

Energiekennzahlen Beleuchtung in Bürobauten

Auswertung von
MINERGIE-Beleuchtungs-Nachweisen



Impressum (provisorisch)

Auftraggeber	Stadt Zürich, Energietechnik und Bauhygiene Stadt Zürich, Amt für Hochbauten AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Baudirektion Kanton Zürich
Auftragnehmer	Lemon Consult GmbH Hofstrasse 1 8032 Zürich
Verfasser	Martin Menard, menard@lemonconsult.ch Anne Caminade, caminade@lemonconsult.ch
Dateibezeichnung	Energiekennzahl_Beleuchtung_090420
Stand	3. Juli 2009

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
1.1. Ausgangslage	4
1.2. Zielsetzung	4
2. Vorgehensweise.....	6
2.1. Datenbasis und Objektauswahl	6
2.2. Datenauswahl und Datenbankstruktur.....	7
3. Ergebnisse	9
3.1. Allgemeine Qualität der Nachweise	9
3.2. Flächenangaben.....	9
3.3. Systemanforderungen auf Stufe Gebäude	12
3.4. Elektrischer Leistungsbedarf pro Raumnutzung	14
3.5. Elektrizitätsbedarf pro Raumnutzung	14
3.6. Einzel-/Gruppenbüros und Grossraumbüros	15
4. Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	18
4.1. Qualität der Nachweise	18
4.2. Energiekennzahlen auf Stufe Gebäude	18
4.3. Energiekennzahlen auf Stufe Raumnutzung.....	18
4.4. Empfehlungen zur Vereinfachung der Nachkontrolle.....	19
4.5. Empfehlungen für weitergehende Untersuchungen	19
Anhang – Datenblätter	21

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Die Stadt Zürich wendet seit Jahren bei Neu- und Umbauten den MINERGIE-Standard an. Zum Standard in Nichtwohnbauten gehört auch die Beleuchtung. Die Auswertung der über 50 Objekte¹ liefert interessante Energiekennzahlen, die die Machbarkeit der MINERGIE-Anforderungen² – auch in architektonisch anspruchsvollen Objekten – belegen. Allerdings handelt es sich bei den geplanten Objekten ausschliesslich um öffentliche Bauten und in der grossen Überzahl um Schulhäuser.

Um vergleichbare Informationen von Bürobauten (auch im privaten Sektor) gewinnen zu können, ist die Analyse einer grösseren Zahl realisierter Bauten nötig.

1.2. Zielsetzung

Ziel des Projekts ist es, aus den vorhandenen Planungsunterlagen Kennwerte für Energiebedarf und installierte Leistungen in Bürobauten zu erarbeiten und diese darzustellen. Die Auswertung soll es ermöglichen, sinnvolle Vorgaben für verschiedene Raumnutzungen (Büros, Verkehrsflächen, übrige Flächen) zu formulieren.

Mit der vorliegenden Studie sollen zudem auch Grundlageninformationen als Vorbereitung für die Einführung von Modul 3 „Elektrische Energie (SIA 380/4)“ der neuen Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE n, Ausgabe 2008) bereitgestellt werden.³

Darüber hinaus sollen die folgenden Fragen geklärt werden:

- In der Stadt Zürich wird beabsichtigt, auch bei Bürobauten mit einer Energiebezugsfläche < 1000 m² die geplante installierte Leistung für Beleuchtung zu überprüfen und mit Grenzwerten nach SIA 380/4 zu vergleichen. Die Machbarkeit der Energiekennzahlen für Bürobauten

¹ S. Gasser, M. Simon, Beleuchtungsplanung in Gebäuden der Stadt Zürich nach SIA 380/4-MINERGIE®, Jahresbericht 2007, Stadt Zürich Amt für Hochbauten, 10.6.2008

² Die MINERGIE Anforderung an die Beleuchtung von Nichtwohnbauten beruht auf der Norm SIA 380/4 „Elektrische Energie im Hochbau“. Der MINERGIE Grenzwert liegt leicht über dem Zielwert dieser Norm, und zwar um ein Viertel der Differenz zwischen Grenz- und Zielwert.

³ Gemäss Modul 3 werden die folgenden Anforderungen gestellt: „Für Neubauten, Umbauten und Umnutzungen mit einer Energiebezugsfläche (EBF) von mehr als 1000 m² muss die Einhaltung der Grenzwerte für den jährlichen Elektrizitätsbedarf gemäss SIA 380/4 „Elektrische Energie im Hochbau“, Ausgabe 2006, für Beleuchtung E'_{Li} und entweder Lüftung E'_{V} oder Lüftung/Klimatisierung E'_{VCH} nachgewiesen werden.“

(MINERGIE oder mindestens Grenzwert 380/4) sollen belegt werden. Daher ist eine Auswertung der spez. Leistung für typische Raumnutzungen (Einzel-/Gruppenbüro, Grossraumbüro, Sitzungszimmer, Verkehrsfläche, etc.) notwendig. Aussagen zu Typ und Effizienz der eingesetzten Leuchten sind auch erwünscht.

- Einige Nachweise werden mit der Begründung „Mieterausbau“ leer oder nur für Teilflächen abgegeben. Die Studie soll aufzeigen, wie hoch der Anteil solcher Nachweise ist und bei welchen Flächen und Nutzungen (z.B. Treppenhäuser, Lager, Parking) typischerweise bereits im Grundausbau die Beleuchtung installiert wird.
- Die Nachweise sollen bezüglich Fehlangaben überprüft werden (z.B. fehlende Flächen, falsche Glasanteile, spezielle Nutzungen, unrealistische Annahmen zu Leuchteneffizienz und Beleuchtungssteuerung etc.). Zur Kontrolle der Flächen sollen auch Angaben aus SIA 380/1 Nachweisen eingesehen werden.

2. Vorgehensweise

2.1. Datenbasis und Objektauswahl

Als Basis kann vor allem der Datenbestand der realisierten MINERGIE-Bürobauten herangezogen werden. Aktuell sind im Kanton Zürich 45 grössere Bürohäuser (> 1000m²) nach MINERGIE zertifiziert. Davon verfügen 22 Objekte über einen Beleuchtungsnachweis.

Allerdings wurden nur drei der 22 Objekte mit dem aktuell gültigen Nachweisverfahren (verfügbar ab 2006) berechnet. Alle anderen Nachweise beruhen auf einer älteren Fassung von SIA 380/4, bei der auch die Berechnung der Energiekennzahlen Beleuchtung anders definiert war. Ein Vergleich von alten (< 2006) und neuen Nachweisen ist daher nur bedingt möglich.

Für die Studie wurden zusätzlich 9 neue Beleuchtungsnachweise von noch nicht zertifizierten MINERGIE-Bürobauten bzw. Gebäuden mit einem hohen Anteil Büronutzung ausgewertet. Insgesamt wurden 18 Nachweise ausgewertet (siehe Tab. 1). Das Objekt Nr. 9 entspricht der Summe der beiden Teilprojekte 7 und 8. Die vollständige Objektliste befindet sich im Anhang.

