

Artikel: DIALux evo – Neue Methoden der Berechnung
Zeichen: 21.272 (inkl. Leerzeichen, Überschriften und Tabellen) + 7 Bilder
Wörter: 4553
Autor: Dipl.-Ing. (FH) Daniel Witzel

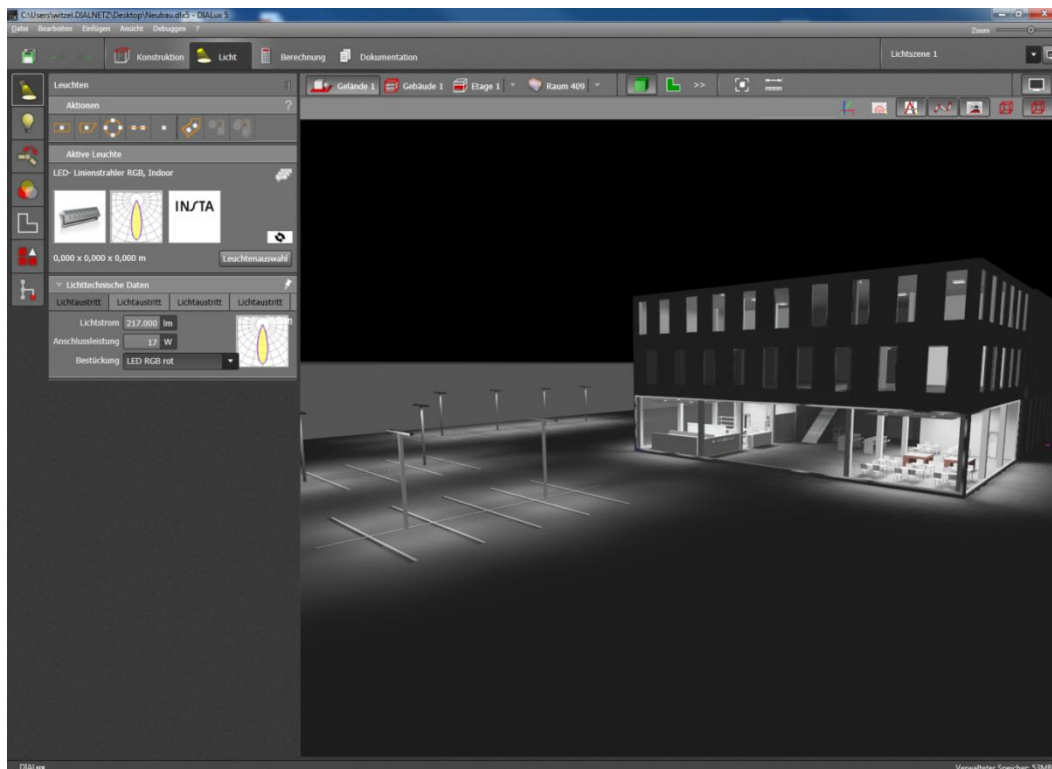
DIAL
light. building. software.

DIALux evo – neue Methoden der Berechnung

DIALux evo

Seit Oktober 2012 ist die neue Generation von DIALux verfügbar: DIALux evo. Ziel der neuen Version war, neben einer neuen Softwarearchitektur, eine gebäudeweite Planung zu ermöglichen. Die Grenze zwischen Innen- und Außenplanung sollte verschwinden, Gebäude sollten nicht nur als Summe einzelner Räume, sondern als Ganzes berechnet und dargestellt werden. Glas spielt in der modernen Architektur eine immer stärkere Rolle, also sollten einzelne Räume und der Außenbereich lichttechnisch miteinander interagieren.

Dazu mussten nahezu alle bisherigen Programmteile von DIALux vollständig neu erstellt werden. Die Bedienung musste den neuen Anforderungen angepasst werden, die CAD musste wesentlich leistungsstärker als die bisher verwendete Technik sein und der Rechenkern musste in die Lage versetzt werden, viel größere und komplexere Szenen zu berechnen. Außerdem sollte der neue Rechenkern auch in der Lage sein, spiegelnde Oberflächen korrekt zu berechnen. Bei der Betrachtung ganzer Gebäude spielen Lichtszenen natürlich eine viel stärkere Rolle. Auch dies musste bei der Neukonzeptionierung berücksichtigt werden.



Bisher wurde in DIALux und vielen anderen Lichtberechnungsprogrammen die Radiosity-Methode verwendet. Dabei wird der Energieaustausch zwischen jeder Fläche in der Szene berechnet. Um die genaue Lichtverteilung auf den einzelnen Flächen visualisieren zu können, werden die einzelnen Flächen in Teilflächen (Patches) unterteilt. Mit dem „adaptiven Meshing“ sorgt die Software dafür, dass die Flächen nicht mit festen Rastern statisch unterteilt, sondern dort fein unterteilt werden, wo große Unterschiede in der Beleuchtungsstärke auftreten. Damit ist eine hochaufgelöste Visualisierung möglich, bei möglichst geringer Berechnungszeit. Diese Methode widerspricht allerdings den üblichen normativen Berechnungsmethoden, bei denen starre Raster von Messpunkten verwendet werden, wie z. B. in der EN 12464-1 vorgegeben. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen entweder Berechnungspunkte zusätzlich zur Berechnung der Flächen ermittelt werden, oder die Ergebnisse auf den Punkten müssen aus den Flächen-Ergebnissen interpoliert werden.



Dieses Verfahren ist langerprobt und bietet in vielen Fällen eine hinreichend genaue Berechnung. Warum also ein neues Verfahren? Radiosity weist zwei Schwachpunkte auf: Zum Einen kann die Berechnung bei großen Szenen sehr lange dauern. Einzelne, simple Räume können mit Radiosity sehr schnell berechnet werden, bei komplexen Geometrien oder ganzen Gebäude ist die Berechnungszeit zu lang. Zum Anderen berücksichtigt die Berechnungsmethode ausschließlich diffus reflektierende Materialien. Transmission und spiegelnde Flächen sind nur mit einigen Tricks vereinfacht zu berechnen.

