

Tafelbeleuchtung

Projektarbeit zur Zertifizierung als Lichtberaterin

Vorgelegt von

Dagmar Hetzke,

Sonderschullehrerin für Sehgeschädigte

an der Staatlichen Schule für Sehgeschädigte in Schleswig

Mai 2007

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	S. 3
2. Anforderungen an eine gute Tafelbeleuchtung	S. 3
3. Vergleich unterschiedlicher Tafelleuchten	S. 4
4. Charakterisierung der acht Raumbeleuchtungsvarianten	S. 5
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	S. 7
Anhang	
Normen	S. 1
Raumvariante 1:	S. 2
Raumvariante 2:	S. 27
Raumvariante 3:	S. 48
Raumvariante 4:	S. 61
Raumvariante 5:	S. 70
Raumvariante 6:	S. 87
Raumvariante 7:	S. 116
Raumvariante 8:	S. 137

1. Einleitung

In meiner Arbeit in der ambulanten Beratung und Unterstützung sehbehinderter Schüler in allgemeinen Schulen stellen sich immer wieder Fragen zur angemessenen Beleuchtung von Klassenräumen. Vielfach ist dabei eine – mehr oder weniger geeignete - Raumbelichtung vorhanden, eine spezielle Tafelbeleuchtung fehlt aber. Die zuständigen Schulleiter bzw. Schulträger wünschen sich dann oft eine Hilfestellung für eine kostengünstige Veränderung oder Ergänzung der Beleuchtungssituation.

Die vorliegende Arbeit vergleicht daher unterschiedliche Tafelleuchten in acht verschiedenen Varianten der Raumbelichtung. Sie stellt hilfreiche Aspekte bei der Auswahl einer geeigneten Tafelbeleuchtung zusammen und soll so eine Grundlage für eine Entscheidungs- und Begründungshilfe bei der Anschaffung bilden.

2. Anforderungen an eine gute Tafelbeleuchtung

Auszug aus dem Heft „Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten“ der Fördergemeinschaft Gutes Licht, Seite 10:

„Die Tafel muss von allen Plätzen gleich gut sichtbar sein. Schatten und Lichtreflexe auf der Tafel erschweren das Ablesen und ermüden die Augen. Konzentrationsabnahme und nachlassende Motivation sind dann die Folge. Wandfluter mit asymmetrischer Lichtverteilung sorgen für die richtige vertikale Beleuchtung im vorderen Raumbereich, störende Schatten und Lichtreflexe werden dadurch vermieden.

Bei der Anordnung der Wandfluter muss auf eine ausreichend flächige Beleuchtung geachtet werden, damit die Tafel auch nach oben verschoben bzw. die Tafelflügel ausgeklappt werden können, ohne im Dunklen zu verschwinden. Auch Flip-Charts oder aufgehängte Landkarten neben der Tafel sollten von den Wandflutern gleichmäßig beleuchtet werden. Für Präsentationen mit Overhead-Projektoren, Beamern oder Fernsehern sollten die Wandfluter einzeln schalt- und dimmbar sein, damit die Beleuchtungsstärke den Nutzungsbedingungen angepasst werden kann.“

Folgende Gesichtspunkte müssen danach bei der Auswahl einer geeigneten Tafelbeleuchtung berücksichtigt werden:

- **Größe der zu beleuchtenden Fläche:** Die Tafelbeleuchtung muss die aufgeklappte Tafel in niedrigster und höchster Stellung vollständig ausleuchten können. Dabei ist auch die Raumhöhe und der Art der Leuchtenanbringung von Bedeutung.

