kontrastwiedergabe beim Arbeiten mit den Arbeitsunterlagen									
6	Direkte Blendung durch die Beleuchtung									
7	Spiegelung der Lampen im PC-Monitor									
7.1	PC-Monitor steht senkrecht unter einer Leuchte									
7.2	Blickrichtung zum PC-Monitor ist parallel zur Längsachse der Leuchten									
8	Spiegelung der Lampen in den Arbeitsunterlagen <small>ausgenommen Hochglanzpapier</small>									
9	Bedienung der Beleuchtung									
10	Schaltbarkeit der Beleuchtung									
11	Persönliche Einschätzung insgesamt									

Frage Nr.	Gütemerkmal / Bewertungskriterium <i>Fragen spezieller Art, die im Rahmen der Bemühungen eine wirtschaftliche und den gesetzlichen Vorschriften entsprechende Beleuchtung zu gewährleisten, beantwortet werden sollen.</i>	Bewertung								
		sehr gut	gut	durchschnittlich	schlecht	sehr schlecht	nein	mittel	ja	weiß nicht
12	Ich möchte meine Beleuchtung manuell schalten									
13	Mich interessiert vorrangig die Energieeinsparung unabhängig von der Schaltung									
14	Für mich ist gutes Licht wichtig									
15	Ich hätte meinen Arbeitsplatz lieber heller beleuchtet									
16	Ich hätte meinen Arbeitsplatz lieber weniger hell beleuchtet									
17	Ich hätte lieber eine Arbeitszonenleuchte									
18	Ich arbeite lieber mit einer Schreibtischlampe									
19	Ich hätte als Lichtfarbe lieber warmweiß anstatt weiß									
20	Ich finde im 1. OG die Beleuchtung ab Oktober 2003 besser									

(Ihre Angaben werden vertraulich behandelt.)