Nachdem einige alternative Berechnungsmethoden ausprobiert wurden, fiel die Entscheidung zugunsten des sogenannten Photonshootings. Entsprechend der Lichtverteilung wird Licht auf die sichtbaren Flächen verteilt. Von dort aus werden Photonen gerichtet oder diffus weitergeleitet oder aber transmittiert oder absorbiert, je nach Materialeigenschaft. Auf den getroffenen Flächen werden die Photonen eingesammelt und eine Dichteabschätzung vorgenommen. Aus der Anzahl der Photonen pro Fläche und deren Energiegehalt wird die Beleuchtungsstärke, bzw. die Leuchtdichte ermittelt. Der Vorteil diese Prinzips liegt auf der Hand: Es entspricht in einer groben Annäherung der Verteilung des Lichts in der Realität. Das Verfahren ist leicht zu parallelisieren.

Welche Nachteile hat dieses Prinzip?

Zum Einen benötigen einfache Geometrien im Vergleich zum Radiosity verhältnismäßig viel Zeit, weil die Anzahl der verschossenen Photonen relativ hoch sein muss. Zum Anderen kann es unter Umständen passieren, dass trotz großer Anzahl von Photonen kleine Flächen nicht oder nur unzureichend von Photonen getroffen werden. Ziel einer zukünftigen Optimierung des Photonshooters ist es also, eine ausreichend große Zahl von Photonen zu verschicken, bzw. die Anzahl der Photonen dynamisch an die Situation anzupassen.

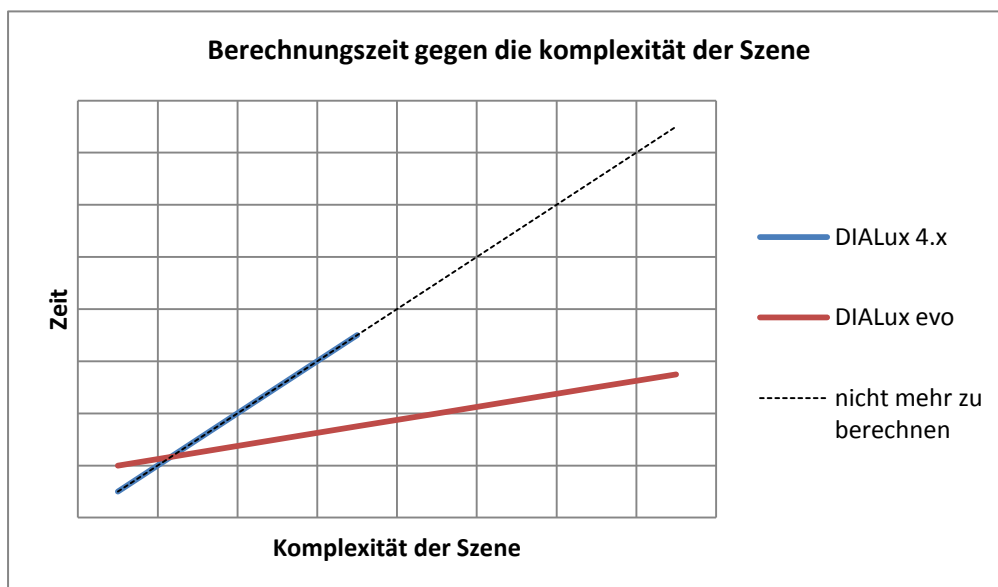
Rechnen mit Steuergruppen

Rechnen, egal mit welcher Methode, kostet Zeit. Deshalb ist es schade, dass nach erfolgreicher Berechnung die Anpassung von einzelnen Lichtszenen, um beispielsweise den Energieverbrauch zu optimieren oder eine bestimmte Lichtwirkung zu erzielen, eine vollständig neue Berechnung erfordert. DIALux evo geht einen völlig neuen Weg: Der

Planer bestimmt für jede Lichtszene Leuchtengruppen, die er in der jeweiligen Lichtszene unabhängig voneinander dimmen, bzw. einstellen möchte. Vor der Berechnung ermittelt DIALux evo aus allen Lichtszenen die Steuergruppen, die für diese Lichtszenen notwendig sind. So verhindert DIALux evo, dass eine Leuchtengruppe innerhalb einer Lichtszene unterschiedliche Dimmzustände annimmt. Jede Steuergruppe wird jetzt von DIALux evo getrennt berechnet. Dadurch wird die Berechnungszeit zunächst einmal vervielfacht. Andererseits kann dadurch das Ergebnis einer Lichtszene nachträglich angepasst werden. Die Ergebnisse der einzelnen Steuergruppen werden nach jeder Änderung addiert. Statt jetzt die gesamte Berechnung erneut durchlaufen zu lassen, sind lediglich die Lichttexturen auf den Flächen erneut zu erstellen.

Der Rechenkern in der Praxis

Die erwarteten Stärken und Schwächen des neuen Rechenkerns haben sich in der Praxis bewährt: Bei einzelnen Räumen ist die Berechnungszeit mit dem Photonshooter größer als mit dem Radiosity-Berechnungskern. Bei komplexeren Szenen werden die Vorteile der neuen Methode sichtbar. Die Berechnungszeit ist bei solchen Szenen wesentlich kürzer als bei dem alten Verfahren. Sehr komplexe Szenen, die bisher nicht zu berechnen waren, führen jetzt in annehmbarer Zeit zu einem Ergebnis.



Testfall 1 - Gleichmäßige Verteilung

Vor einigen Jahren wurde in Karlsruhe ein einfacher Testfall für Lichtberechnungsprogramme entwickelt. Bei diesem Test wird eine künstliche Lichtquelle in einem 5 m x 5 m x 5 m Raum platziert, jede Fläche hat einen Reflexionsgrad von 50%. Theoretisch sollte auf jeder Fläche im Raum eine gleichmäßige Beleuchtungsstärke von 200 lx berechnet werden, je 100 lx durch direkt verteiltes Licht und 100 lx durch indirekte Beleuchtung.