Nr	MINERGIE Label	Version	Nettofläche
			m ²
1	zertifiziert	19.09.2006	1'232
2	zertifiziert	03.01.2005 *	0
3	zertifiziert	03.06.2003 *	2'216
4	zertifiziert	03.06.2003 *	685
5	zertifiziert	19.09.2006	2'848
6	In Bearbeitung	13.02.2007	22'027
7	In Bearbeitung	11.06.2007	3'700
8	In Bearbeitung	11.06.2007	9'616
9	In Bearbeitung	11.06.2007	13'316
10	zertifiziert	01.01.2005 *	3'284
11	zertifiziert	11.06.2007	56'837
12	zertifiziert	01.06.2003 *	4'501
13	zertifiziert	01.01.2005 *	5'015
14	In Bearbeitung	11.06.2007	18'296
15	In Bearbeitung	28.05.2008	19'712
16	In Bearbeitung	28.05.2008	12'798
17	In Bearbeitung	28.05.2008	15'315
18	In Bearbeitung	28.05.2008	11'845
19	In Bearbeitung	11.06.2007	479

Tabelle 1 Auswahl der untersuchten Objekte;
* alte Nachweis-Version (vor SIA 380/4:2006)

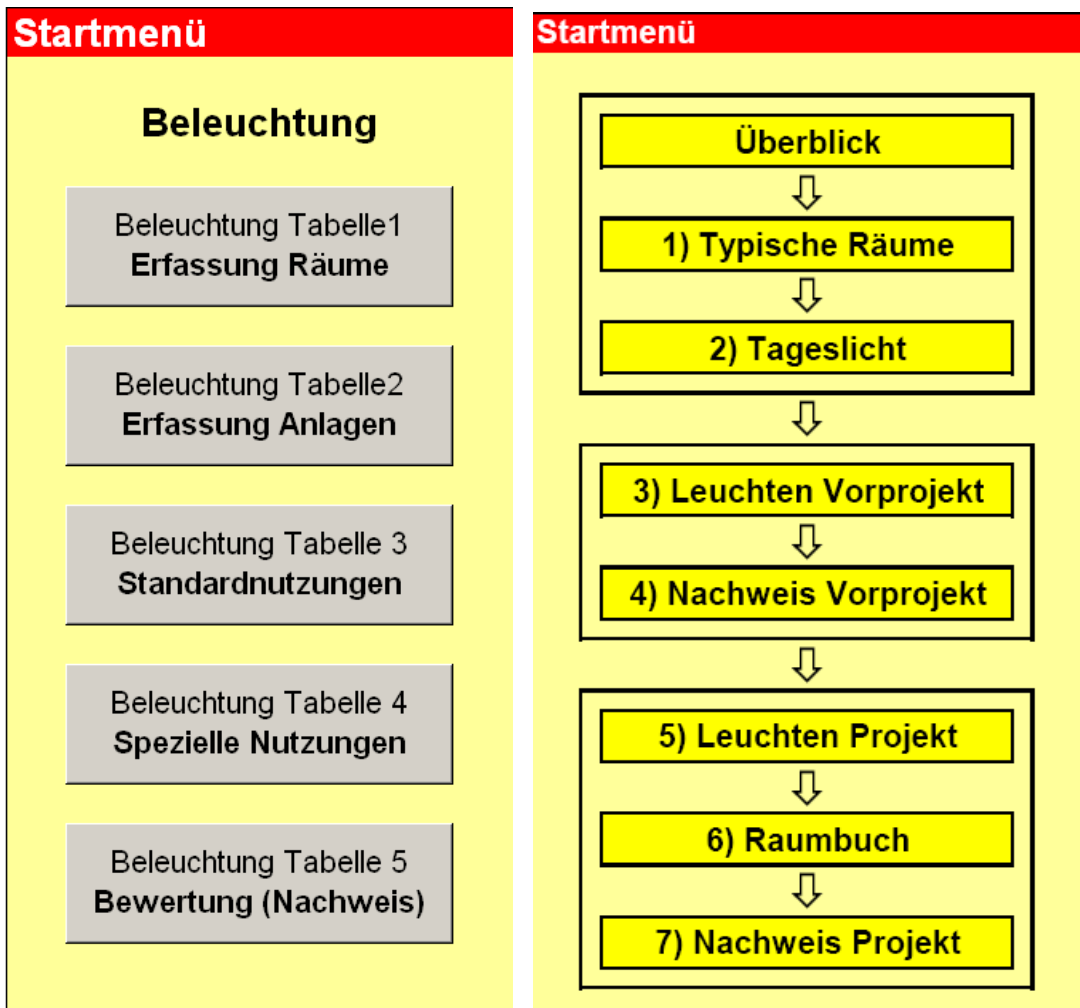
2.2. Datenauswahl und Datenbankstruktur

Für die quantitative Datenauswertung werden für jedes Objekt die folgenden Werte und Informationen aus den Beleuchtungsnachweisen von Hand in eine Excel-Datenbank übertragen:

- Deckblatt: relevante Angaben zu Objekt, Verfasser, Flächen, Systemanforderung
- Tabelle 1 (Typische Räume): Standardnutzung, Raumabmessung
- Tabelle 2 (Tageslichtnutzung): Glas/Bodenfläche, Oberlichter, Raum-Reflexion, Lichtregulierung
- Tabelle 3 + 4: diese sind nur auf Stufe Vorprojekt relevant
- Tabelle 5 (Leuchten Projekt-Phase): Leuchtentyp, Direktlichtanteil, Systemleistung, Lichtstrom. Es werden nur die am meisten verwendeten Leuchten aufgenommen und direkt den typischen Räumen zugewiesen).
- Tabelle 6 (Raumbuch): Nettofläche, Leuchten Typ, Anzahl Leuchten
- Tabelle 7 (Systemanforderung): spez. Elektrizitäts- und Leistungsbedarf für Projekt-, Grenz- und Zielwert.

Bei Nachweisen, die auf Stufe Vorprojekt eingereicht werden (5 Stk.), muss anstelle der Tabelle 5 die Tabelle 3 und anstelle der Tabellen 6 und 7 die Tabelle 4 ausgewertet werden.

Bei den alten Nachweis-Versionen vor 2006 (6 Stk.) sind die Tabellen leicht anders organisiert. Anstelle der Unterscheidung von typischen Räumen und Raumbuch wird nur eine vollständige Raumliste geführt.



