

Licht am Büroarbeitsplatz zwischen Wunsch und Wirklichkeit - Anforderungen und Umsetzung

Ottokar Schütz ● Köpenicker Weg 1 ● D 78056 VS-Schwenningen



Allgemeines

Bei einem ca. 15 Jahre alten Gebäude bei dem direkt-strahlende Pendelleuchten im Einsatz sind, müssen die Leuchten ausgetauscht werden, weil dort Bauteile im Einsatz sind, die nicht mehr verwendet werden dürfen.

Gleichzeitig sind die Lochpaneel der Decke sehr vergilbt. Auch hier muß ein Austausch vorgenommen werden.

Ist-Situation:

1. Gespräch mit Projektleiter:

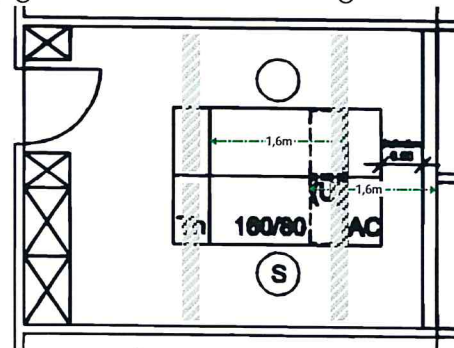
Erwartung:

LiD nennt eine direkt-strahlende Leuchte, die gegen die vorhandene ausgetauscht wird.

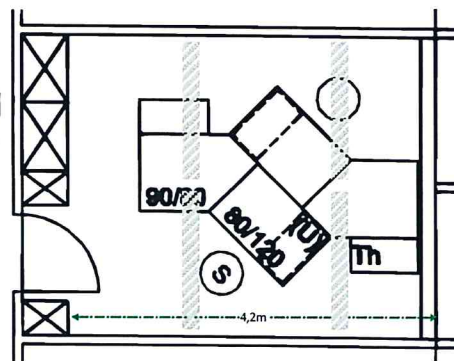
2. Rahmenbedingungen festgelegt:

2.1 Arbeitsplatzanordnung: Es gab zwei Arbeitsplatzanordnungen, die hier mit der vorhandenen Beleuchtung gezeigt wird.

Blockstellung: Die Mitarbeiter sitzen vis-a-vis. Der Bildschirm ist irgendwo auf der Schreibtischfläche (1,6m x 0,8m) positioniert.



Blockstellung45°: Die beiden Arbeitsplätze sind ca. 45° zueinander geneigt. Auch hier kann der Bildschirm auf der möglichen Schreibtischfläche, die jeweils ca. 1,2m x 0,8m beträgt, positioniert werden.



2.2 EU-RL für BAP: Die Anforderungen, die durch die Europäische Richtlinie für Bildschirmarbeitsplätze genannt sind, sind zu erfüllen. Sie haben Gesetzescharakter...

2.3 Energieminimierung: Die lichttechnischen Anforderungen sind mit Leuchten bei minimalem Energieaufwand zu erzielen.

3. Kriterienkatalog festgelegt

Es wurde einzelne Kriterien aufgelistet und in eine Bewertungsmatrix eingetragen (BSC). Einzelne Kriterien wurden in Gruppen zusammengefaßt. Die Gruppen wurden untereinander gewichtet. An einigen Beispielen wird dies gezeigt:



Kriterien	Bewertung		Gew "0"	Gew "1"	Gew "2"	"0"	"1"	"2"
Sensor	6 sehr gut	6	25	40	40	150	240	240
	gut	5						
	befriedigend	4						
	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
El. Leistung	6 sehr gut	6	25	20	10	150	120	60
	gut	5						
	befriedigend	4						
Mittelwert	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
Beleuchtungs- stärke	6 sehr gut	6	25	20	10	150	120	60
	gut	5						
	befriedigend	4						
Mittelwert	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
Preis	6 sehr gut	6	25	20	40	150	120	240
	gut	5						
	befriedigend	4						
Mittelwert	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
						---	---	---
						600	600	600

Es gibt jeweils einen Bewertungsbereich von 0 bis 6 (Spalte 3 und 4). Die tatsächliche Bewertung ist in der Spalte 2 zu sehen. Die Kriterien werden für die jeweilige Leuchte bewertet, hier jeweils mit der maximalen Bewertung 6. Nun kann man die Kriterien noch untereinander gewichten. Beispielsweise die Gleichgewichtung, Gew "0", oder zwei andere Gewichtungen, die Gewichtung Gew "1" und Gew "2". Da die Summe der Gewichtungen immer 100 ergeben muß, liegt bei der maximalen Bewertung, 6 (Spalte 2), in der Summe ein gleiches Ergebnis, 600, vor, trotz unterschiedlicher Gewichtung der Bewertungskriterien.

Wenn jedoch bei der Bewertung eine Abstufung auftritt, hier von "6" bis "4" (Spalte 2), wird auch das Ergebnis zur einer differenzierten Gesamtbewertung führen. Durch die unterschiedlichen Gewichtungen der Kriterien tritt auch noch eine Differenzierung auf.