Artikel: DIALux evo – Neue Methoden der Berechnung
Zeichen: 21.272 (inkl. Leerzeichen, Überschriften und Tabellen) + 7 Bilder
Wörter: 4553
Autor: Dipl.-Ing. (FH) Daniel Witzel

DIAL
light. building. software.

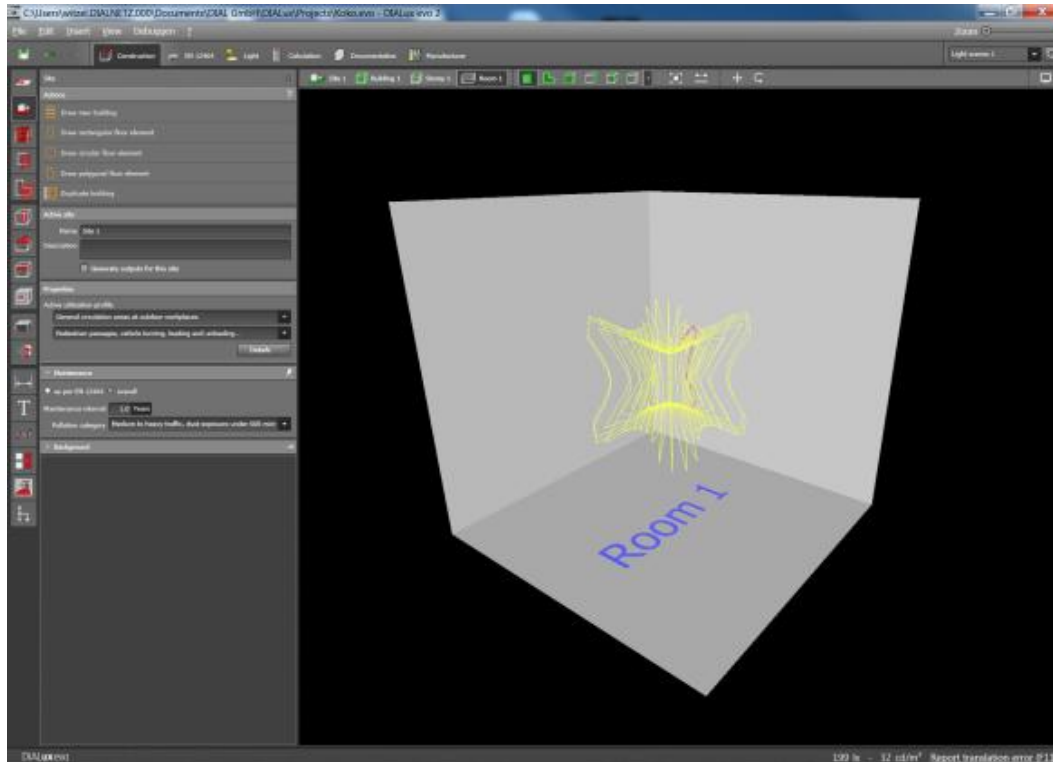


Abbildung 1: Erster Testfall unberechnet

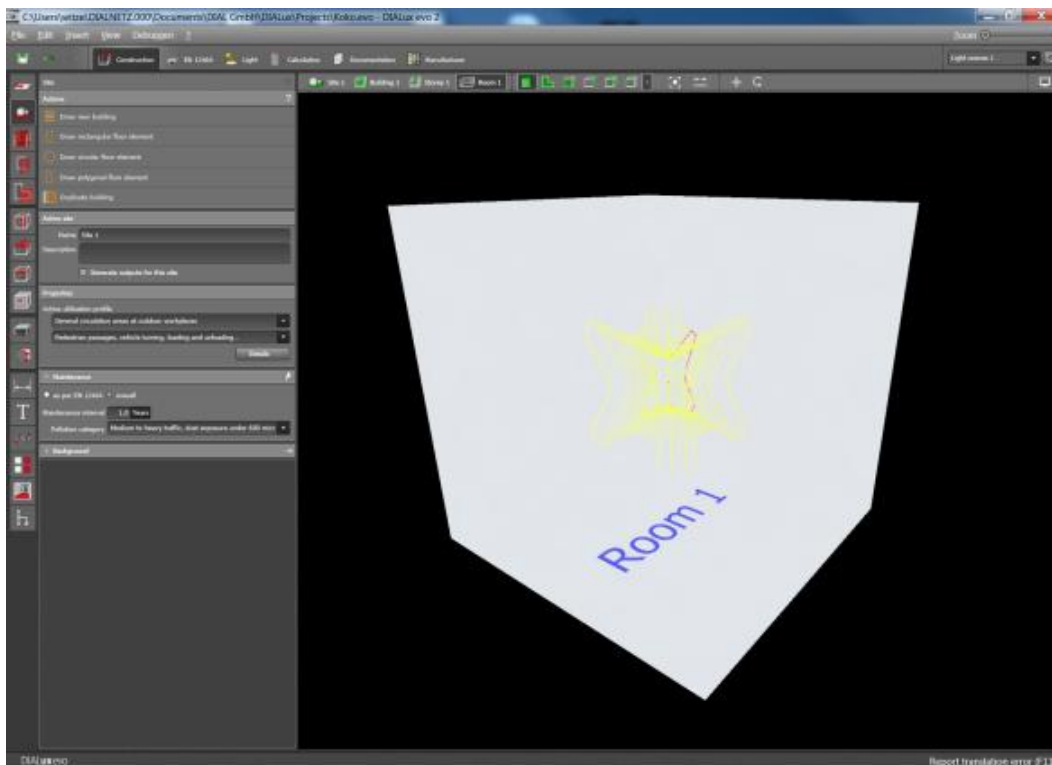


Abbildung 2: Erster Testfall berechnet

Artikel: DIALux evo – Neue Methoden der Berechnung
 Zeichen: 21.272 (inkl. Leerzeichen, Überschriften und Tabellen) + 7 Bilder
 Wörter: 4553
 Autor: Dipl.-Ing. (FH) Daniel Witzel