- **Beleuchtungsstärke:** Die mittlere Beleuchtungsstärke E sollte nach DIN (s. o.) mindestens 500 lx betragen. Bei sehbehinderten Schülern sollte auch die minimale Beleuchtungsstärke 500 lx nicht wesentlich unterschreiten.
- **Gleichmäßigkeit:** Die Gleichmäßigkeit berechnet sich aus dem Quotienten von der minimalen Beleuchtungsstärke und der maximalen Beleuchtungsstärke (E_{\min}/E_{\max}) auf der Messfläche. Je näher dieser Wert an 1,0 liegt, desto gleichmäßiger ist die Beleuchtung und desto geringer sind die Schattenbildung und die Blendwirkung.
- **Blendfaktor:** Nach DIN sollte der Blendfaktor (UGR) für Tafelbeleuchtungen unter 19 liegen. Für sehbehinderte Schüler ist dagegen ein UGR unter 10 dringend angeraten.
- **Dimmbarkeit:** Um eine situationsgerechte und stromsparende Beleuchtung zu gewährleisten, ist die Dimmbarkeit der Tafelbeleuchtung, wie auch der gesamten Raumbelichtung wünschenswert.
- **Wirtschaftlichkeit:** Je geringer die Leistungsaufnahme der Leuchten ist, desto geringer sind die aufzuwendenden Energiekosten. Auch eine Dimmbarkeit reduziert die Kosten.

3. Vergleich unterschiedlicher Tafelleuchten

Um Tafelleuchten unterschiedlichster Art vergleichen zu können, wurde in dieser Arbeit folgender Weg beschritten:

1. Identifikation von 28 für die Tafelbeleuchtung geeigneten asymmetrischen Wandfluter der im Relux-Programm verzeichneten Hersteller und Sammlung dieser Leuchten in einem Relux-Tafellager. Bei sehr ähnlichen Leuchten eines Herstellers wurde anhand der Lichtverteilungskurve nur jeweils eine Leuchte stellvertretend in den Vergleich einbezogen. Um die Datenmengen nicht ausufern zu lassen, wurden Einbauleuchten in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

2. Erstellung eines simulierten Klassenraumes in Relux mit zwei unterschiedlichen Deckenhöhen (Altbau 4m, Neubau 3m).

3. Festlegung von vier unterschiedlichen Raumbelichtungsvariationen für jede Deckenhöhe, um die Tafelbeleuchtungen unter unterschiedlichen, aber dennoch vergleichbaren Szenarien in der Simulation erproben zu können.

4. Simulation der Tafelbeleuchtung von allen 28 identifizierten Tafelleuchten in den acht Raumbelichtungsvariationen. Dabei wurde immer versucht, den o. g. Kriterien für eine gute Tafelbeleuchtung durch ein geeignetes Verschieben des Aufhängepunktes so nahe

wie möglich zu kommen. Zusätzlich wurden für jede Raumvariante die Beleuchtungswerte ohne Tafelbeleuchtung zum Vergleich separat gespeichert.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse. Die Wichtigsten der vielfältigen Daten, die durch die Simulationen gewonnen wurden, habe ich zur besseren Übersicht in einer Excel-Tabelle zusammengefasst. Durch die Sortierfilter ist es dadurch z.B. möglich, bestimmte Raumbelichtungsvarianten direkt miteinander zu vergleichen, unterschiedliche Tafelleuchten eines Herstellers einander gegenüber zu stellen oder auch alle Tafelleuchten nach Gleichmäßigkeit oder Lichtstärke zu sortieren.

Zusätzlich finden sich im Anhang die Datenbögen der am besten geeigneten Tafelbeleuchtungen für alle acht Beleuchtungssituationen mit den verwendeten Leuchten.

4. Charakterisierung der acht Raumbelichtungsvarianten

Die Varianten 1 – 4 simulieren einen Klassenraum im Altbau mit 4 m Deckenhöhe. Dadurch werden zwingend abgehängte Raumbelichtungen notwendig. Tafelleuchten gibt es für Decken- und/oder abgehängte Montage.

Neben der Simulation von abgehängt montierbaren Tafelleuchten wird bei den Varianten 1 und 2 zusätzlich auch die abgehängte Montage von Deckenleuchten simuliert, weil so, anders als bei der festen Deckenmontage, durch die feine Justierbarkeit des Aufhängepunktes genauere Aussagen über die ideale Deckenhöhe für die jeweilige Leuchte machen lassen.