Kriterien	Bewertung		Gew "0"	Gew "1"	Gew "2"	"0"	"1"	"2"
Sensor	6 sehr gut	6	25	40	40	150	240	240
	gut	5						
	befriedigend	4						
	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
El. Leistung	5 sehr gut	6	25	20	10	125	100	50
	gut	5						
	befriedigend	4						
Mittelwert	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
Beleuchtungs- stärke	4 sehr gut	6	25	20	10	100	80	0
	gut	5						
	befriedigend	4						
Mittelwert	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
Preis	4 sehr gut	6	25	20	40	100	80	160
	gut	5						
	befriedigend	4						
Mittelwert	ausreichend	3						
	mangelhaft	2						
	ungenügend	1						
	fehlt	0						
						---	---	---
						475	500	450

Damit kommt man zu einer differenzierten Bewertung der jeweiligen Lichtlösungen.

4. Bewertung der verschiedenen Lichtlösungen

Nun kann man für die verschiedenen Lichtlösungen und den unterschiedlichen Kriterien eine Bewertung vornehmen, die dann bei den jeweiligen Gewichtungen zu einem Gesamtergebnis führt.

5. Interessenskonflikte:

Die jeweiligen Gruppen im Unternehmen haben verschieden Interessen. Jede Gruppe versucht natürlich über die Gewichtung Ihre Interessenslage deutlich zu machen. Beispiel: Stehleuchten versus Pendelleuchten

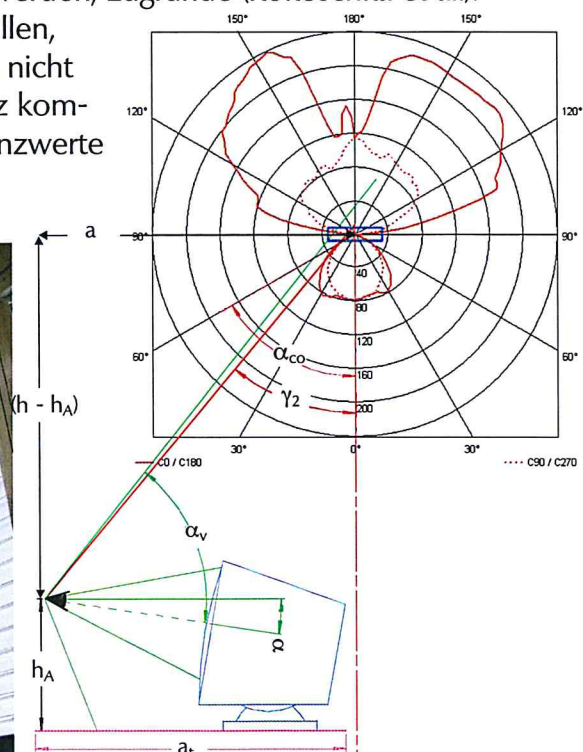
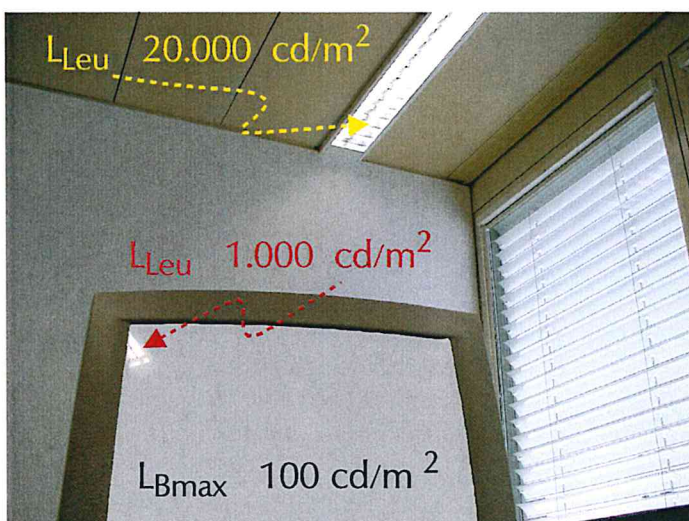
Wenn Stehleuchten zum Einsatz kämen, müßten Kabel von der Decke zur Stehleuchte gezogen werden. Prinzipiell gibt es die Möglichkeit, in der Fensterbrüstung mit dem Kabel von der Decke zum Boden zu fahren oder in der Raummitte einen Kabelkanal zu führen. Gruppen, die keine Stehleuchten wollen, werden die Kabelkanalführung in der Raummitte begrüßen, damit anschließend die Nutzer aus ästhetischen Gründen diese Lösung ablehnen.