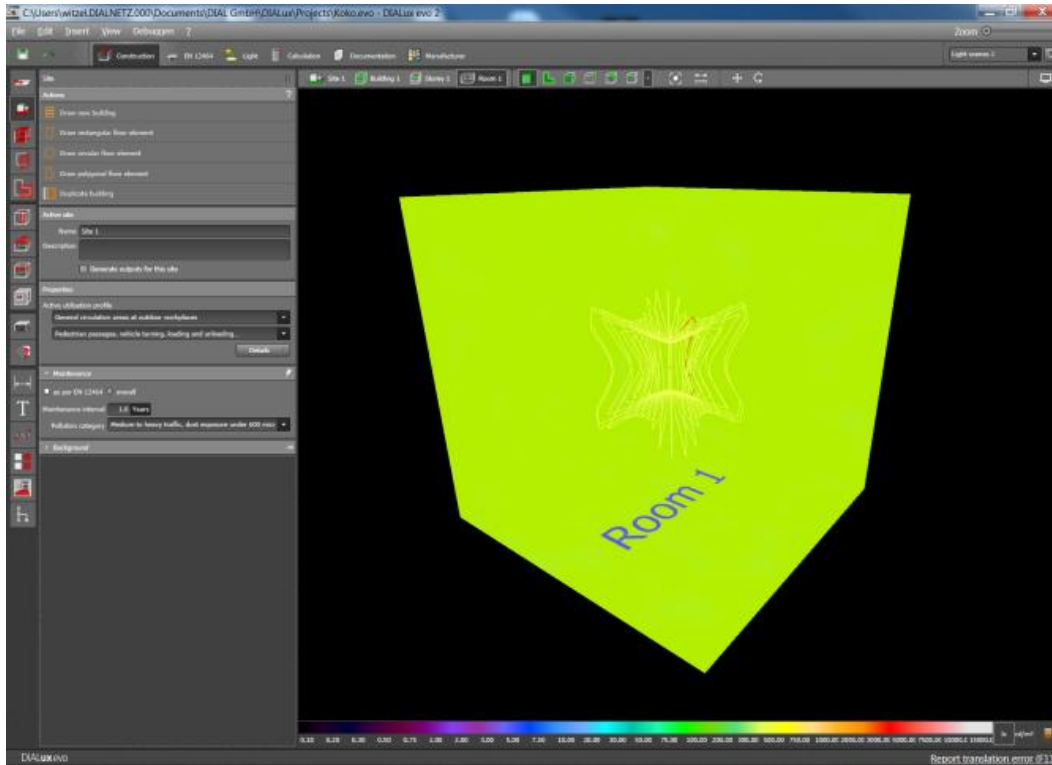


Abbildung 3: Erster Testfall Falschfarbendarstellung

Berechnungspunkte Boden – indirekte Berechnung

Position	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75
0,25	99,9	100,1	100,4	99,8	99,9	100,1	99,8	99,8	99,9	100,7
0,75	100,2	99,9	100,2	100,0	100,2	99,9	100,1	100,0	100,1	100,1
1,25	100,3	100,0	100,1	100,0	100,0	100,1	100,1	99,9	100,0	99,6
1,75	99,8	99,9	99,9	100,0	100,0	100,0	100,1	99,9	99,9	99,8
2,25	99,6	99,8	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,6
2,75	99,3	99,7	100,0	99,8	99,9	100,0	99,9	99,9	99,8	100,2
3,25	99,7	99,8	99,9	100,1	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9
3,75	99,8	99,9	99,9	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,1	100,1
4,25	100,3	100,0	99,9	99,9	100,1	99,8	100,1	100,0	100,4	100,4
4,75	99,9	99,8	99,8	99,7	99,9	99,9	100,1	100,3	100,6	100,5

Berechnungspunkte Boden – direkte Berechnung

Position	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75
0,25	100,5	100,5	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,5	100,5
0,75	100,5	100,5	100,4	100,5	100,4	100,4	100,5	100,4	100,5	100,5
1,25	100,4	100,4	100,4	100,5	100,4	100,4	100,5	100,4	100,4	100,4
1,75	100,4	100,5	100,5	100,4	100,3	100,3	100,4	100,5	100,5	100,4
2,25	100,4	100,4	100,4	100,3	100,4	100,4	100,3	100,4	100,4	100,4
2,75	100,4	100,4	100,4	100,3	100,4	100,4	100,3	100,4	100,4	100,4
3,25	100,4	100,5	100,5	100,4	100,3	100,3	100,4	100,5	100,5	100,4
3,75	100,4	100,4	100,4	100,5	100,4	100,4	100,5	100,4	100,4	100,4
4,25	100,5	100,5	100,4	100,5	100,4	100,4	100,5	100,4	100,5	100,5
4,75	100,5	100,5	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,5	100,5

Schon die Visualisierung zeigt die erwartete Gleichmäßigkeit. In den Tabellen ist zu sehen, dass die Abweichung zum theoretisch richtigen Wert an allen Punkten unter 1% liegt.

Rechenvergleiche zur CIE

Wie schon erwähnt spielt der Photonshooter seine Stärke bei komplexen Szenen aus. Von daher sind die vergleichsweise einfachen Testszenen der CIE TC 3.33 nicht ideal, um einen Photonshooter zu testen. Dennoch wird natürlich von einer Lichtberechnungssoftware erwartet, diese Anforderungen zu erfüllen.

