

Zumtobel Research

LED-pilootproject VZ Werd.
Vergelijking van twee verlichtingsinstallaties in twee identieke
gangen met conventionele fluorescentielamptechniek en met
LED-techniek en geoptimaliseerd lichtmanagement.

Eindverslag van de Afdeling Energie- en Gebouwtechniek,
Dienst Hoogbouw van de stad Zürich,
Zumtobel Licht AG, Zürich
27. 10. 2011

ISBN 978-3-902940-16-2

Voorwoord		5
------------------	--	---

Samenvatting		6
---------------------	--	---

1 Probleemstelling		8
2 Stand van de wetenschap		
3 Onderzoekshypothesen		

4 Onderzoeksmethoden	4.1 Meetmethode en installatie	10
	4.2 Verloop van het onderzoek en globale resultaten	11

5 Discussie en toekomstperspectief		16
6 Literatuur		

7 Partners		17
-------------------	--	----



Administratief Centrum Werd

De Dienst Hoogbouw van de stad Zürich realiseerde samen met Eteam GmbH en Zumtobel Licht AG een pilootmeetproject: in een tijdspanne van vier maanden werden in het Administratief Centrum Werd de lichtoplossingen van twee vergelijkbare gangen beoordeeld. De ene gang bleef ongewijzigd: de conventionele fluorescentielampen met aanwezigheidsmelders schakelden zichzelf uit wanneer zich tien minuten lang niemand in de gang had opgehouden. De andere gang werd omgeschakeld naar LED-armaturen. Bovendien werd de uitschakelvertraging van de aanwezigheidsmelders in meerdere stappen tot één minuut gereduceerd. Het frequent schakelen en dimmen resulteert bij LED's niet in comfortbeperkingen of slijtage. Het gemeten stroomverbruik lag bij de LED-oplossing met geoptimaliseerde aanwezigheidsbewaking ongeveer 81 procent lager dan bij vergelijkbare armaturen met fluorescentielampen.

Samenvatting

In het Administratief Centrum Werd werd de verlichting van twee identieke gangen onderzocht op het energiebesparingspotentieel van de LED-techniek en een geoptimaliseerde aanwezigheidsregeling:

Gang 1

met fluorescentielampen en aanwezigheidsmelders met een interval van 10 minuten

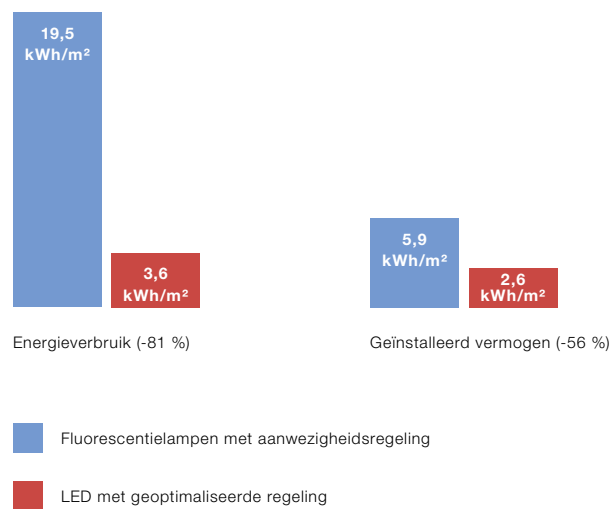
Gang 2

met een LED-lichtlijn en aanwezigheidsmelders met variabele intervallen

Bovendien moest ook nagegaan worden in welke mate het systeem door de gebruikers wordt aanvaard. In beide gangen heersten dezelfde verlichtingssterktes en lichtverdelingen. De instelling en bewaking van de installatie gebeurde met de Zumtobel automatiseringscalculator Litenet flexis N2. Terwijl de verlichting en de regeling in gang 1 (8^{ste} verdieping) gedurende de hele meetperiode van 4 maanden ongewijzigd bleef, werden bij de LED-verlichting (7^{de} verdieping) de vertragingintervallen van de aanwezigheidsmelders in meerdere stappen gereduceerd. Dankzij het slijtagevrije onmiddellijke startprocedé van de LED-armaturen is een verkorting van de vertragingstijd, in tegenstelling tot bij fluorescentielampen, zonder enig probleem mogelijk. De LED-verlichting bespaart in de optimale bedrijfsmodus (interval van 1 minuut zonder restlicht in de uit-status, meetperiode 3) meer dan 80 % elektrische energie ten opzichte van de huidige fluorescentielampstechniek. Ten eerste werd het geïnstalleerde vermogen teruggebracht van 5,9 W/m² naar 2,6 W/m², ten tweede daalde ook de dagelijkse bedrijfstijd van 13,2 h/d bij de verlichting met fluorescentielampen naar 5,7 h/d bij de LED's. De reductie van de vertragingstijd van 10 naar 5 minuten (meetperiode 2) levert praktisch geen energiebesparing op zodat deze instelling niet aan te bevelen is. In meetperiode 4 werd gedurende de dag bij afwezigheid een dimniveau van 15 % gedefinieerd; dit zou de aanvaarding van de abrupte verlichtingsschakeling moeten verbeteren. Het besparingseffect daalde met deze restlichtinstelling slechts in heel beperkte mate van 81 % naar 77 % zodat in dit geval een hoge aanvaarding van de installatie gepaard gaat met een zeer goede energiebesparing.