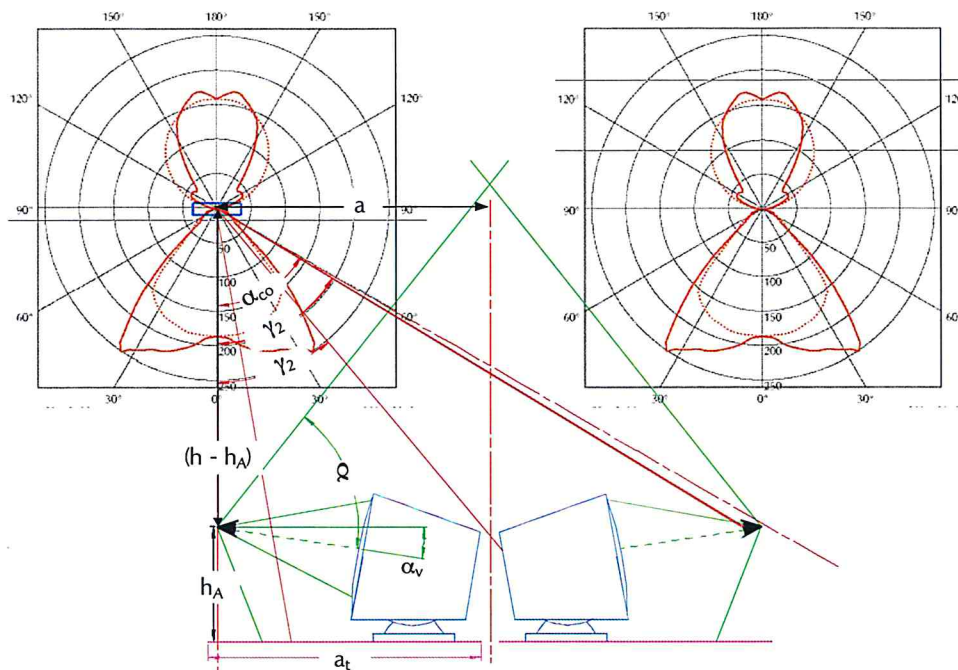
Eine viel elegantere Lösung tritt jedoch auf, wenn man die Kabel im Brüstungskanal führt. Allerdings ist dann eine Kabelverlegung an der Stirnseite des Gebäudes nötig. Der Elektriker, der Stehleuchten nicht wünscht, hat folglich die Kabelverlegung im Brüstungskanal so teuer angesetzt, daß die Stehleuchten aus diesem Grund nicht mehr zum Einsatz kommen können. Oder Reinigungskosten für eine Stehleuchte wurden genauso hoch angesetzt wie die Reinigung von Pendelleuchten. Erst durch ein Konkurrenzangebot wurden die tatsächlichen Zahlen berücksichtigt.

6. ko-Kriterien:

Die Bildschirmarbeitsrichtlinie schreibt ja vor, daß keine Direktblendung und möglichst keine Reflexblendung auftreten darf. Damit scheiden Direktleuchten aus, die von der Arbeitsplatzposition aus zu Blendung führen. Dabei legen wir im Sinne eines hinreichenden Beweises das Leuchtdichteverhältnis kleiner 1:20 für Leuchtdichten, die im Gesichtsfeld wahrgenommen werden, zugrunde (Kokoschka et al.). Alle Lichtsysteme, die diese Kriterien nicht erfüllen, werden nicht berücksichtigt. Daraus kann man nicht schließen, daß keine Direktleuchte zum Einsatz kommen können, nur der Direktanteil darf die Grenzwerte von 2.000 cd/m^2 nicht überschreiten.



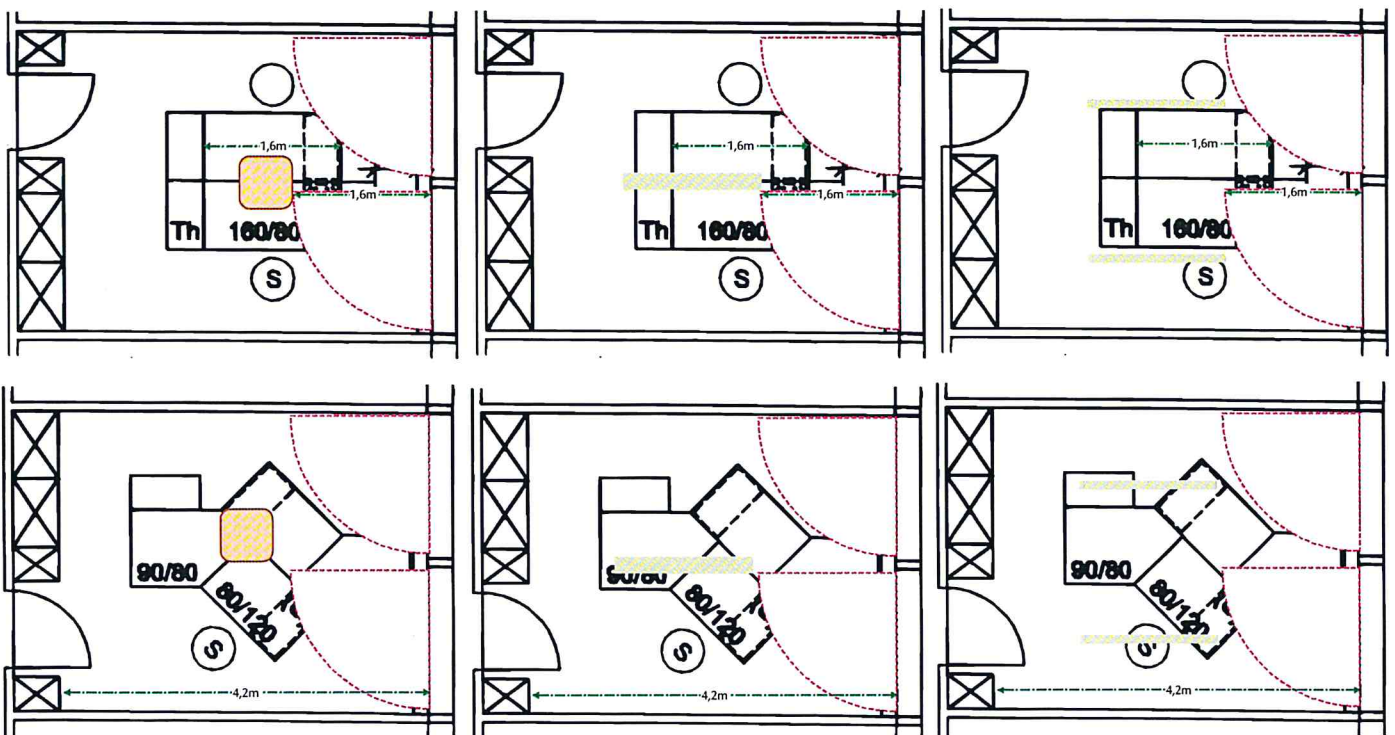
Hier am Beispiel einer dominant direkt-strahlenden Leuchte gezeigt.