CIE Testfall 4.1

Im ersten Vergleichstest wird ein einfacher, rechteckiger Raum von 6,78 m x 6,72 m und einer Raumhöhe von 3,24 m betrachtet. Bei den Leuchten handelt es sich um freistrahkende Leuchtstofflampen in einem 2 m x 2 m Raster. Die genaue Versuchsbeschreibung finden Sie in der CIE 171:2006.

Photonshooter – Berechnungspunkte 4.1

Position	Sensor							
		1	2	3	4	5	6	7
TE UL		91	107	115	118	116	107	93
MB UL		85	100	108	110	108	100	87
1		70,3	80,2	85,8	87,6	86,9	78,8	67,0
MB LL		65	77	83	85	83	77	67
TE LL		59	70	75	77	76	70	61
Position	Sensor							
		1	2	3	4	5	6	7
TE UL		103	124	130	129	129	124	105
MB UL		96	116	122	120	121	116	98
2		77,9	85,8	99,0	95,6	97,7	91,0	76,9
MB LL		74	89	94	93	93	89	75
TE LL		67	81	85	84	84	81	68

Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	112	132	141	141	141	131	113
MB UL	105	123	132	132	132	122	106
3	84,1	100,3	105,0	105,1	104,6	96,6	87,3
MB LL	81	95	101	102	101	94	81
TE LL	73	86	92	92	92	86	74
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	115	133	143	146	143	133	116
MB UL	108	124	133	137	133	124	108
4	87,9	99,1	107,3	112,4	108,0	99,9	86,0
MB LL	83	96	103	105	103	96	83
TE LL	75	87	93	96	93	87	76
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	113	132	141	140	141	132	112
MB UL	105	124	131	131	131	123	105
5	86,3	96,1	104,6	105,2	104,8	99,0	84,6
MB LL	81	95	101	101	101	95	81
TE LL	74	86	92	92	92	86	73
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	103	124	130	127	130	123	104
MB UL	97	116	121	119	121	115	97
6	78,8	92,6	98,2	100,3	97,9	92,4	79,8
MB LL	74	89	93	92	93	89	75
TE LL	68	81	85	83	85	81	68
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	92	108	116	117	115	108	92
MB UL	86	100	108	109	107	100	86
7	69,4	78,4	86,2	87,5	88,5	80,4	67,9
MB LL	66	77	83	84	83	77	66
TE LL	60	70	76	76	75	70	60

In der Tabelle sind die oberen und unteren Grenzen für die vorgegebenen Messpunkte beschrieben. TE UL: Obere Grenze der gesamten Fehlertoleranz, + 10,5%

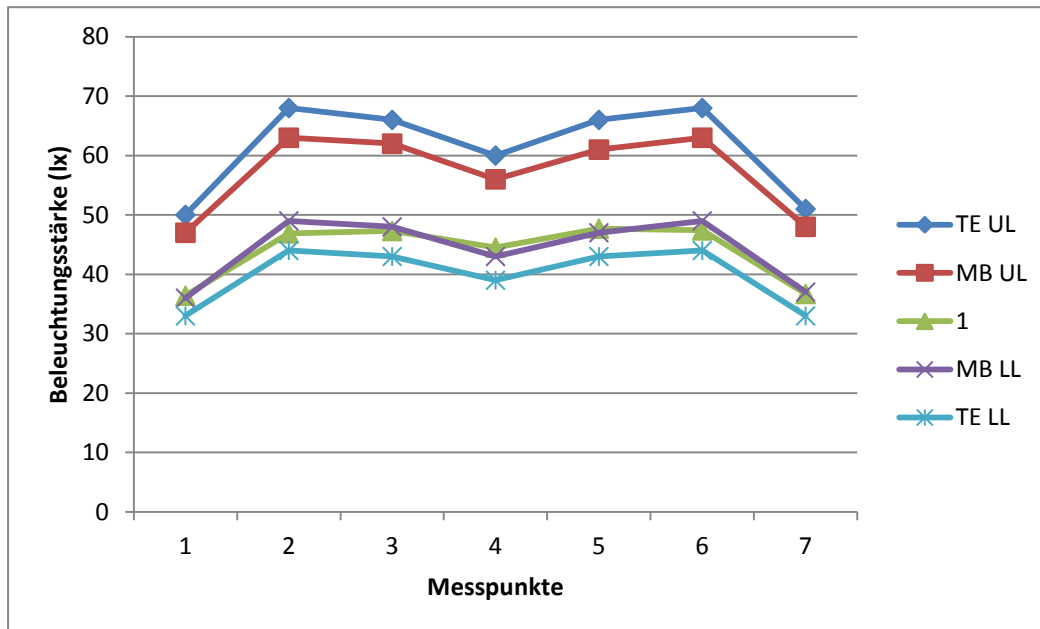
TE LL: untere Grenze der gesamten Fehlertoleranz, -10,5%

MB UL: obere Grenze der Messtoleranz, + 6,7%

MB LL: untere Grenze der Messtoleranz, - 6,7%

In der Mitte sehen Sie den vom Photonshooter berechneten Wert an der jeweiligen Position. Es ist zu sehen, dass alle Werte innerhalb der zulässigen Fehlertoleranz liegen. Bis auf zwei Berechnungspunkte liegen sogar alle innerhalb der Messtoleranz.

Darstellung der berechneten Werte innerhalb der Mess- bzw. Fehlertoleranz für Position 1



CIE Test 4.2

Im zweiten Vergleichstest erfolgt die Berechnung mit diffus strahlenden Leuchten anstelle der freistrahrenden Lampen.