Dit resultaat toont heel duidelijk dat de LED-techniek met een gepaste lichtregeling een enorm besparingspotentieel biedt tegenover de huidige gewone en ook als energie-efficiënt geldende gangverlichtingsconcepten.

Gangverlichting fluorescentielampen versus LED



Een goed rendement van LED-armaturen met een geoptimaliseerde lichtregeling in doorgangszones is momenteel ondanks de zeer hoge en aangetoonde energiebesparing niet altijd gegarandeerd. Om een afschrijvingstijd van 5 tot 8 jaar te kunnen halen, mag de meerprijs van de LED-oplossing ca. CHF 50,- tot CHF 100,- per downlight of per lopende meter lichtbalk bedragen.

1 Probleemstelling

2 Stand van de wetenschap

Probleemstelling

Het VZ Werd is het eerste administratieve centrum van de stad Zürich. Het voormalige bankgebouw werd gerenoveerd en in december 2004 in bedrijf genomen. Het omvat 620 werkplekken van het departement sociale zaken en financiën. Door de renovatie kon het energieverbruik van het gebouw met ongeveer de helft worden gereduceerd. Het VZ Werd draagt het Minergie label. In energetisch geoptimaliseerde Minergie gebouwen wordt in eerste instantie door een verbeterde warmte-isolatie en het interne hergebruik van restwarmte het verbruik van verwarmingsenergie gereduceerd. Tegelijk kan hierdoor ook het procentuele aandeel van het elektriciteitsverbruik in de energiebalans stijgen wanneer niet ook op het vlak van elektriciteit efficiëntieverhogende maatregelen worden genomen. In gebouwen zoals het Administratief Centrum Werd vertegenwoordigt de kunstmatige verlichting een aanzienlijk aandeel van het stroomverbruik. De vraag was derhalve of geoptimaliseerde lichtoplossingen nog een noemenswaardig besparingspotentieel opleveren wanneer vandaag reeds zeer efficiënte technologieën worden toegepast.

Stand van de wetenschap

Niet zozeer wetenschappelijke inzichten maar veeleer praktische ervaringen tonen aan dat in gangen van administratieve gebouwen een groot energiebesparingspotentieel schuilt. Het gaat hier louter om doorgangszones of ook om zones voor informele korte communicatie. Bij een gebrekkige daglichtinval is zodoende gedurende vele uren van de werkdag en ook 's morgens en 's avonds het kunstlicht in werking. Aanwezigheidsbewaking biedt in combinatie met de LED-technologie uitstekende mogelijkheden voor het besparen van energie; in gangen met een goede daglichtinval kan daglichtsturing bijkomend potentieel bieden. Het gebruikerscomfort of de levensduur van deze innovatieve lichtbronnen worden door het frequent schakelen of dimmen niet geschaad. Over de energiebalans van aanwezigheidsbewaking geeft ook de volgende studie een heel goed overzicht:

*The performance of occupancy-based lighting control systems:
A review*

X. Guo, DK Tiller, GP Henze and CE Waters
Lighting Research and Technology 2010

<http://lrt.sagepub.com/content/42/4/415.full.pdf>

Onderzoekshypothesen

Vermoed wordt dat de innovatieve LED Slotlight armaturen bij eenzelfde lichtkwaliteit tot de energiebesparing in gangen bijdragen, ook wanneer de reeds zeer efficiënte armaturen op basis van fluorescentielampen als referentiebasis worden gebruikt. De tweede hypothese was dat naast de armaturen ook de aanwezigheidsbewaking bijkomende energiebesparing in het torengebouw werd oplevert, dat een verandering van de vertragingstijden echter niet altijd met een corresponderende energiebesparing verbonden moet zijn. Er dient te worden geanalyseerd welke bedrijfswijze van armaturen en lichtsturing de beste energiebalans oplevert.