Die gezeigten Arbeitsplätze haben beim Blick zum Bildschirm, hier das Auge des Betrachters als symbolisches Dreieck dargestellt, keine hohen Leuchtenleuchtdichten im Gesichtsfeld (grüne Begrenzungslinie)

7. Bauliche Randbedingungen:

Die lichttechnisch beste Lösung ist diejenige Lösung, bei der das Licht in der Raummitte positioniert ist. Für Pendelleuchten scheidet diese Lösung aber aus, da nur eine Leuchte pro Achsfeld möglich ist.



Nur die ganz rechts gezeigte Lösung lässt sich baulich realisieren. Andernfalls müsste beim Umbau einer Raumachse immer die Pendelleuchte versetzt werden.

8. Anforderungen auflisten:

Aus der Auflistung der Anforderungen wird für jede Lichtlösung die Bewertung vorgenommen. Um den Energieverbrauch zu minimieren, wird über einen Sensor die Leuchtdichte auf der Schreibtischfläche gemessen und so der Kunstlichtanteil reguliert.



1.Anforderung	Kriterien	Stehleuchten	Pendelleuchten
Keine Direktblendung	Aus Arbeitsposition		

Leuchtenleuchtdichten:

$$L_{Leu} < 20 L_{AP}$$

Deckenleuchtdichten:

$$L_D < 20 L_{AP}$$

2.Anforderung	Kriterien	
möglichst keine Reflexblendung	weiches, großflächiges Licht	Begrenzungsflächen: -> Wände, Decke

keine scharfe -> Bildschirm entspiegeln
Spiegelbilder

3.Anforderung	Kriterien	Stehleuchten	Pendelleuchten
Licht vom AP aus steuern	Sensor lokal beeinflussbar		

am Leuchtenkopf

am Leuchtenkopf

im Gestänge

als Fernbedienung

als Fernbedienung Bedienelement "Funk"