Photonshooter – Berechnungspunkte 4.2

Position	Sensor						
		1	2	3	4	5	6
TE UL		50	68	66	60	66	68
MB UL		47	63	62	56	61	63
1		36,4	46,9	47,3	44,5	47,7	47,4
MB LL		36	49	48	43	47	49
TE LL		33	44	43	39	43	44
Position	Sensor						
		1	2	3	4	5	6
TE UL		65	93	88	77	87	93
MB UL		61	87	83	72	81	87
2		46,8	63,0	62,0	56,0	62,6	64,0
MB LL		47	67	64	55	63	67
TE LL		43	61	58	50	57	61
Position	Sensor						
		1	2	3	4	5	6
TE UL		65	90	87	77	85	90
MB UL		61	84	81	72	80	84
3		47,1	62,0	62,0	57,6	63,1	63,5
MB LL		47	65	62	56	61	65

TE LL	42	59	57	50	56	59	43
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	61	79	77	72	77	79	61
MB UL	57	74	72	67	72	73	57
4	44,2	56,0	57,5	55,7	59,5	59,0	46,6
MB LL	44	57	55	52	55	56	44
TE LL	40	52	50	47	50	51	40
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	66	89	85	75	83	87	64
MB UL	61	83	79	70	78	82	60
5	47,1	62,0	62,4	59,0	66,2	67,3	51,1
MB LL	47	64	61	54	60	63	46
TE LL	43	58	55	49	54	57	42
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	65	92	85	74	83	89	63
MB UL	61	86	80	69	78	83	59
6	46,6	63,0	62,5	58,2	67,0	69,3	51,3
MB LL	47	66	61	53	60	64	46
TE LL	43	60	56	48	54	58	41
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	50	66	64	57	62	64	48
MB UL	47	62	60	54	58	60	45
7	36,2	47,0	48,0	46,2	51,1	51,4	39,7
MB LL	36	48	46	41	45	46	35
TE LL	33	43	42	38	41	42	31

Wieder liegen die meisten gerechneten Werte innerhalb des zulässigen Gesamtfehlers. 58% der Werte liegen sogar innerhalb der Messtoleranz.

CIE Test 4.3

In diesem Testfall werden Leuchten mit matt-glänzenden Reflektoren verwendet. Wie die Tabelle zeigt liegen alle Werte innerhalb der angegebenen Messtoleranz.

Photonshooter – Berechnungspunkte 4.3

Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	178	279	265	222	265	279	180
MB UL	166	261	248	207	248	261	168
1	161,6	254,4	232,4	192,8	239,2	253,0	157,9

MB LL	128	201	191	159	191	201	130
TE LL	116	182	173	145	173	182	118
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	206	312	305	258	308	317	214
MB UL	192	291	285	241	288	296	200
2	185,5	274,8	258,6	218,0	257,6	263,7	176,8
MB LL	148	224	219	186	222	228	154
TE LL	135	203	199	169	201	207	140
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	229	353	337	281	342	358	232
MB UL	214	330	315	262	319	334	217
3	203,5	314,2	294,9	245,2	296,1	308,3	200,3
MB LL	165	254	242	202	246	257	167
TE LL	149	230	220	183	223	234	152
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	209	310	303	265	311	315	207
MB UL	195	290	283	247	290	294	193
4	185,4	279,7	262,0	224,9	265,5	274,8	180,4
MB LL	150	223	218	191	224	227	149
TE LL	136	203	198	173	203	206	135
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	230	358	345	286	344	356	229
MB UL	215	334	322	267	321	332	214
5	203,0	310,7	289,5	243,6	298,5	308,6	199,3
MB LL	165	257	248	206	247	256	165
TE LL	150	234	225	187	225	232	150
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	221	329	317	264	312	317	209
MB UL	206	308	296	247	291	296	196
6	181,9	272,8	258,2	221,8	268,5	278,9	186,3
MB LL	159	237	228	190	224	228	151
TE LL	144	215	207	173	204	207	137
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	188	289	273	229	274	283	180
MB UL	176	270	255	214	255	264	168
7	164,3	255,6	235,3	196,2	241,8	255,3	162,1
MB LL	135	208	196	165	197	204	129
TE LL	123	189	178	150	179	185	117

CIE Test 4.4

In diesem Testfall werden die Reflexionsgrade der Wände auf 4%, die Decke auf 3% und der Boden auf 6% reduziert. Als Lichtquellen werden, wie im ersten Testfall, freistrahkende Leuchtstofflampen verwendet. Drei Werte liegen innerhalb der zulässigen Fehlertoleranz, alle anderen Werte sogar innerhalb der Messtoleranz.

Photonshooter - Berechnungspunkte 4.4

Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	30	32	39	43	40	33	31
MB UL	28	29	37	40	38	30	29
1	25,7	28,6	34,3	36,6	33,7	28,9	26,0
MB LL	22	23	28	31	29	23	22
TE LL	20	21	26	28	26	21	20
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	31	32	39	42	41	33	31
MB UL	28	30	37	39	38	31	29
2	27,9	30,2	36,1	39,3	36,0	30,5	28,0
MB LL	22	23	28	30	29	24	23
TE LL	20	21	26	28	27	21	21
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	39	41	51	54	51	40	38
MB UL	36	38	48	51	47	38	35
3	33,6	37,1	44,3	48,4	44,0	37,2	34,2
MB LL	28	29	37	39	37	29	27
TE LL	25	27	33	36	33	26	25
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	43	46	57	62	57	46	43
MB UL	40	43	53	57	53	43	40
4	36,4	41,1	49,2	52,3	48,7	41,2	36,6
MB LL	31	33	41	44	41	33	31
TE LL	28	30	37	40	37	30	28
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	38	40	51	54	51	41	38
MB UL	35	38	48	51	48	38	36
5	33,7	36,7	43,9	48,0	43,5	36,8	33,4
MB LL	27	29	37	39	37	29	28
TE LL	25	26	33	35	34	27	25
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	31	33	41	43	40	33	31

MB UL	29	30	39	40	38	31	29
6	28,3	30,7	36,7	39,8	36,3	30,6	28,2
MB LL	23	23	30	31	29	23	23
TE LL	20	21	27	28	26	21	20
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	31	33	42	44	41	33	32
MB UL	29	31	39	41	38	31	30
7	26,4	29,3	34,6	37,4	34,8	29,2	26,3
MB LL	22	24	30	32	29	24	23
TE LL	20	21	27	29	26	22	21

CIE Test 4.5

Die Reflexionsgrade sind in diesem Fall wie in 4.4 auf unter 6% reduziert, die Leuchten entsprechen dem Testfall 4.2. Die Tabelle zeigt, dass lediglich zwei Werte innerhalb der zulässigen Fehlertoleranz liegen, alle anderen liegen innerhalb der Messtoleranz.