4 Onderzoeksmethoden

4.1. Meetmethode en installatie

De pilootmeting zag er als volgt uit:

- Van twee identieke gangen met lichtlijnen werd met behulp van dataloggers gedurende meerdere maanden continu het elektrische vermogen opgetekend (opslaginterval: 1 minuut).
- De verlichtingssterktes in beide gangen waren vergelijkbaar.
- In beide gangen werd het licht met bewegingsmelders geregeld.
- De gang op de 8^{ste} verdieping was uitgerust met conventionele lichtlijnen met fluorescentielampen, de sturing van deze verlichting bleef gedurende de hele meetperiode ongewijzigd zoals ze tot dan toe altijd al was geweest.
- De gang op de 7^{de} verdieping was uitgerust met LED-lichtlijnen; de lichtsturing werd tijdens de meetperiode meermaals veranderd.

Beschrijving van de armaturen

7 ^{de} verdieping	Zumtobel LED-lichtlijn SLOTLIGHT 1/57 W, 28 m à 23 Watt. Maximaal vermogen in werking voor 100 lux: 187 W of 2,6 W/m ² gangoppervlak.
8 ^{ste} verdieping	Zumtobel SLOTLIGHT 1/35 W T16, 19 lampen à 35 Watt (+ 3 W elektronische ballast (EB)). Maximaal vermogen in werking voor 100 lux: 420 W of 5,9 W/m ² gangoppervlak.



In de deelzones op de 7^{de} en 8^{ste} verdieping van het administratief gebouw werd telkens een elektriciteitsmeter geïnstalleerd die uitsluitend de verlichting in de gang meet. De meters beschikken over een datalogger die de individuele meetwaarden op geheugenkaarten registreert. Voor de meting werd een opslaginterval van één minuut ingesteld. Per dag en per gang werden zo 1440 individuele vermogenswaarden opgetekend, in totaal gaat het om meer dan 300 000 meetwaarden. Naast de automatische registratie werden ook nog manuele steekproeven uitgelezen.

4.2. Verloop van het onderzoek en globale resultaten

Verloop van meting		A	B	C	D	E
Gang 1 T16	Hele meetperiode	0 %	0 sec.	10 min	0 sec.	0 %
Gang 2	1 ^{ste} meetperiode	0 %	0 sec.	10 min	0 sec.	0 %
LED	2 ^{de} meetperiode	0 %	1 sec.	5 min	5 sec.	0 %
	3 ^{de} meetperiode	0 %	1 sec.	1 min	5 sec.	0 %
	4 ^{de} meetperiode	15 %	1 sec.	1 min	5 sec.	0 %

A: Dimniveau in de gang zonder aanwezigheid van personen

B: Inschakeltijd van het licht bij aanwezigheidsdetectie

C: Nalooptijd – geen personen aanwezig

D: Uitschakeltijd van het licht aan het einde van de nalooptijd

E: Nacht en weekend

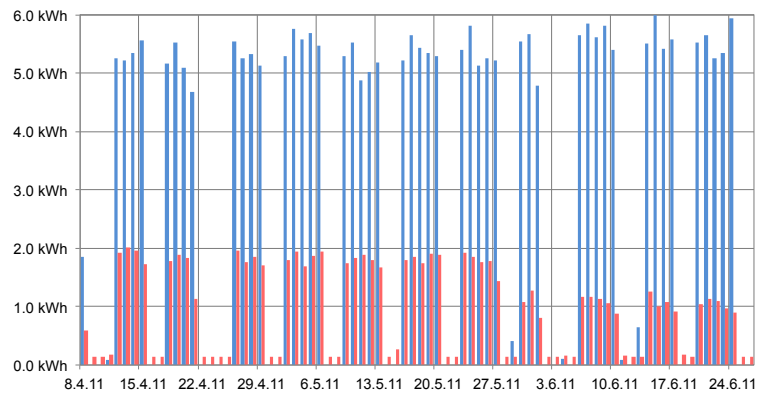
Samenvatting van de resultaten	Meetperiode 1 10.4. tot 21.4.2011		Meetperiode 2 22.4. tot 27.5.2011		Meetperiode 3 28.5. tot 26.6.2011		Meetperiode 4 18.7. tot 3.8.2011	
	T16	LED	T16	LED	T16	LED	T16	LED
Uitschakelvertraging in minuten	10	10	10	5	10	1	10	1
Gemiddeld aantal bedrijfsuren/dag	12,6	10	12,8	9,7	13,2	5,7	12,8	6,5
Besparing		-21 %		-24 %		-57 %		-49 %
Stroomverbruik/dag in kWh	5,3	1,9	5,4	1,8	5,6	1,1	5,4	1,2
Besparing		-65 %		-66 %		-81 %		-77 %
Schakelfrequentie/dag	4,1	32,8	3,4	29,3	3,9	100,1	4,3	101,5