Figur 1. Vergleich der Struktur des alten (links) und des neuen Nachweisverfahrens gemäss SIA-Tool Beleuchtung

3. Ergebnisse

3.1. Allgemeine Qualität der Nachweise

Die Nachweise sind im Allgemeinen vollständig und weitgehend korrekt ausgefüllt. Bei der Anzahl eingegebener Räume pro Objekt bestehen allerdings grosse Unterschiede (von 5 bis > 100 Stk.). Wenige Räume sind nicht unbedingt ein Indiz für mangelnde Qualität, tendenziell sind aber Nachweise mit einer grossen Anzahl von Räumen genauer.

Bei der Begutachtung der Nachweise sind zudem folgende Punkte aufgefallen:

- Die Nachweis-Versionen vor 2006 sind anders strukturiert und aufgrund langer Raumlisen aufwendig in der Datenübernahme. Ein Vergleich der Daten mit neuen Nachweisen ist nur bedingt möglich, da das Berechnungsverfahren in SIA 380/4:2006 teilweise geändert wurde (siehe auch Abschnitt 2.1)
- Bei den Nachweis-Versionen ab 2006 ist andererseits eine Auswertung auf Stufe Raumnutzung sehr aufwendig. Oft müssen pro Raumnutzung die Daten von mehreren einzelnen Räumen abgetippt werden, um Durchschnittswerte pro Raumnutzung berechnen zu können.
- Eine eindeutige Zuordnung eines bestimmten Leuchtentyps zu einer Raumnutzung ist in der Regel nicht möglich, da oft mehrere typische Räume dieselbe Raumnutzung aufweisen und zudem in vielen Räumen mehr als ein Leuchtentyp vorgesehen ist. Bei der Auswertung wurde jeweils pro Raum und pro Raumnutzung nur ein Leuchtentyp angegeben, und zwar jener mit der grössten installierten Leistung.

3.2. Flächenangaben

Ein verhältnismässig einfach überprüfbares Kriterium zur Kontrolle eines Beleuchtungsnachweises sind die Flächenangaben. Im Beleuchtungsnachweis wird einerseits die Summe der eingegebenen Nettoflächen ausgewiesen. Zudem muss der Ersteller noch die Energiebezugsfläche (EBF) angeben. Letztere muss der EBF aus dem SIA 380/1 Nachweis entsprechen (siehe Tabelle 2, Spalte 5 und 7). Wenn die EBF nicht mit dem SIA 380/1 Nachweis übereinstimmt, sollte dies durch den Ersteller des Nachweises begründet werden.

Bei grossen Bürogebäuden kann die Nettofläche im Beleuchtungsnachweis durchaus grösser als die EBF sein, da beleuchtete Flächen auch ausserhalb der thermischen Gebäudehülle liegen können. Wo der Faktor Nettofläche zu EBF > 1.2 ist, sollte dies durch unbeheizte Parkgeschosse, Lagerhallen, Technik- und Nebenräume entsprechend begründet werden können (z.B. bei den Objekten Nr. 6 und 14 – 18).

Problematisch ist, wenn die Summe der Nettoflächen wesentlich kleiner ist als die EBF im SIA 380/1 Nachweis (z.B. < 0.8). Bei den untersuchten Objekten trifft dies nur in 4 von 19 Fällen zu:

- Bei Objekt Nr. 2 wurde mit der Begründung „Mieterausbau“ der Beleuchtungsnachweis leer eingereicht.
- Bei Objekt Nr. 4 wurden ebenfalls wegen „Mieterausbau“ nur die Verkehrsflächen und einige Nebenräume angegeben, die zusammen rund 40% der Nettogeschossfläche ausmachen.
- Bei Nr. 11 und 19 kann der tiefe Anteil der Nettoflächen nicht erklärt werden. Hier handelt es sich vermutlich um fehlerhafte oder unvollständige Nachweise.

Der Vergleich der Nettoflächen mit der EBF liegt bei allen übrigen Objekten in einem vernünftigen Verhältnis.

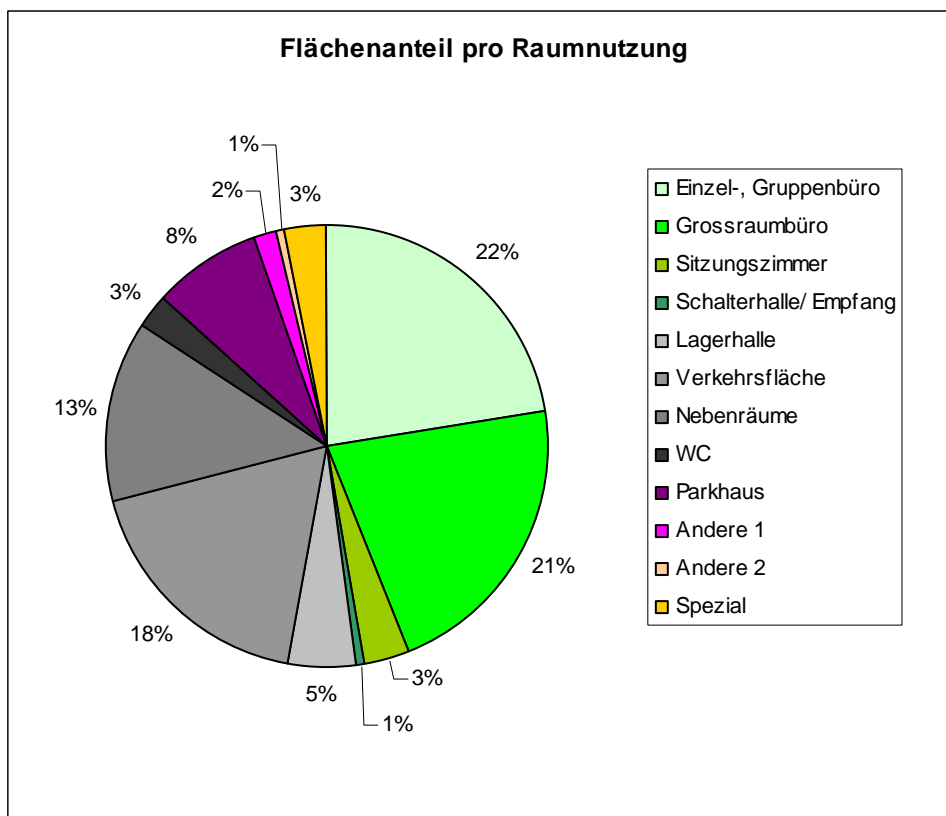
Nr	Mieterausbau	Nettofläche	EBF (Bel.-Nachweis)	Nettofl./EBF	EBFo (SIA 380/1)	Nettofl./EBF
		m ²	m ²	-	m ²	-
1	nein	1'232	1'500	0.81	1'400	0.90
2	ja	0	3'200	0.00	3'000	0.00
3	nein	2'216	2'500	0.90	2'500	0.90
4	ja	685	1'700	0.39	1'700	0.39
5	nein	2'848	3'200	0.90	3'000	0.97
6	nein	22'027	k.A.		17'700	1.25
7	nein	3'700	4'100	0.90		
8	nein	9'616	4'100	2.35		
9	nein	13'316	8'200	1.62	12'500	1.06
10	nein	3'284	3'700	0.88	2'100	1.60
11	nein	56'837	2'600	21.75	104'800	0.54
12	nein	4'501	5'000	0.90	4'700	0.96
13	nein	5'015	6'800	0.74	4'500	1.11
14	nein	18'296	20'300	0.90	12'600	1.45
15	nein	19'712	22'000	0.90	16'100	1.22
16	nein	12'798	k.A.		9'700	1.31
17	nein	15'315	k.A.		11'500	1.34
18	nein	11'845	k.A.		9'500	1.25
19	nein	479	500	0.91	16'900	0.03