Die Varianten 5 – 8 simulieren einen Klassenraum in einem Neubau mit einer Deckenhöhe von 3 m. Die Tafelbeleuchtung kann hier wahlweise mit Deckenanbauleuchten oder mit Pendelleuchten erfolgen.

Variante 1:

Klassenzimmer im Altbau mit 4 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 3 x 3, auf 3 m abgependelte, indirekt strahlende Leuchten der Firma Trilux, Modell Luceo H DP 280 03 EDD, bestückt mit jeweils 2 x 80 W T5 Leuchtmittel.

Diese Lösung stellt ein Beispiel für eine ideale, gleichmäßige Raumbelichtung mit sehr hoher Beleuchtungsstärke bei geringem Blendfaktor dar. Diese Beleuchtungsstärke bietet auch ausreichende Lichtreserven für eine Dimmung.

Variante 2:

Klassenzimmer im Altbau mit 4 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 2 x 3, auf 3 m abgependelte, indirekt strahlende Leuchten der Firma Trilux, Modell Luceo H DP 280 03 EDD, bestückt mit jeweils 2 x 80 W T5 Leuchtmittel.

Diese Lösung stellt ein Beispiel für einen guten Kompromiss zwischen hoher Beleuchtungsstärke bei geringem Blendfaktor und Wirtschaftlichkeit (Anschaffungspreis, Stromverbrauch) dar. Bei der Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung und bei den Lichtreserven zur Dimmung müssen gegenüber Variante 1 leichte Abstriche gemacht werden.

Variante 3:

Klassenzimmer im Altbau mit 4 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 2 x 3, auf 3 m abgependelte, direkt strahlende Leuchten der Firma Siteco, Modell Europlex 5LJ 239 1-2EX2, bestückt mit jeweils 2 x 58 W T26 Leuchtmittel.

Diese Variante ist ein Beispiel für eine herkömmliche Beleuchtungslösung mit gerade ausreichender Beleuchtungsstärke (für nicht sehbehinderte Schüler) und relativ hohem Blendfaktor.

Variante 4:

Klassenzimmer im Altbau mit 4 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 3 x 3, auf 3 m abgependelte, direkt/indirekt strahlende Leuchten der Firma Philips, Modell x-tend TPS498 1x5TL-54W/830 HFP C6 FL, bestückt mit jeweils 1 x 54 W T5 Leuchtmittel.

Diese Lösung ist ein Beispiel für eine modernisierte Beleuchtungssituation mit einem energiesparenden Leuchtmittel in einer für Bildschirmarbeitsplätze geeigneten Rasterleuchte. Der Blendfaktor ist jedoch sehr abhängig vom Sitzplatz und die Beleuchtungsstärke auf Nutzebene (0,75 m) genügt gerade den Anforderungen für nicht sehbehinderte Schüler (300 lx).

Variante 5:

Klassenzimmer im Neubau mit 3 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 3 x 3, auf 2,2 m abgependelte, indirekt strahlende Leuchten der Firma Trilux, Modell Luceo H DP 280 03 EDD, bestückt mit jeweils 2 x 80 W T5 Leuchtmittel.

Diese Lösung stellt ein Beispiel für eine ideale, gleichmäßige Raumbelichtung mit sehr hoher Beleuchtungsstärke bei geringem Blendfaktor dar. Diese Beleuchtungsstärke bietet auch ausreichende Lichtreserven für eine Dimmung.

Variante 6:

Klassenzimmer im Neubau mit 3 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 2 x 3, auf 2,2 m abgependelte, indirekt strahlende Leuchten der Firma Trilux, Modell Luceo H DP 280 03 EDD, bestückt mit jeweils 2 x 80 W T5 Leuchtmittel.

Diese Lösung stellt ein Beispiel für einen guten Kompromiss zwischen hoher Beleuchtungsstärke bei geringem Blendfaktor und Wirtschaftlichkeit (Anschaffungspreis, Stromverbrauch) dar. Bei der Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung und bei den Lichtreserven zur Dimmung müssen gegenüber Variante 1 leichte Abstriche gemacht werden.