In de 1^{ste} meetperiode lag het aantal bedrijfsuren van de LED-verlichting 21 % (2,6 h/d) lager dan bij de conventionele verlichting. Het energieverbruik van de LED-verlichting lag 65 % lager. De LED-armaturen schakelden gemiddeld 33 keer, de T16 armaturen 4 keer per dag.

In de 2^{de} meetperiode lag het aantal bedrijfsuren van de LED-verlichting 24 % (3,1 h/d) lager dan bij de conventionele verlichting. Het energieverbruik van de LED-verlichting lag 66 % lager. De verkorting van de uitschakelvertraging van 10 naar 5 minuten levert dus nagenoeg geen bijkomende energiebesparing op. De LED-armaturen schakelden gemiddeld 30 keer, de T16 armaturen 3,4 keer per dag.

In de 3^{de} meetperiode lag het aantal bedrijfsuren van de LED-verlichting 57 % (7,5 h/d) lager dan bij de conventionele T16-verlichting. Het energieverbruik van de LED-verlichting lag 81 % lager. De verkorting van de uitschakelvertraging van 10 naar 1 minuten levert dus een aanzienlijke bijkomende energiebesparing op. De LED-armaturen schakelden gemiddeld 100 keer, de T16 armaturen 4 keer per dag.

De 4^{de} meetperiode komt overeen met de derde, alleen werden de LED-armaturen overdag niet volledig uitgeschakeld maar tot ca. 15 % gedimd. Dit verhoogt het verlichtingscomfort maar reduceert de energiebesparing. In plaats van een besparing van 81 % werd zo "nog slechts" 77 % gehaald; de besparing tijdens de uren met volledige belasting bedroeg tijdens de 4de meetperiode nog 5,7 uur in plaats van 7,5 uur bij volledige uitschakeling. De LED-armaturen schakelden gemiddeld 100 keer, de T16 armaturen 4,3 keer per dag.



Energieverbruik per dag tijdens de eerste drie meetperioden

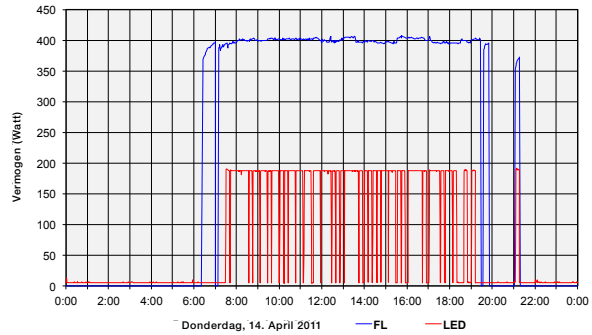
■ Fluorescentielampen
■ LED

Deze grafiek toont het dagelijkse energieverbruik voor de beide lichtoplossingen in de gangen tijdens de eerste drie meetperioden. De blauwe balken staan voor de conventionele verlichting met fluorescentielampen (8ste verdieping), de rode voor de nieuwe verlichting met de LED-lichtlijn (7de verdieping). Ingevolge het ongeveer half zo hoge aangesloten vermogen van de LED-verlichting is het verbruik hiervan al in de aanvangsfase met eenzelfde regeling duidelijk lager dan bij de conventionele verlichting. Terwijl de verlaging van de vertragingstijd van 10 minuten naar 5 minuten bij de LED-verlichting op 22 april geen bijkomende besparing opleverde, wordt de reductie door het verder verkorten van de vertragingstijd bij de LED-verlichting op 28 mei tot 1 minuut wel duidelijk zichtbaar.