 nicht zutreffend

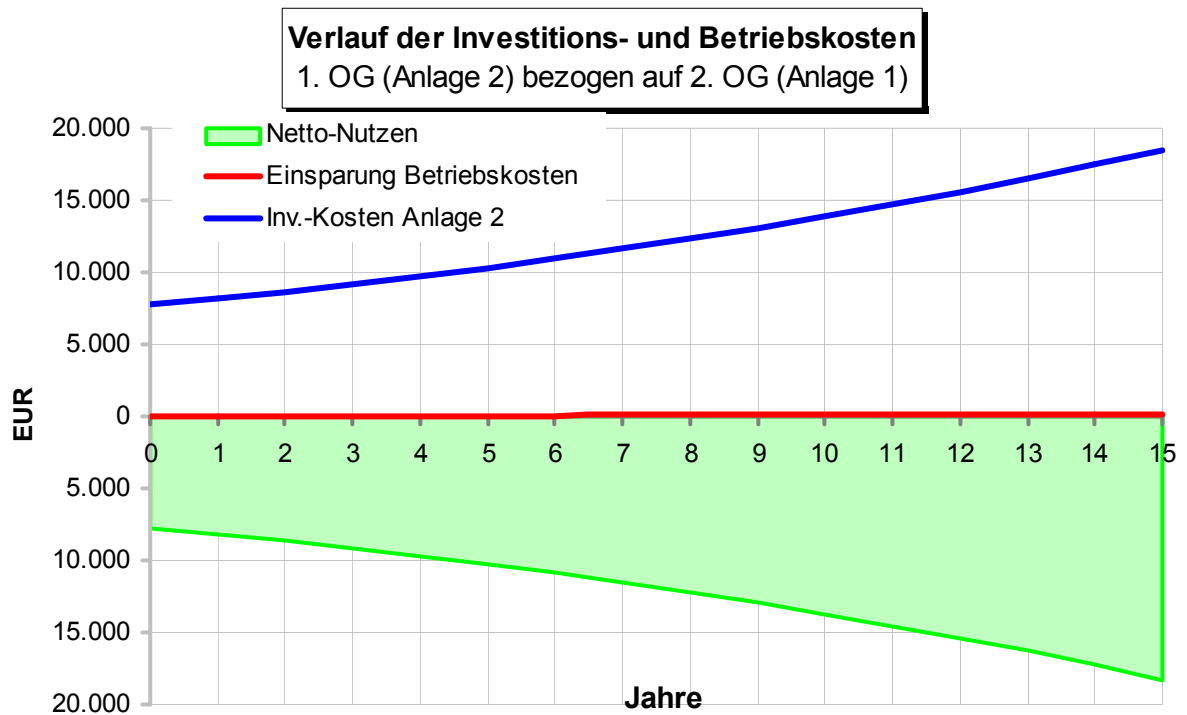
Anlagen

A. Spezifische Kostenberechnung für die Beleuchtung im Landwirtschaftsamt Zeulenroda

		Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3
		realisierte Lösung im 2. OG	realisierte Lösung im 1. OG	Mutterleuchte
		EVG	EVG-dimm.	EVG-dimm.
Anlagenkosten				
Preis einer Leuchte	€	83,50	108,40	108,40
Kosten für Montage und Anschluss einer Leuchte	€	9,19	260,14	139,10
Kosten für Instandsetzung einer Leuchte	€	0,00	0,00	0,00
Anzahl der Leuchten nach lichttechnischer Planung	Stk.	28	28	28
Gesamtinvestition	€	2.595,32	10.319,12	6.930,00
Voraussichtl. Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage	Jahr	15	15	15
Prozentsatz der jährlichen linearen Abschreibung	%	6,67	6,67	6,67
Zinssatz des eingesetzten Kapitals (Kapitaldienst)	%	6	6	6
Jährliche Anlagenkosten über die Nutzungsdauer	€	250,88	997,51	669,90
	%	100%	398%	267%
Lampenkosten				
Anzahl der Lampen je Leuchte	Stk.	2,0	2,0	2,0
Gesamtanzahl der Lampen	Stk.	56	56	56
Preis einer Lampe	€	4,09	4,09	4,09
Lampenwechselkosten je Leuchte	€	1,53	1,53	1,53
Preis eines Starters	€	2,56	2,56	0,00
Entsorgungskosten je Lampe	€	2,30	2,30	2,30
Wirtschaftliche Lebensdauer einer Lampe	Std.	12.000	12.000	12.000
Anzahl der Betriebsstunden (täglich)	Std.	5,00	5,00	5,00
Anzahl der Betriebstage (jährlich)	T	240	240	240
Anzahl der Betriebsstunden (jährlich)	Std.	1.200,00	1.200,00	1.200,00
Jährliche Teuerungsrate für Lampenkosten	%	0,50	0,50	0,50
Mittlere Lampenkosten jährlich	€	75,25	75,26	55,45
	%	100%	100%	74%
Energiekosten				
Erwartete Energie-Einsparung durch Lichtregelung	%	0,0	2,0	2,0
Lampenart		T8	T8	T8
Lampen-Nennleistung	W	36	36	36
Art des Vorschaltgerätes*		EVG	EVG-dimm	EVG-dimm
Systemleistung einer Lampe	W	36,0	36,0	36,0
Systemleistung einer Leuchte	W	72,0	70,6	70,6
Gesamt-Anschlußleistung der Beleuchtungsanlage	W	2.016	1.976	1.976
Mittlerer Arbeitspreis je kWh	€	0,15	0,15	0,15
Jährliche Teuerungsrate für Stromkosten	%	3,00	3,00	3,00
Mittlere Energiekosten jährlich	€	431,78	423,15	423,15
	%	100%	98%	98%
Gesamtkosten jährlich	€	757,92	1.495,92	1.148,50
	%	100%	197%	152%

B. Amortisationsdarstellung

1. Amortisationsgrafik 1. OG (Management) zu 2. OG (konventionell)



2. Amortisationsgrafik Lösung mit Mutterleuchte zu 2. OG (konventionell)