externe Einflußgrößen

Radar

Blick durch's Fenster

Radar

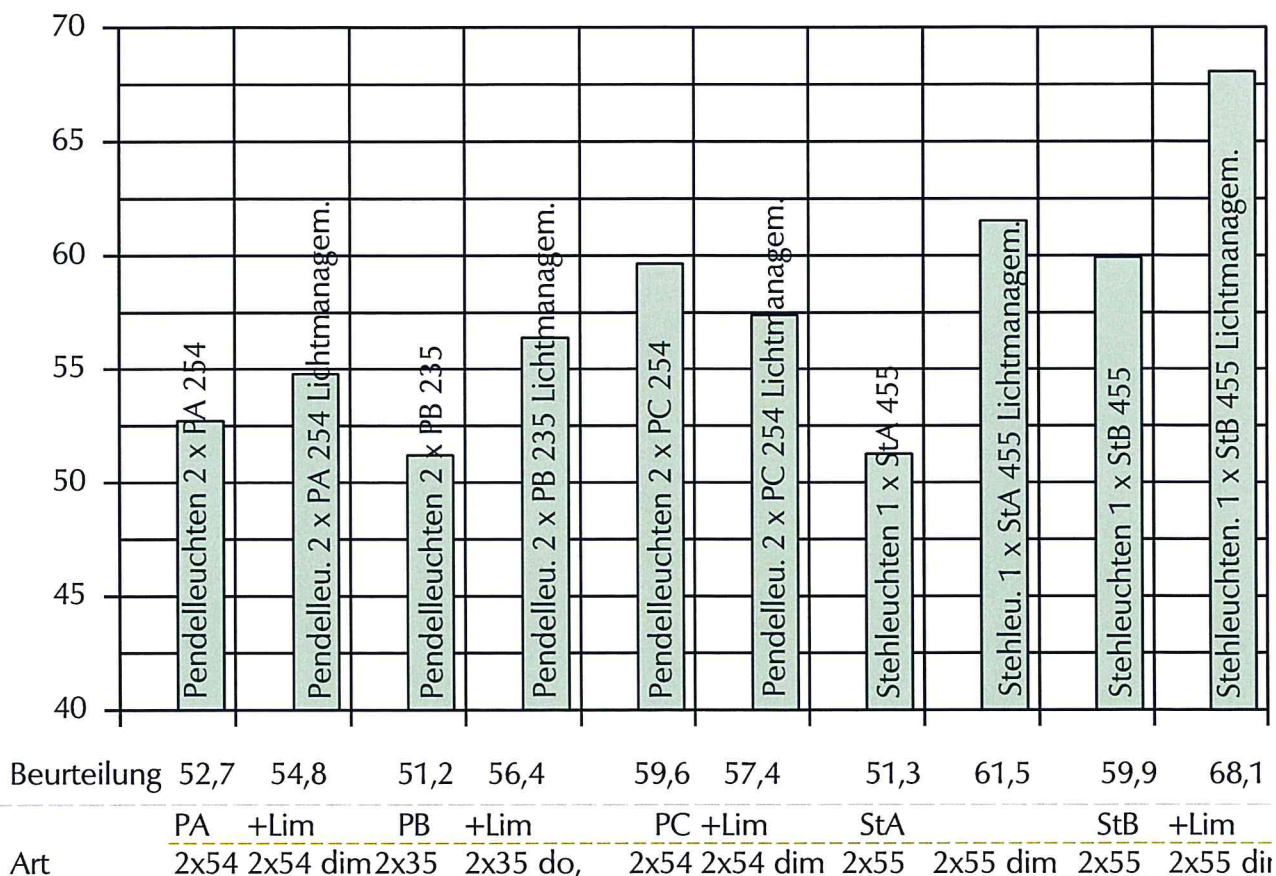
9. Ergebnis der Bewertungsmatrix:

Die Bewertungen wurden in drei Gruppen zusammengefaßt, Gebrauchstauglichkeitsmerkmale, Kosten und Sensortechnik. Jede Gruppe wurde gewichtet.



	Bewertungskala:		
	Gebrauchstauglichkeit	Kosten	Sensoranforderungen
Mittelwert	45,00 %	33,75 %	21,25 %

Schließlich erhält man dann ein Ergebnis der Bewertungsmatrix.



Die Pendelleuchten sind jeweils mit PA, PB, PC gekennzeichnet, die Stehleuchten mit StA, StB. Die Leuchten mit Lichtmanagement haben die Kennzeichnung "+lim".

10. Diskussion der Ergebnisse:

10.1 Vorsprung durch Technik und Ergonomie: Deutlicher Sieger ist nach dieser Bewertung die Stehleuchte St1 455 mit Lichtmanagement.

10.2 Lichtmanagement: Bei allen Leuchten schneidet die Version mit Lichtmanagement besser ab als die ohne Lichtmanagement. Eine Ausnahme bildet die Pendelleuchte PC.

10.3 Stehleuchten - Pendelleuchten: Nach den von uns vorgegebenen Kriterien schneiden die Stehleuchten mit Lichtmanagement besser ab als die Pendelleuchten.



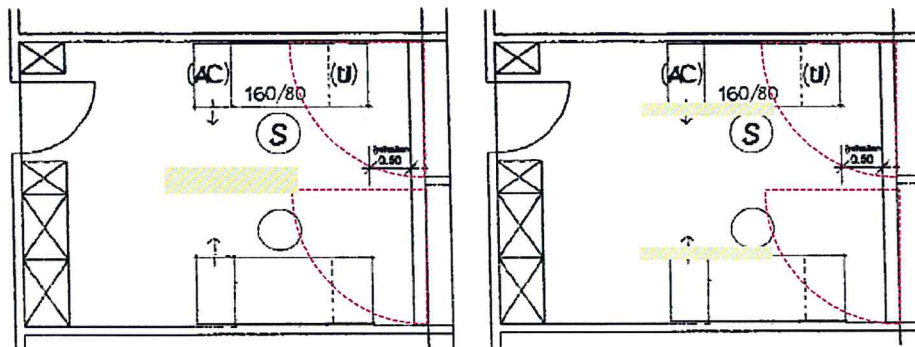
11. Umsetzung der Ergebnisse:

Nun ist das Projekt eigentlich fertig, es könnte realisiert werden. Bei der Vorstellung dieser Ergebnisse wurden nun noch zwei Korrekturen angeführt:

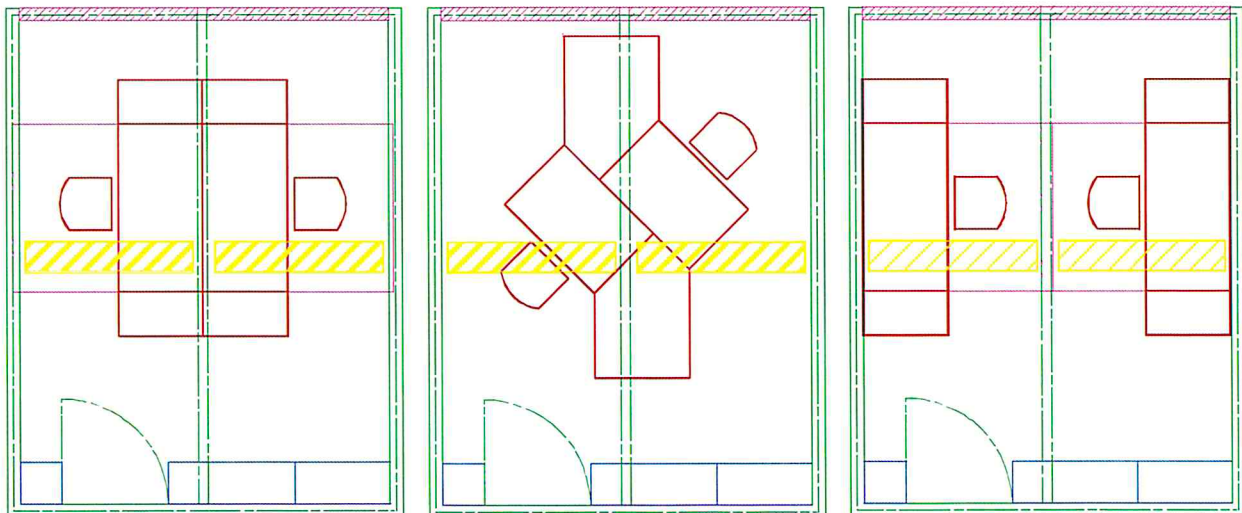
11.1 Stehleuchten - nein: Die Elektroabteilung legt ihr Veto gegen Stehleuchten ein.

11.2 weitere Arbeitsplatzkonfiguration: Die Organisationsabteilung stellt eine weitere Arbeitsplatzkonfiguration vor: Antiblockstellung

Dabei ist klar, daß die Pendelleuchten so nicht positioniert werden können, wie gezeigt, da das Licht im Rücken der Mitarbeiter konzentriert ist. Der Mitarbeiter sitzt in seinem eigenen Schatten.



Es gibt nur die Möglichkeit, die Leuchten parallel zum Fenster zu befestigen, um so auch der Antiblockstellung Rechnung zu tragen.



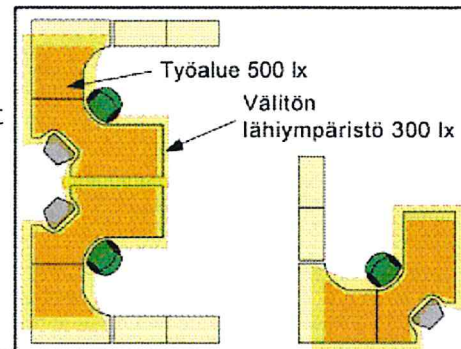
12. Dichtung und Wahrheit:

Aufgrund der neuen Situation sollte die Bewertungsmatrix erneut angewandt werden. Da der Auftraggeber aber nicht mehr gewillt war, dies erneut zu bezahlen, wurde verabredet, daß man die Ergebnisse der durchgeführten Bewertung für die neue Situation zugrunde legt, und nur aufgrund der lichttechnischen Berechnungen die Leistung anpaßt. Dies führte praktisch zu einer 60% Erhöhung der lichttechnischen Leistung.

13. VBG-Anordnung:

Parallel zur Erarbeitung der Ergebnisse wurde das Konzept der VBG vor Ort vorgestellt. Dabei wurde darauf verwiesen, daß man nach der EN 12464 geplant habe und nicht nach dem Entwurf der DIN 5035 T7. In der Konsequenz bedeutet dies:

13.1 Arbeitsfläche: Die Schreibtischfläche ist die Arbeitsfläche. Die Benutzerfläche wird nicht so ausgeleuchtet wie die Schreibtischfläche. Hier wurde insbesondere auf andere europäische Diskussionen zur beleuchteten Arbeitsfläche verwiesen. Hier sei ein finnisches Beispiel angeführt. Dort ist die Kernzone die Schreibtischfläche, die um einen Rand reduziert ist [2].