Variante 7:

Klassenzimmer im Neubau mit 3 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 2 x 3, an der Decke befestigten direkt strahlenden Leuchten der Firma Regent, Modell Easy LP (1541.258.7), bestückt mit jeweils 2 x 58 W T26 Leuchtmittel.

Diese Variante ist ein Beispiel für eine herkömmliche Beleuchtungslösung mit gerade ausreichender Beleuchtungsstärke (für nicht sehbehinderte Schüler) und relativ hohem Blendfaktor.

Variante 8:

Klassenzimmer im Neubau mit 3 m Deckenhöhe, beleuchtet mit 3 x 3, auf 3 m abgependelte, direkt/indirekt strahlende Leuchten der Firma Philips, Modell x-tend TCS398 2x5TL-49W/830 HFP H1L C6 FL, bestückt mit jeweils 2 x 49 W T5 Leuchtmittel.

Diese Lösung ist ein Beispiel für eine modernisierte Beleuchtungssituation mit einem energiesparenden Leuchtmittel in einer für Bildschirmarbeitsplätze geeigneten Rasterleuchte. Der Blendfaktor ist jedoch sehr abhängig vom Sitzplatz und die Beleuchtungsstärke auf Nutzebene (0,75 m) genügt gerade den Anforderungen für nicht sehbehinderte Schüler (300 lx).

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Beim Durchrechnen der verschiedenen Varianten mit dem Relux-Programm ließen folgende grundlegende Beobachtungen machen:

- Für eine gute Tafelausleuchtung in der Breite sind grundsätzlich zwei Tafelleuchten erforderlich.
- Die Güte einer Tafelbeleuchtung ist nur im Zusammenhang mit der Raumbeleuchtung zu beurteilen.
- Je besser (blendfreier, gleichmäßiger, stärker) die Raumbeleuchtung ist, desto besser (blendfreier, gleichmäßiger, stärker) lässt sich die Tafelbeleuchtung ausführen.
- Je schwächer die Raum- und/oder die Tafelbeleuchtung ist, desto näher muss die Tafelleuchte zur Tafel angebracht werden. Dadurch sinkt aber auch immer die Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung.
- Je schwächer die Raum- und/oder die Tafelbeleuchtung ist, desto kritischer ist der optimale Anbringungspunkt (Tafelabstand und Höhe) einzuhalten. Kleine Abweichungen führen hier schon sehr schnell zu deutlichen Qualitätsverlusten.
- Soll eine Deckenleuchte ausgewählt werden, ist die Raumhöhe von entscheidender Bedeutung, da die Ergebnisse der Leuchten auch stark von der Anbringungshöhe abhängen.

- Pendelleuchten können in der Anbringung flexibler als Deckenleuchten an die jeweilige Raumsituation angepasst werden.
- Eine Tafelbeleuchtung reduziert in geringem Maße den Blendfaktor der Raumbelichtung.
- Dimmbar, z. T. auch mit digitaler Steuerung (DALI), sind lediglich die Leuchten Luceo und Offset der Firma Trilux.
- Die Tafelleuchte Siteco Comfolight mit 80 W hat bei fast allen Raumvarianten gute Ergebnisse gebracht. Sie kann wahlweise als Decken- oder als Pendelleuchte angebracht werden.
- Als Deckenleuchte brachte die Regent Geo mit 80 W gerade auch in Situationen mit schwacher Raumbelichtung die besten Ergebnisse.

Hier ist nun eine Zusammenfassung der besten Ergebnisse für die acht Raumbelichtungsvarianten. Die kompletten Ergebnisse lassen sich der beigefügten Excel-Tabelle entnehmen. Die entsprechenden Auszüge der Daten aus dem Relux-Programm finden sich im Anhang.