Tabelle 2. Vergleich der Flächenangaben SIA 380/4 mit SIA 380/1; k.A. = keine Angabe

In Figur 2 wird der Flächenanteil pro Raumnutzung dargestellt. Die grünen Flächen entsprechen den typischen Hauptnutzungen eines Bürogebäudes: Einzel-/Gruppenbüros, Grossraumbüros, Sitzungszimmer und Empfang/Lobby. Diese machen im Durchschnitt knapp 50% der gesamten Nettoflächen aus, wobei Einzel-/Gruppenbüros und Grossraumbüros jeweils bei 22% und 21% liegen.

Rund 40% der Fläche entfällt auf Nebennutzungen (Lager/Archive, Verkehrsflächen, Nebenräume und WCs). Die restliche Fläche teilt sich auf Parking, andere Standardnutzung (z.B. Restaurant, Aufenthaltsräume, Bibliothek, etc.) und spezielle Nutzungen auf.

Spezielle Nutzungen werden von den Planern selber definiert, um Nutzungsbedingungen, die stark von einer Standardnutzung abweichen, abbilden zu können. Die Befürchtung, dass spezielle Nutzungen oft missbraucht werden, um Nachweise „durch die Hintertür“ zu erfüllen, kann bei einem Anteil von 3% der Nettofläche nicht bestätigt werden.



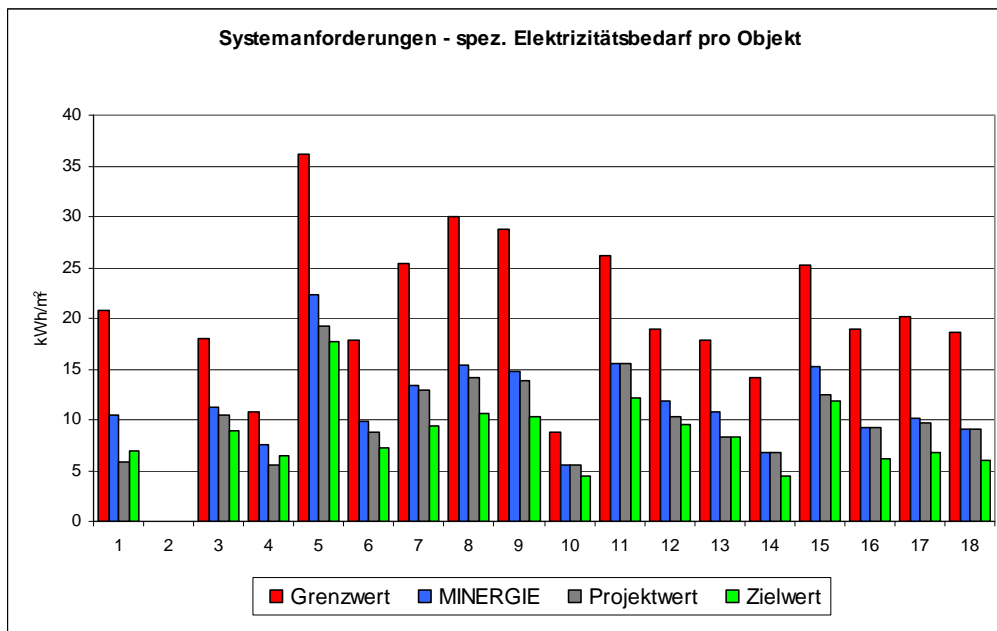
Figur 2. Flächenanteil pro Raumnutzung (Summe über alle Objekte)

3.3. Systemanforderungen auf Stufe Gebäude

Für den Beleuchtungsnachweis nach SIA 380/4 müssen die Systemanforderungen auf Stufe Gebäude erfüllt werden. Die MINERGIE-Anforderung gilt nur für den Elektrizitätsbedarf auf Stufe Gebäude. Bezugsgrösse ist die EBF und nicht das Total der Nettogeschossflächen.

In Figur 3 werden die Projektwerte mit den Grenz- und Zielwerten sowie den MINERGIE-Grenzwerten verglichen. Der Projektwert liegt bei den meisten Objekten knapp unterhalb des MINERGIE-Grenzwerts. Es ist naheliegend, dass viele Nachweise so ausgefüllt werden, dass der MINERGIE-Grenzwert gerade knapp erfüllt wird.

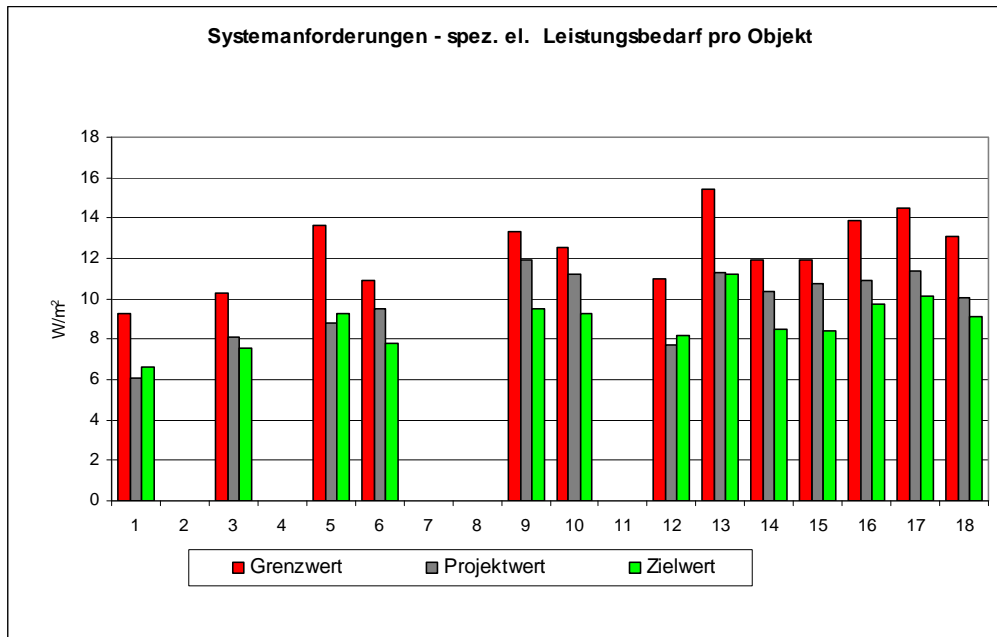
Bei zwei Objekten wird allerdings sogar der Zielwert (Nr. 1 und 4) unterschritten. Das Objekt Nr. 5 sticht dagegen aufgrund der besonders hohen Projekt-, Grenz- und Zielwerte hervor.