LID

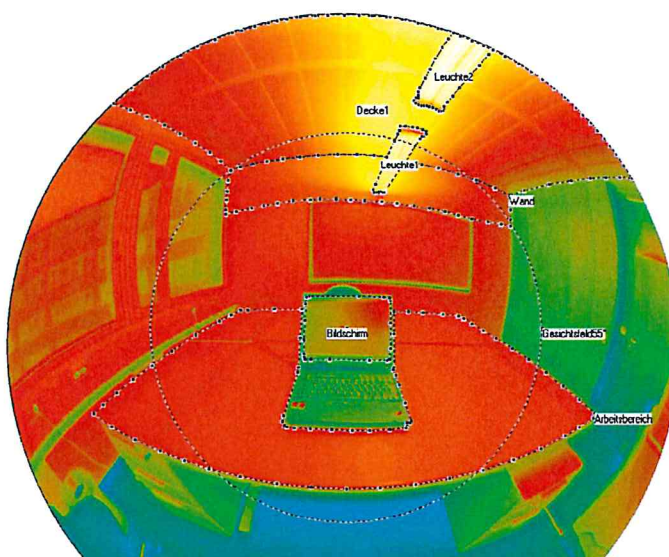
13.2 BGI 856: Die VBG führte aus, daß zukünftig die BGI 856 Grundlage für die Beurteilung sei. Diese war aber zum damaligen Zeitpunkt noch nicht erschienen und wurde auch von der VBG nicht ausgehändigt. Als wir darlegten, daß wir nicht bereit seien, ein Papier zum Maßstab zu machen, was noch nicht vorliege, eskalierte die Situation, die VBG drohte dann mit einer Anordnung. Diesem Vorgehen wurde nun heftig widersprochen.

Eine besonders pikante Note entwickelte sich erst, als bekannt wurde, daß die VBG für ein anderes Projekt jede Leuchte für Bildschirmarbeitsplätze geeignet hielt, die 70% Indirekt- und 30% Direktanteil aufweist.

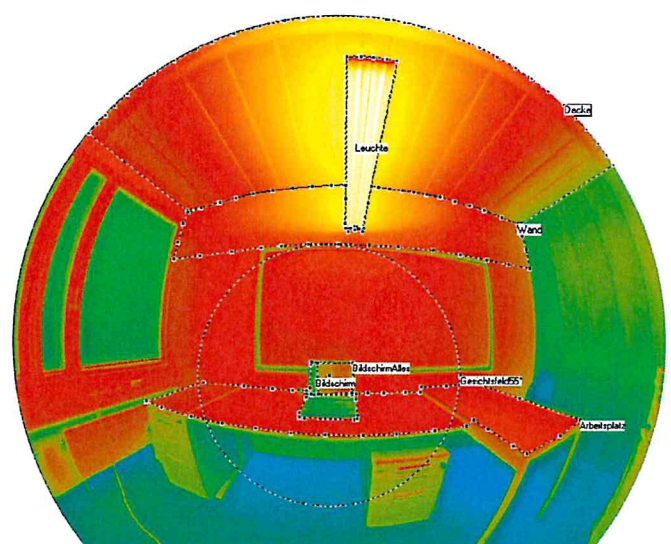
Letztendlich war dies nur ein Sturm im Wasserglas, weil sich, wie weiter oben dargelegt, die Rahmenbedingungen änderten.

14. Messen, was man sieht:

Für die jeweiligen Arbeitsplätze wird nun mit der Leuchtdichtekamera die tatsächlich vorliegende Situation vermessen. Aus den gemessenen Leuchtdichten



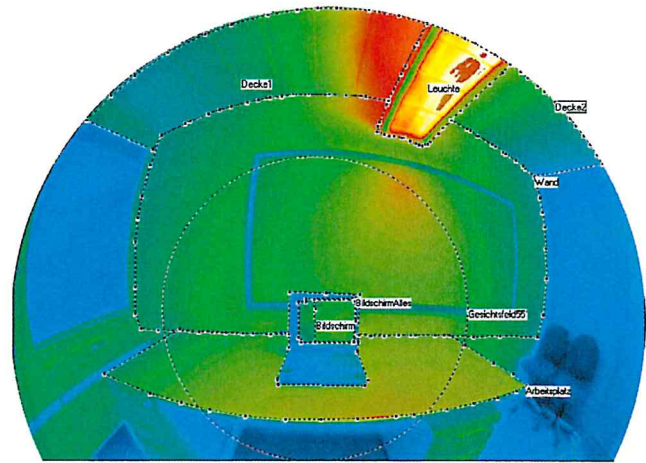
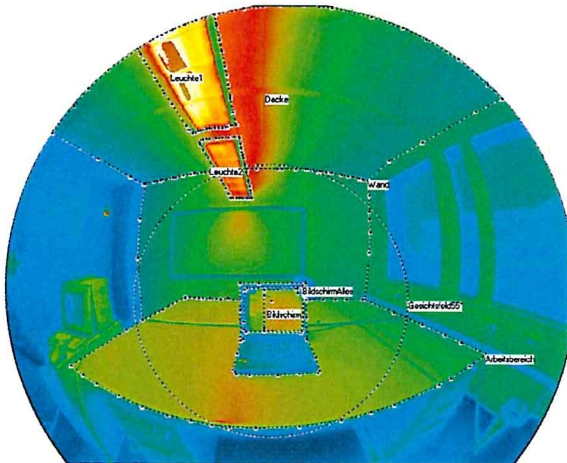
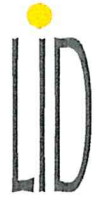
Reg.	Einheit	Anz	Mittel cd/m²	Sigma cd/m²	Min cd/m²	Max cd/m²
Decke	L-cd/m²	94,85e3	451,1	355,9	0,000	1,787e3
Leuchte	L-cd/m²	8,472e3	2,601e3	1,131e3	105,2	6,300e3
Wand	L-cd/m²	25,06e3	357,4	268,7	29,09	1,641e3
BildschirmAlles	L-cd/m²	2,032e3	72,45	21,35	27,97	106,0
Bildschirm	L-cd/m²	1,512e3	82,55	12,68	40,20	106,0
Arbeitsplatz	L-cd/m²	21,22e3	166,3	28,10	25,76	276,5
Gesichtsfeld55°	L-cd/m²	77,73e3	119,7	63,88	5,142	276,5