Raumvariante 1:

Die besten Lösungen wären die Tafelleuchten 10 (Philips x-tend) und 4 (Fluora Premio) mit jeweils 54 Watt. Wirtschaftlicher und nur wenig ungleichmäßiger ist die Beleuchtung mit Leuchte 24 Siteco Comfolight (49 Watt). Ähnliches gilt für die Leuchte 15 (Trilux Luceo) mit 80 Watt, die den Vorteil der Dimmbarkeit besitzt.

Raumvariante 2:

Die optimale Lösung wäre die Tafelleuchte 14 Siteco Comfolight (80 Watt). Wirtschaftlicher, aber etwas ungleichmäßiger in der Ausleuchtung ist die dimmbare Leuchte 15 Trilux Luceo (80 Watt). Leuchten mit 54 Watt sind hier nur noch mit deutlichen Einschränkungen bei der Gleichmäßigkeit einsetzbar.

Raumvariante 3:

Die optimale Lösung wäre auch hier die Tafelleuchte 14 Siteco Comfolight (80 Watt). Wirtschaftlicher, aber etwas ungleichmäßiger in der Ausleuchtung ist die dimmbare Leuchte 15 Trilux Luceo (80 Watt). Der Einsatz dieser Leuchten reduziert zudem den Blendfaktor von 16,7 ohne Tafelbeleuchtung auf 15,1 mit Tafelbeleuchtung. Leuchten mit 54 Watt sind wegen deutlicher ungleichmäßigerer Ausleuchtung hier nicht mehr zu empfehlen.

Raumvariante 4:

Bei dieser Raumvariante lässt sich lediglich mit der Tafelleuchte 14 Siteco Comfolight (80 Watt) ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielen. Der Blendfaktor wird dabei von 20,7 auf 18,8 reduziert.

Raumvariante 5:

Die optimale Lösung wäre die Tafelleuchte 17 Tulux Nova mit 54 Watt. Wirtschaftlicher und nur wenig ungleichmäßiger ist die Beleuchtung mit Leuchte 24 Siteco Comfolight (49 Watt). Ähnliches gilt für die Leuchte 28 Trilux Offset (54 Watt), die den Vorteil der Dimmbarkeit besitzt.

Raumvariante 6:

Hier gibt es viele gute Lösungen. Lichtstark und gleichmäßig sind die Leuchten 9 (Regent Geo) und 13 (Siteco Comfit M) mit jeweils 80 Watt. Wirtschaftlicher und trotzdem gleichmäßig in der Ausleuchtung, aber nicht so lichtstark sind die Leuchten 2 (Cooper Crompton Moduwall) und 17 (Tulux Nova) mit jeweils 54 Watt. Gute dimmbare Beleuchtungen bieten die Leuchten 16 (Trilux Offset) und 15 (Trilux Luceo) mit jeweils 80 Watt.

Raumvariante 7:

Bei dieser Raumvariante bieten die Leuchten 5 (HUCO Newlux) und 14 (Siteco Comfolight) mit jeweils 80 Watt die besten Lösungen. Die Leuchten 15 und 26 (Trilux Luceo) mit 80 bzw. 54 Watt ermöglichen bei weiteren leichten Abstrichen bei der Gleichmäßigkeit wirtschaftliche Lösungen mit Dimmung. Der Blendfaktor reduziert sich dabei von 14,7 auf 13,2.

Raumvariante 8:

Bei dieser Raumvariante bieten die Leuchten 5 (HUCO Newlux) und 9 (Regent Geo) mit jeweils 80 Watt die besten Lösungen. Die Leuchte 15 (Trilux Luceo) mit 80 Watt ermöglicht bei weiteren leichten Abstrichen bei der Gleichmäßigkeit eine wirtschaftliche Lösung mit Dimmung. Der Blendfaktor reduziert sich dabei von 20,7 auf 18,2.

Anhang:

- Daten aus dem Relux-Programm von den besten Lösungen für jede Raumvariante. Zu Beginn wird der Raum ohne Tafelbeleuchtungen dokumentiert, dann folgt jeweils die Dokumentation der besten Lösungen.
- Auszug mit Normen aus dem Heft „Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten“ der Fördergemeinschaft Gutes Licht, Seite 48.