Figur 3. Systemanforderungen - Elektrizitätsbedarf pro Objekt

Der durchschnittliche elektrische Leistungsbedarf für Projekt-, Grenz- und Zielwert wird in Figur 4 dargestellt. MINERGIE stellt keine Anforderungen an den Leistungsbedarf.

Der maximale Projektwert liegt bei rund 11.5 W/m^2 , das Minimum liegt unter Ausschluss der unvollständigen Nachweise von Nr. 2, 4 und 11 bei 6.9 W/m^2 . Die Gebäude 7 und 8 sind in Nr. 9 zusammengefasst, da die EBF nur für beide Gebäudeteile zusammen bekannt ist. Die Parkhäuser wurden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt, da sie ausserhalb der EBF liegen. Ohne Ausschluss der Parkhäuser würde der durchschnittliche elektrische Leistungsbedarf bei den Objekten 14 – 18 rund $0.5 - 2 \text{ W/m}^2$ höher liegen.



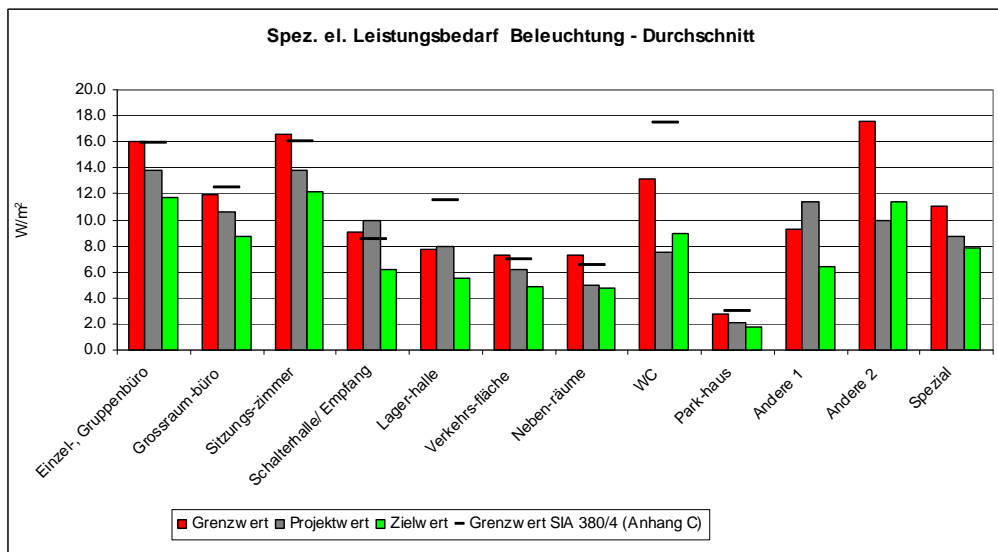
Figur 4. Systemanforderungen – spez. el. Leistungsbedarf pro Objekt

Objekt	Spez. Elektrizitätsbedarf				Spez. el. Leistungsbedarf (ohne Parkhaus)		
	Projektwert kWh/m ²	Grenzwert kWh/m ²	MINER-GIE kWh/m ²	Zielwert kWh/m ²	Projektwert W/m ²	Grenzwert W/m ²	Zielwert W/m ²
1	5.8	20.7	10.4	7	6.1	9.2	6.7
2	0	0	0	0			
3	10.5	18	11.2	8.9	8.1	10.3	7.6
4	5.5	10.7	7.5	6.4			
5	19.2	36.2	22.3	17.7	8.8	13.6	9.2
6	8.8	17.8	9.9	7.2	9.5	10.9	7.8
7	12.9	25.4	13.4	9.4			
8	14.2	30.0	15.4	10.6			
9	13.8	28.7	14.8	10.3	11.9	13.3	9.5
10	5.5	8.7	5.6	4.5	11.2	12.5	9.3
11	15.5	26.2	15.6	12.1			
12	10.3	18.9	11.9	9.6	7.7	11.0	8.2
13	8.3	17.9	10.7	8.3	11.3	15.4	11.2
14	6.8	14.2	6.8	4.4	10.3	11.9	8.5
15	12.5	25.2	15.2	11.9	10.8	11.9	8.4
16	9.2	18.9	9.3	6.1	10.9	13.9	9.7
17	9.7	20.1	10.1	6.7	11.4	14.5	10.1
18	9.1	18.6	9.1	6	10.0	13.1	9.1

Tabelle 3. Systemanforderungen auf Stufe Gebäude: Spez. Elektrizitätsbedarf und spez. el Leistungsbedarf mit und ohne Parkhaus

3.4. Elektrischer Leistungsbedarf pro Raumnutzung

Der durchschnittliche el. Leistungsbedarf pro Raumnutzung ist in Figur 5 jeweils für Projekt-, Grenz- und Zielwert dargestellt. Bei den Büro-Hauptnutzungen und den Verkehrsflächen liegt der durchschnittliche Projektwert ungefähr in der Mitte zwischen Grenz- und Zielwert. Bei den Raumnutzungen Schalterhalle/Empfang und Lagerhalle liegt der Projektwert im Mittel über dem Grenzwert. Bei Nebenräumen und WCs liegt der Projektwert nahe beim Zielwert bzw. unterschreitet sogar den Zielwert. Die Raumnutzungen Andere1 und 2 sowie Spezial werden aufgrund ihrer Heterogenität nicht weiter untersucht.