Photons shooter - Berechnungspunkte 4.5

Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	32	48	47	42	47	48	33
MB UL	30	44	44	40	44	45	31
1	24,4	34,9	35,7	33,1	36,0	35,3	24,8
MB LL	23	34	34	31	34	35	24
TE LL	21	31	31	28	31	31	22
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	46	73	70	60	69	74	48
MB UL	43	68	66	56	64	69	44
2	34,7	52,1	51,7	46,0	52,3	52,9	35,3
MB LL	33	53	51	43	49	53	34
TE LL	30	48	46	39	45	48	31
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	47	71	70	61	69	72	48
MB UL	44	66	65	57	65	67	45
3	35,5	51,8	52,5	48,3	53,5	53,1	36,6
MB LL	34	51	50	44	50	52	34
TE LL	30	46	45	40	45	47	31
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	43	61	62	56	61	61	43
MB UL	40	57	57	53	57	57	40
4	32,9	46,0	48,2	46,6	50,1	48,7	35,0
MB LL	31	44	44	40	44	44	31

TE LL	28	40	40	37	40	40	28
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	47	71	68	60	68	70	47
MB UL	44	66	64	56	63	65	43
5	35,4	51,7	52,9	49,7	56,5	56,7	38,9
MB LL	34	51	49	43	49	50	33
TE LL	31	46	44	39	44	46	30
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	46	72	68	57	66	71	45
MB UL	43	67	63	54	62	66	42
6	34,5	52,0	52,2	48,0	56,4	57,9	38,5
MB LL	33	52	49	41	47	51	33
TE LL	30	47	44	37	43	46	30
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	32	47	46	40	45	45	31
MB UL	30	44	43	38	42	42	29
7	24,4	34,9	36,2	34,7	38,9	38,7	27,1
MB LL	23	34	33	29	32	33	23
TE LL	21	30	30	26	29	30	20

CIE Test 4.6

Wieder liegen die Reflexionsgrade unterhalb von 6%, wie schon unter 4.4 und 4.5. Als Leuchte dient die Photometrie, die bereits unter 4.3 verwendet wurde. Lediglich ein Wert liegt innerhalb des zulässigen Gesamtfehlers, alle anderen innerhalb der Messtoleranz.

Photonshooter - Berechnungspunkte 4.6

Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	146	249	237	197	237	252	149
MB UL	136	232	221	184	221	235	139
1	131,5	212,1	199,6	170,5	209,4	216,5	131,6
MB LL	105	179	170	142	170	181	107
TE LL	95	162	155	129	155	164	97
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	172	288	282	236	284	294	179
MB UL	161	269	263	221	265	275	168
2	159,8	250,8	240,6	207,6	244,7	247,4	156,4
MB LL	124	207	202	170	204	211	129
TE LL	113	188	184	154	185	192	117
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7

TE UL	195	329	313	258	317	335	196
MB UL	182	307	292	241	296	312	183
3	174,0	278,4	267,2	227,6	271,9	278,4	174,1
MB LL	140	237	225	185	228	241	141
TE LL	127	215	204	168	207	218	128
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	178	287	278	242	285	290	176
MB UL	166	268	259	226	266	271	164
4	168,3	263,5	253,2	218,0	257,4	260,3	163,9
MB LL	128	206	200	174	205	209	126
TE LL	116	187	181	158	186	190	115
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	196	334	320	262	319	333	196
MB UL	183	312	299	244	298	311	183
5	179,4	284,5	270,1	229,6	274,0	278,2	172,8
MB LL	141	240	230	188	230	239	141
TE LL	128	218	209	171	208	217	128
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	186	306	292	242	287	292	175
MB UL	174	286	273	226	268	273	163
6	163,2	257,5	247,4	212,8	251,9	256,4	161,9
MB LL	134	220	210	174	206	210	126
TE LL	122	200	191	158	187	191	114
Position	Sensor						
	1	2	3	4	5	6	7
TE UL	155	258	241	202	242	251	146
MB UL	145	241	225	189	226	234	136
7	138,0	221,4	209,1	175,8	210,7	216,5	133,2
MB LL	111	186	173	145	174	180	105
TE LL	101	169	157	132	158	164	95

Weitere Testfälle

Bei den Testfällen der CIE 171:2006 5.2 bis 5.7 liegen keine physikalischen Szenarien zugrunde. Sie untersuchen die Berechnungsgenauigkeit analytisch, basierend auf der theoretischen Betrachtung mit Punktlichtquellen. Die genaue Versuchsanordnung entnehmen Sie bitte der CIE 171:2006.