Reg.	Einheit	Anz	Mittel cd/m²	Sigma cd/m²	Min cd/m²	Max cd/m²
Decke	L-cd/m²	94,85e3	451,1	355,9	0,000	1,787e3
Leuchte	L-cd/m²	8,472e3	2,601e3	1,131e3	105,2	6,300e3
Wand	L-cd/m²	25,06e3	357,4	268,7	29,09	1,641e3
BildschirmAlles	L-cd/m²	2,032e3	72,45	21,35	27,97	106,0
Bildschirm	L-cd/m²	1,512e3	82,55	12,68	40,20	106,0
Arbeitsplatz	L-cd/m²	21,22e3	166,3	28,10	25,76	276,5
Gesichtsfeld55°	L-cd/m²	77,73e3	119,7	63,88	5,142	276,5

kann man dann die Leuchtdichtenverhältnisse ermitteln. Man erkennt vor allem, daß bei der Antiblockstellung beim Blick zum Bildschirm die Leuchtenleuchtdichte nicht mehr im Gesichtsfeld (Kreis Gesichtsfeld 55°) liegt.

Diegleiche Situation mit einer dominant direktstrahlenden Leuchte. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die max. Leuchtdichte nicht gemessen wurde, weil die Kamera übersteuerte (Flecken auf der Leuchte).



Reg.	Einheit	Anz	Mittel cd/m ²	Sigma cd/m ²	Min cd/m ²	Max cd/m ²
Decke	L-cd/m ²	87,37e3	109,3	137,8	9,600	714,7
Leuchte1	L-cd/m ²	13,19e3	1,998e3	2,345e3	65,53	15,07e3
Leuchte2	L-cd/m ²	3,628e3	633,7	428,7	54,64	2,120e3
Wand	L-cd/m ²	51,80e3	60,08	37,04	5,891	404,2
BildschirmAlles	L-cd/m ²	5,040e3	122,4	52,35	6,343	188,5
Bildschirm	L-cd/m ²	3,087e3	151,4	30,42	12,05	188,5
Arbeitsbereich	L-cd/m ²	61,57e3	117,3	35,20	12,60	315,6
Gesichtsfeld55°	L-cd/m ²	111,4e3	90,94	82,87	4,954	1,503e3

Reg.	Einheit	Anz	Mittel cd/m ²	Sigma cd/m ²	Min cd/m ²	Max cd/m ²
Decke1	L-cd/m ²	36,97e3	110,4	141,4	16,65	683,2
Decke2	L-cd/m ²	12,89e3	41,62	22,72	9,597	131,2
Leuchte	L-cd/m ²	12,96e3	2,047e3	2,508e3	51,66	14,29e3
Wand	L-cd/m ²	125,0e3	65,15	34,91	10,64	368,3
BildschirmAlles	L-cd/m ²	3,765e3	57,90	15,60	10,79	82,04
Bildschirm	L-cd/m ²	2,598e3	66,17	10,11	22,93	82,04
Arbeitsplatz	L-cd/m ²	36,34e3	97,65	28,18	7,345	334,8
Gesichtsfeld55°	L-cd/m ²	111,4e3	71,03	37,77	2,041	334,8

15. Neues Spiel - neues Glück:

Letztendlich war man nun nach sorgfältigen Bewertungen und Auswertungen dort angekommen, wo man vor der Bewertung gestartet war.

Wie leuchte ich den Raum aus, wenn überall im Raum Arbeitsplätze positioniert werden können.

Aus Kostengründen hat der Elektriker die Sensortechnik abgelehnt. Bei den Betriebskosten von 12 cent/kWh amortisiere sich die Sensortechnik erst nach 20 Jahren. Daher lohnt es nicht, Energie zu sparen.

Bei der Ausschreibung der Leuchte wurden nun sämtliche Bewertungskriterien über Bord geworfen. Die billigste Leuchte wurde erneut evaluiert, für tolerierbar gefunden, und eingesetzt.

16. Ceterum censeo:

Letztendlich waren Kosten die Triebfeder für die eigentliche Entscheidung. Alle Argumente und Bewertungen wurden als Alibi betrachtet, um die billigste Lichtlösung zu realisieren. Als die Ergebnisse der Bewertung nicht die erhofften Vorgaben erbrachten, wurde der weitere Weg nur die Kosten geprägt.

Literatur:

- [1] Kokoschka, S. Haubner, P. – Luminance ratios at visual display workstations and visual performance. - Lighting Research & Technology, Vol. 17, No.: 3, 1985, p 138 - 144
- [2] Lehtovara, J. – Hyvä valaistus tuottavassa toimistoympäristössä. - Tuottava toimisto 2005, Seminaari 26.11.2002