Figur 5. Durchschnittlicher el. Leistungsbedarf für Beleuchtung pro Raumnutzung

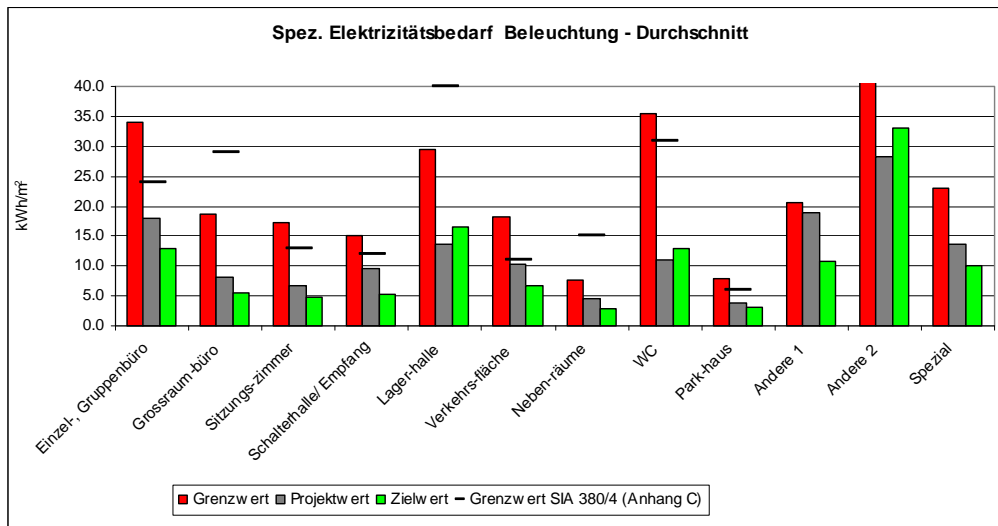
3.5. Elektrizitätsbedarf pro Raumnutzung

Beim durchschnittlichen Elektrizitätsbedarf (Figur 6) liegt der Projektwert bei den meisten Raumnutzungen, insbesondere bei den Büro-Hauptnutzungen, relativ nahe beim Zielwert. Dies war zu erwarten, da sonst der MINERGIE-Nachweis nicht erfüllt wäre. Bei Lagerhallen und WCs liegt der Projektwert sogar unter dem Zielwert.

Überraschend tief ist mit nur 8 kWh/m² der spezifische Elektrizitätsbedarf der Grossraumbüros. Dieser tiefe Bedarf liegt im Widerspruch zu den typischen Grenzwerten gemäss SIA 380/4, Anhang C (schwarze Balken in Figur 5), wonach Grossraumbüros einen höheren spezifischen Elektrizitätsbedarf als Einzel-/Gruppenbüros aufweisen.

Der Grund liegt daran, dass die Ersteller der untersuchten Nachweise auch bei Grossraumbüros eher geringe Raumtiefen und hohe Glasflächenzahlen deklariert haben. In SIA 380/4, Anhang C wird für Grossraumbüros eine Glasflächenzahl von 15% angenommen; in den geprüften Nachweisen liegt die Glasflächenzahl bei Grossraumbüros im

Bereich von 30 – 60%. Die Verkehrsfläche in der Mitte der Grossraumbüros wird demnach als Verkehrsfläche und nicht als Teil des Grossraumbüros eingegeben, anderenfalls wären so hohe Glasflächenzahlen nicht möglich. Diese Vorgehensweise ist korrekt, solange den innenliegenden Verkehrsflächen eine Glasflächenzahl von 0% zugewiesen wird.



Figur 6. Durchschnittlicher Elektrizitätsbedarf pro Raumnutzung

3.6. Einzel-/Gruppenbüros und Grossraumbüros

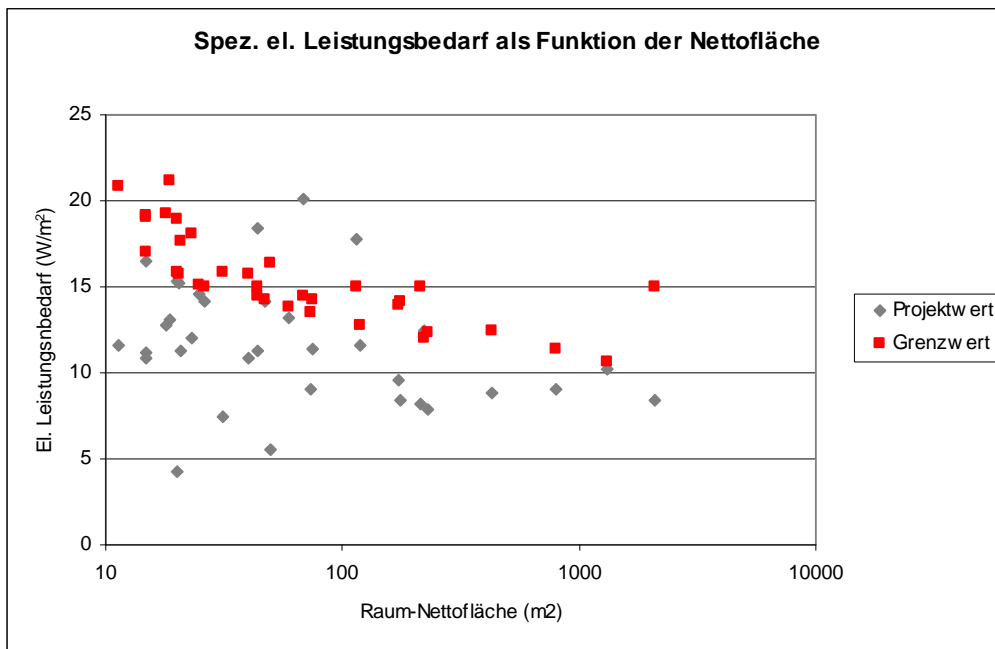
Für die beiden Hauptnutzungen Einzel-/Gruppenbüros und Grossraumbüros folgt eine Detailauswertung einzelner Parameter.

In Figur 7 ist der el. Leistungsbedarf in Funktion der Raum-Nettofläche dargestellt. Beim Grenzwert ist eine Abnahme des Leistungsbedarfs bei steigender Nettofläche erkennbar. Beim Projektwert ist die Streuung jedoch zu gross, um eine klare Tendenz ablesen zu können. Offensichtlich spielen andere Faktoren wie z.B. der Glasanteil auch eine wichtige Rolle.