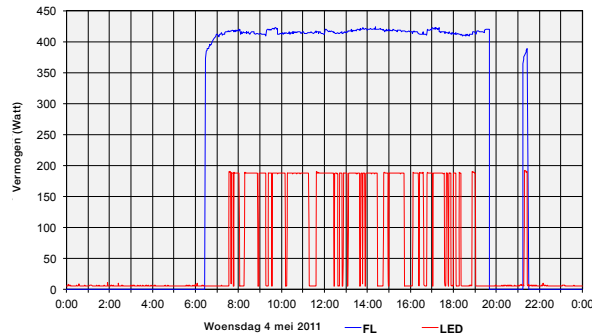
In de grafiek is ook duidelijk te zien dat de LED-verlichting vanwege het energieverbruik van de DALI-sturing een minimaal stand-byverbruik (6 Watt voor de hele lichtbalk van 28 meter) veroorzaakt terwijl dit verbruik bij de verlichting met fluorescentielampen met directe relaisuitschakeling door de aanwezigheidsmelder wegvalt.

Hierna volgt een vergelijking van vier typische voorbeelddagen voor de vier meetperiodes. Zoals de meetresultaten hebben getoond, gaat energie-efficiëntie in combinatie met aanwezigheidsbewaking in gangen gepaard met het frequent in- en uitschakelen van de installatie. Dit tonen ook de vier grafieken.

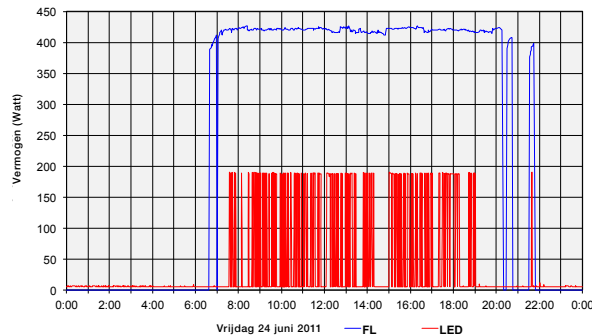
Verloop van het vermogen over een typische werkdag in de **1^{ste} meetperiode**



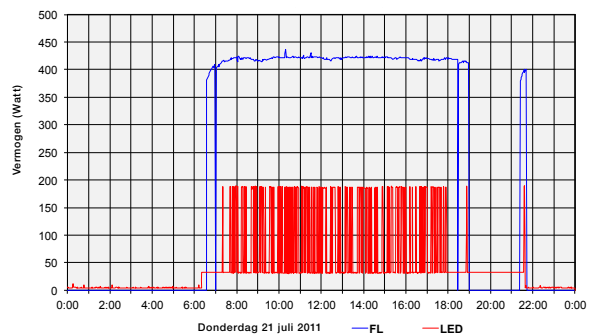
Verloop van het vermogen over een typische werkdag in de **2^{de} meetperiode**



Verloop van het vermogen over een typische werkdag in de **3^{de} meetperiode**



Verloop van het vermogen over een typische werkdag in de **4^{de} meetperiode**



Verlichting gang:

Wanneer men de werking van de energetisch meest optimale LED-verlichting (1 minuut vertraging, geen restlicht) naar een heel jaar projecteert, komen we tot de volgende vergelijkende cijfers:

	LED	T16 fluorescentielampen
max. bedrijfsvermogen	187 Watt	420 Watt
Bedrijfsuren	1 463 h/a	3.343 h/a
Energieverbruik	274 kWh/a	1 404 kWh/a
Energiekarakteristiek	3,8 kWh/m ² = CHF 0,60/m ² a	19,5 kWh/m ² = CHF 3,10/m ² a
Grenswaarde SIA 380/4		19,5 kWh/m ²
Doelwaarde SIA 380/4		7,5 kWh/m ²
Minergie vereiste		10,5 kWh/m ²

Zo komen we tot een jaarlijkse elektriciteitsbesparing van 15,7 kWh/m² of CHF 2,50/m², dat komt overeen met CHF 6,- per jaar en per lopende meter gang. Omdat LED-armaturen gedurende de hele gebruikstijd (15 jaar) niet vervangen moeten worden, verminderen ook de onderhoudskosten – uit ervaring weten we dat dit ongeveer hetzelfde bedrag vertegenwoordigt als de besparing in energiekost. Bij een aangenomen meerinvestering van CHF 100,- per lopende meter LED-licht in de gang komen we dus tot een afschrijvingstijd van de LED-verlichting van 8 jaar.