CIE Test 5.2 - Asymmetrische CIE T9 Photometrie

Punkt	d (m)	Winkel (°)	E (lx)	DIALux	Fehler (%)
A	3,000	0,000	111,110	111,5	0,4
B	3,041	9,460	122,250	122,7	0,3
C	3,162	18,430	124,080	124,5	0,4
D	3,354	26,570	117,310	117,7	0,3
E	3,082	13,260	113,650	113,8	0,1
F	3,202	20,440	113,410	113,5	0,1
G	3,391	27,790	102,740	102,5	-0,2
H	3,317	25,240	91,570	91,8	0,3
I	3,500	31,000	81,650	81,6	0,0
J	3,674	35,260	62,160	62,3	0,2

CIE Test 5.2 - Rein diffuse Photometrie

Punkt	d (m)	Winkel (°)	E (lx)	DIALux	Fehler(%)
A	3,000	0,000	111,110	111,1	0,0
B	3,041	9,460	105,210	105,1	-0,1
C	3,162	18,430	90,020	90,0	0,0
D	3,354	26,570	71,110	71,0	-0,1
E	3,082	13,260	99,730	99,7	0,0
F	3,202	20,440	85,640	85,7	0,1
G	3,391	27,790	68,060	68,1	0,0
H	3,317	25,240	74,360	74,4	0,0
I	3,500	31,000	59,980	60,0	0,0
J	3,674	35,260	49,390	49,4	0,1

CIE Test 5.3 - Asymmetrische CIE T9 Photometrie

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
E(lx)	56,7 3	122,1 0	126,9 5	108,6 1	86,1 3	66,0 7	99,6 2	115,5 3	119,3 4	113,8 0	99,9 7	81,9 8	63,3 0	47,3 9
DIALu x	56,3	121,9	126,8	108,4	86,0	66,1	99,6	115,3	119,3	113,6	100, 0	82,0	63,5	47,9
Fehler (%)	-0,8	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-0,2	-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,3	1,0

CIE Test 5.3 - Rein diffuse Photometrie

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
E (lx)	32,68	75,09	81,38	69,12	53,41	39,90	61,27	79,18	95,52	105,89	105,89	95,52	79,18	61,27
DIALux	32,6	75,2	81,3	69,0	53,4	40,0	61,4	79,2	95,6	105,7	105,7	95,6	79,2	61,4
Fehler (%)	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	-0,2	-0,2	0,1	0,0	0,2

CIE Test 5.6.2.1 - Fläche 0,5 m x 0,5 m

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
E/(Ehz'p) (%)	0,246	0,58	0,644	0,556	0,433	0,325	0,491	0,639	0,778	0,864	0,864	0,778	0,639	0,491
DIALux	0,2	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
Fehler(%)	-4,7	0,6	0,0	0,6	-2,9	1,1	-0,4	-3,5	0,8	-0,7	-2,3	-4,4	0,5	-0,1

CIE Test 5.6.2.2 - Fläche 4 m x 4 m

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
E/(Ehz'p) (%)	-	35,901	27,992	21,639	16,716	12,967	26,8	30,94	33,98	35,57	35,57	33,98	30,94	26,8
DIALux	-	36,5	28,1	22,1	17,0	12,7	27,6	30,1	34,6	35,5	35,9	33,7	30,7	26,7
Fehler(%)	-	1,6	0,5	2,0	1,7	-2,3	3,1	-2,8	1,7	-0,1	0,8	-0,9	-0,7	-0,3

CIE 5.6.2.3 - Fläche 500 m x 500 m

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
E/(Ehz'p) (%)	3,08	9,10	14,72	19,77	24,16	27,90	10,95	13,26	16,21	20,00	24,80	30,77	37,87	45,84
DIALux	2,9	8,6	13,2	19,1	23,6	27,0	10,5	12,5	15,3	18,1	23,8	28,9	35,0	42,4
Fehler(%)	-7,1	-5,3	-10,6	-3,4	-2,3	-3,2	-4,1	-5,5	-5,7	-9,4	-4,0	-5,9	-7,5	-7,5

Zusammenfassung

Anhand der hier vorliegenden Vergleichsberechnungen zeigen wir, dass DIALux evo den Anwendern eine sehr hohe Genauigkeit von Berechnungsergebnissen liefert und standardisierten Vergleichen stand hält. Dennoch können wir nicht ausschließen, dass es unter bestimmten Umständen zu Abweichungen zur Realität kommt. Hier einige Beispiele:

- das photometrische Entfernungsgesetz gilt im Nahfeld nicht mehr
- das bei der Berechnung zugrundeliegende Materialmodell ist stark vereinfacht, auch wenn es gegenüber bisherigen Modellen um gerichtete Reflexion, Brechungsindex und Transmission erweitert wurde
- die Anzahl verschossener Photonen ist durch verfügbaren Speicher und die akzeptierte Berechnungszeit begrenzt

Szenen mit großen Flächen, in denen Ergebnisse sehr genau auf kleinen Flächen benötigt werden, sind für einen Photonshooter systembedingt problematisch. Die endliche Anzahl von verschossenen Photonen kann nicht sicherstellen, dass ausreichend Photonen die relevante, kleine Fläche erreichen. CIE Test 5.6.2.3 ist so ein Beispiel. Werden hier genauere Berechnungsergebnisse benötigt, empfehlen wir die Platzierung von Berechnungspunkten.

Jede von Software simulierte Situation stellt ein vereinfachtes Modell der physikalischen Realität dar, und kann deshalb keine 100% Berechnungsgenauigkeit bieten.

Komplexe Szenen, für die der neue Rechenkern optimiert wurde, sind in der CIE 171:2006 nicht berücksichtigt.

Der neue Photonshooter ist eine wichtige Weiterentwicklung: Erstmals können spiegelnde Oberflächen nicht nur visualisiert, sondern auch in praxistauglicher Zeit in der lichttechnischen Planung und Berechnung hinreichend genau berücksichtigt werden. Design und Planung von Beleuchtungsanlagen entwickeln sich weiter, von der Betrachtung einzelner Räume und Szenen hin zur ganzheitlichen Betrachtung von Räumen, Etagen, Gebäuden und Außenszenen, sowie deren lichttechnischer Interaktion.

Verweise

1 M.F. Cohen, J.R. Wallace: Radiosity and Realistic Image Synthesis, Academic Press Professional (1993)

2 F.X. Sillion, C. Puech: Radiosity & Global Illumination, Morgan Kaufmann Publishers (1994)

3 CIE TC.3.33 Technical report, Draft, March 16- 2004

4 Zuverlässigkeit lichttechnischer Planungsprogramme, Lichttechnisches Institut der Universität Karlsruhe, Dr. S. Kokoschka