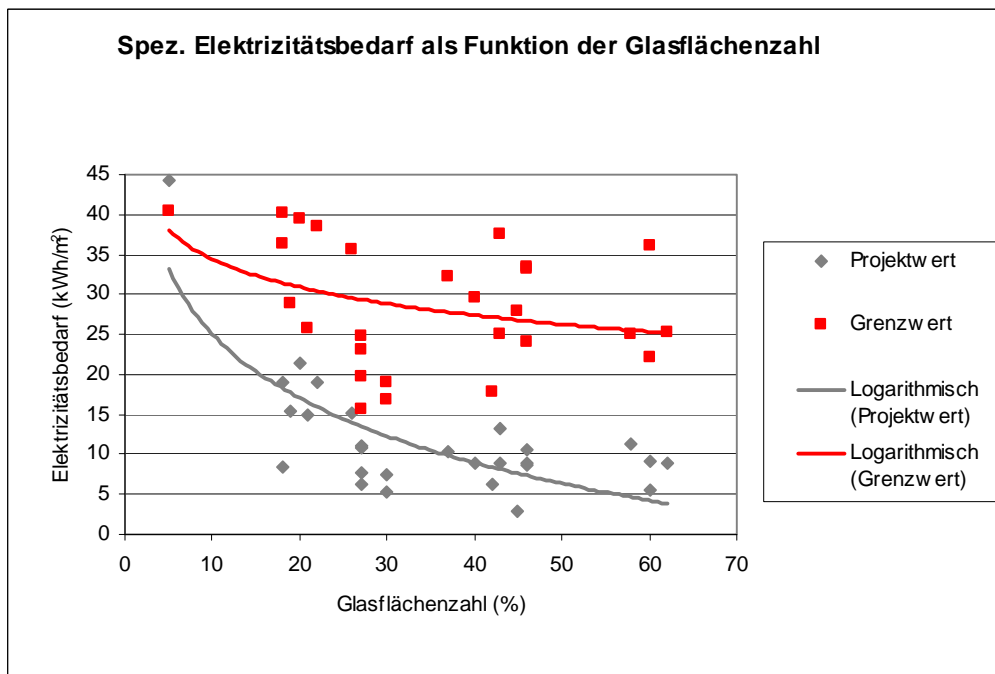
Der Durchschnitt der Projektwerte sämtlicher Einzel-/Gruppen- und Grossraumbüros liegt bei 12 kWh/m^2 , der Maximalwert bei 22.4 kWh/m^2 und der Minimalwert bei 4.3 kWh/m^2 .

Der Elektrizitätsbedarf als Funktion der Glasflächenzahl (= Glas- zu Bodenfläche) ist in Figur 8 dargestellt. Der Projektwert nimmt bei steigendem Glasanteil deutlich ab. Bei einer Glasflächenzahl von 10% ist der Projektwert rund viermal so hoch wie bei einer Glasflächenzahl von 60%. Beim Grenzwert nimmt der Elektrizitätsbedarf mit steigender Glasflächenzahl etwas weniger stark ab.

Die Mittlere Glasflächenzahl der Projektwerte sämtlicher Einzel-/Gruppen- und Grossraumbüros liegt bei 35%, der Maximalwert bei 65% und der Minimalwert bei 5%.



Figur 7. El. Leistungsbedarf in Abhängigkeit der Raum-Nettfläche (logarithmische Skala)

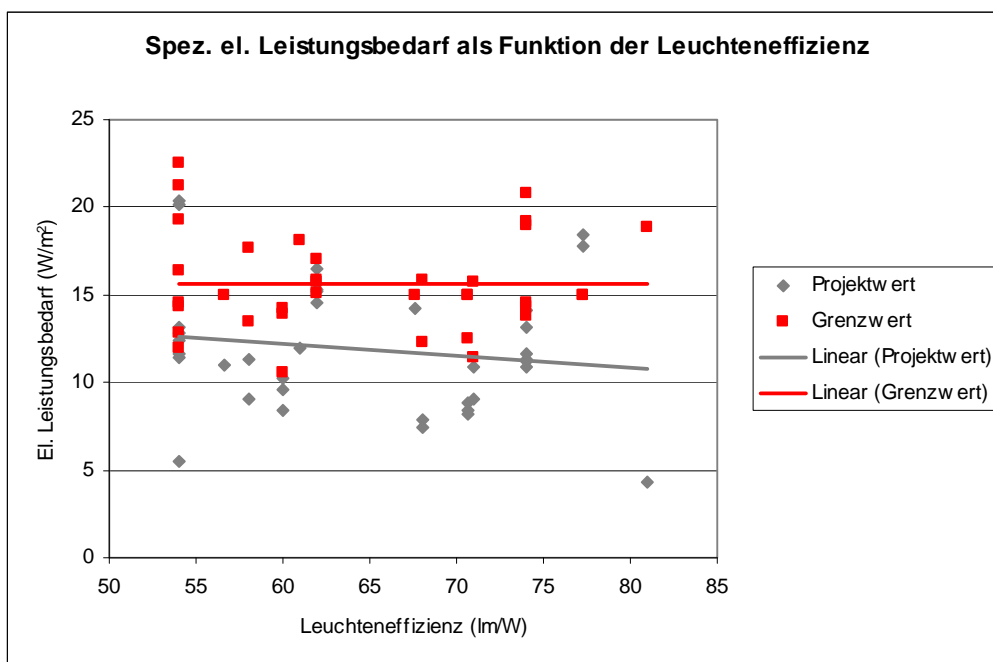


Figur 8. Elektrizitätsbedarf als Funktion der Glasflächenzahl

Die Abhängigkeit des Elektrizitätsbedarfs von der Leuchteneffizienz ist in Figur 9 dargestellt. Da der Grenzwert mit einer konstanten Leuchteneffizienz (bei Büroräumen 55 lm/W) berechnet wird, verläuft die Trendli-

nie horizontal. Beim Projektwert zeigt die Trendlinie interessanterweise keinen linearen Zusammenhang zwischen Leuchteneffizienz und Leistungsbedarf. Offenbar wird in den untersuchten Objekten der Leistungsbedarf besonders effizienter Leuchten durch andere Einflussfaktoren (kleine Raumdimensionen, geringe Reflexionsgrade) kompensiert.

Die mittlere Leuchteneffizienz der Projektwerte sämtlicher Einzel-/Gruppen- und Grossraumbüros liegt bei 65 lm/W, der Maximalwert bei 81 lm/W und der Minimalwert bei 54 lm/W. Allerdings wurde bei der Auswertung bei Räumen mit mehreren verschiedenen Leuchtentypen jeweils nur die Leuchte mit der grössten installierten Leistung berücksichtigt.



Figur 9. *Elektrizitätsbedarf als Funktion der Leuchteneffizienz*

Bei den Reflexionsgraden der Raumbofläche liegt die Mehrheit der Räume bei „normal“, ca. ein Drittel hat helle Raumboflächen.

Bei der Beleuchtungssteuerung dominieren die folgenden Eingaben:

- Tageslichtregelung: gedimmt (ca. 45%) oder auto-on-off (ca. 30%)
- Standby Abschaltung: keine (ca. 75%)
- Präsenzmelder: auto-on-off (> 90%)

Bei der Abstrahlrichtung der Leuchten resultiert die folgende Verteilung:

Anteil Leuchten mit einem Indirekt-Anteil von 75%:	36%
Anteil Leuchten mit einem Indirekt-Anteil von 25%:	44%
Anteil Leuchten mit einem Indirekt-Anteil von 0%:	20%

4. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

4.1. Qualität der Nachweise

Bei den meisten Nachweisen sind die beleuchteten Nettoflächen vollständig eingegeben. Lediglich bei zwei von 18 Objekten wurde aufgrund „Mieterausbau“ kein Nachweis bzw. nur ein Nachweis für die Flächen mit Beleuchtung im Grundausbau (Parking, Treppenhaus, WC) eingereicht. Bei zwei weiteren Objekten weichen die eingegebenen Nettoflächen stark von der Energiebezugsfläche (EBF) im SIA 380/1 Nachweis ab. Bezüglich der Flächenangaben sind damit rund 10% der untersuchten Nachweise offensichtlich fehlerhaft.