Verlichting van liftvestibule:

Parallel met de gangverlichting werden op de 7de verdieping ook de downlights met compacte fluorescentielampen door LED-varianten vervangen. Die via bewegingsmelders geregelde lampen bleven geregeld aan de bestaande vertragingstijd van 10 minuten. Uit de vergelijking van de liftvestibule met LED-verlichting enerzijds en met de conventionele verlichting anderzijds blijkt over de gehele meetperiode een elektriciteitsbesparing van 66 %. Zoals de tabel aangeeft, daalt de energiekarakteristiek voor de verlichting van de liftvestibule van 16 kWh/m² (SIA grenswaarde = 19,5 kWh/m²) naar 7,2 kWh/m², zodat bij de LED-oplossing zelfs de strenge SIA doelwaarde kan worden gerealiseerd.

	LED	T16 fluorescentielampen
max. bedrijfsvermogen	56 Watt	125 Watt
Bedrijfsuren	2 765 h/a	2 765 h/a
Energieverbruik	155 kWh/a	346 kWh/a
Energiekarakteristiek	7,2 kWh/m ² = CHF 1,15/m ² a	16 kWh/m ² = CHF 2,55/m ² a
Grenswaarde SIA 380/4		19,5 kWh/m ²
Doelwaarde SIA 380/4		7,5 kWh/m ²
Minergie vereiste		10,5 kWh/m ²

De LED-downlights realiseren in de 16 m² grote liftvestibule een jaarlijkse stroomkostbesparing van CHF 5,20 per armatuur. Rekening houdend met de wegvallende onderhoudskosten kan een meerprijs van CHF 50,- voor een LED-downlight in ongeveer 5 jaar worden afgeschreven.

5 Discussie en toekomstperspectief

6 Literatuur

5 Discussie en toekomstperspectief

Elke noemenswaardige energiebesparing gaat onvermijdelijk gepaard met het frequent in- en uitschakelen of dimmen van de installatie. LED's bieden in vergelijking met de T16-technologie niet alleen technische voordelen zoals bijvoorbeeld op het vlak van de belasting van het systeem door schakel- en dimprocessen. Ook het lichtcomfort in deze toepassing stijgt, vooral ook omdat lichtdioden geen merkbaar vertraagd aanloopgedrag vertonen. In combinatie met passende lichtbronnen en een precies afgestemd lichtmanagementsysteem worden op die manier innovatieve, energetisch optimale en goed aanvaarde lichtoplossingen voor de toekomst gecreëerd die in korte tijdspannen kunnen worden afgeschreven.

6 Literatuur

MINERGIE Zwitserland
www.minergie.ch

Programma ter ondersteuning van energie-efficiënte
lichtoplossingen in de utiliteitsbouw
www.ettelux.ch

Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (Duits Instituut voor
Duurzaam Bouwen)
www.dgnb.de

Greenbuilding
www.greenbuilding.com

Lighting Research and Technology
<http://lrt.sagepub.com>

7 Partners

Opdrachtgever:

Stad Zürich
Dienst Hoogbouw
Afdeling energie- en gebouwtechniek
Amtshaus III, Lindenhofstr. 21
8021 Zürich
www.stadt-zuerich.ch/egt

Uitwerking:

eLight GmbH
Schaffhauserstr. 34
CH-8006 Zürich
+41 (44) 273 08 62
sg@eLight.ch

Projectmanagement:

Markus Simon
Afdeling energie- en gebouwtechniek
Dienst Hoogbouw
markus.simon@zuerich.ch
www.stadt-zuerich.ch/egt

Projectteam:

Franz Sprecher (Stad Zürich, Dienst Hoogbouw)
Stefan Gasser (eLight GmbH, Zürich)



ZUMTOBEL

België

ZG Lighting Benelux
Rijksweg 47 –
Industriezone Puurs Nr. 442
2870 Puurs
T +32/(0)3/860.93.93
F +32/(0)3/886.25.00
info@zumtobel.be
zumtobel.be

Nederland

ZG Lighting Benelux
Zinkstraat 24-26
4823 AD Breda
T +31/(0)76/541.76.64
F +31/(0)76/541.54.98
info@zumtobel.nl
zumtobel.nl

Headquarters

Zumtobel Lighting GmbH
Schweizer Strasse 30
Postfach 72
6851 Dornbirn, AUSTRIA
T +43/(0)5572/390-0
info@zumtobel.info

zumtobel.com