4.2. Energiekennzahlen auf Stufe Gebäude

Bezugsgrösse auf Stufe Gebäude ist die EBF. Sowohl die Projektwerte als auch die Grenz- und Zielwerte variieren von Objekt zu Objekt in einem weiten Bereich. Der minimale Projektwert liegt bei knapp 6 kWh/m², der maximale bei fast 20 kWh/m². Beim Grenzwert liegt das Minimum bei 8 kWh/m² und das Maximum bei 36 kWh/m².

Die grosse Streubreite zwischen Minimal- und Maximalwerten beruht vor allem auch auf der grossen Streuung bei den Glasflächenzahlen, wobei auch der Grenzwert mit der projektspezifischen Glasflächenzahl berechnet wird. Dabei wäre es eigentlich sinnvoller, den Grenzwert mit einer konstanten Glasflächenzahl zu berechnen, die in der Regel zu guten Tageslichtverhältnissen führt, z.B. ein Wert von 30% für alle Nutzungen mit permanenten Arbeitsplätzen.

Bei der spezifischen elektrischen Leistung liegen die Projektwerte im Bereich von 6 – 12 W/m² und die Grenzwerte bei 9 – 15 W/m².

4.3. Energiekennzahlen auf Stufe Raumnutzung

Im Fokus der Auswertung auf Stufe Raumnutzung liegen die drei Hauptnutzungen von Bürogebäuden: Einzel-/Gruppenbüro, Grossraumbüro und Sitzungszimmer. Die Bezugsgrösse auf Stufe Raumnutzung ist jeweils die Nettogeschossfläche. Bezüglich dem el. Leistungs- und Elektrizitätsbedarf können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Beim durchschnittlichen elektrischen Leistungsbedarf liegt der Projektwert bei den wichtigsten Büronutzungen in der Regel ziemlich genau zwischen dem Grenz- und dem Zielwert.
- Beim durchschnittlichen Elektrizitätsbedarf liegt der Projektwert viel näher beim Zielwert als beim Grenzwert. Überraschend tief ist mit nur 8 kWh/m² der spezifische Elektrizitätsbedarf der Grossraumbüros, wobei die Ersteller der Nachweise offensichtlich nur die fernsten Flächen der Nutzung „Grossraumbüro“ zuordnen und die

innenliegenden Verkehrsflächen separat als Verkehrsfläche eingeben.

- Bei der Beleuchtungsregelung werden in Büroräumen praktisch Flächendeckend Präsenzmelder und Tageslichtsensoren eingesetzt. Zudem werden fast 50% der Leuchten gedimmt.
- Als Leuchtmittel werden zu einem grossen Teil Kompaktleuchtstoffröhren eingesetzt. Bei den Leuchten dominieren Systeme mit einem Indirekt-Anteil von 25 - 75%. Die durchschnittliche Leuchteneffizienz liegt bei 65 lm/W.

4.4. Empfehlungen zur Vereinfachung der Nachkontrolle

Die Nachkontrolle der Beleuchtungsnachweise könnte mit den folgenden Massnahmen vereinfacht werden:

- Zusammen mit dem Nachweis sollten Grundrisspläne abgegeben werden, in denen neben den Leuchten auch die thermische Gebäudehülle, die erfassten typischen Räume und die Nutzung der übrigen Räume eingezeichnet sind. Dabei sollte dieselbe Zoneneinteilung wie im SIA 380/1 Nachweis verwendet werden.
- In einer Tabelle sollten für jede Zone die beleuchtete Nettofläche und die Energiebezugsfläche einander gegenübergestellt werden. Dies könnte mit geringem Aufwand durch Zuordnung aller im SIA 380/4 Nachweis erfassten Räume zu einer bestimmten Zone gemäss SIA 380/1 Nachweis erfolgen.
- Für eine grobe Kontrolle kann das Verhältnis der Nettogeschossfläche zur Energiebezugsfläche aus dem SIA 380/1 Nachweis herangezogen werden. Liegt dieses Verhältnis im Bereich von 0.8 – 1.2 besteht kein akuter Verdacht. Ist das Verhältnis kleiner als 0.8, sind vermutlich nicht alle beleuchteten Flächen eingegeben worden. Ist das Verhältnis grösser als 1.2, muss dies anhand von relevanten Flächenanteilen (Parking, Lager, Technik etc.) ausserhalb der thermischen Gebäudehülle begründet werden können.

4.5. Empfehlungen für weitergehende Untersuchungen

Die vorliegende Studie wertet Planungsdaten aus SIA 380/4 Beleuchtungsnachweisen aus. Gemäss ersten Erhebungen der Stadt Zürich kann davon ausgegangen werden, dass die installierte Beleuchtungsleistung in etwa stimmt, Unsicherheiten bestehen aber noch bei den Betriebsstunden.

Um die korrekte Umsetzung der Planungsvorgaben zu prüfen, müssten im Rahmen eines Messprojekts bei weiteren Gebäuden die effektiv installierte Beleuchtungsleistung erhoben und die Nutzungszeiten typischer Leuchten mit Datenloggern erfasst werden. Wir empfehlen insbesondere Gebäude mit eher tiefen (z.B. Nr. 1, 10) als auch solche mit eher hohen Projektwerten (z.B. Nr. 5), die sowohl über Einzel- als auch

über Grossraumbüros verfügen, in dem Messprojekt zu berücksichtigen.

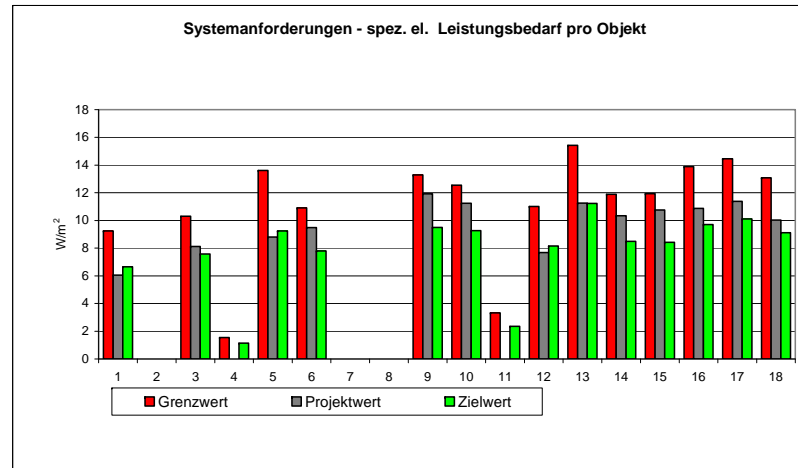
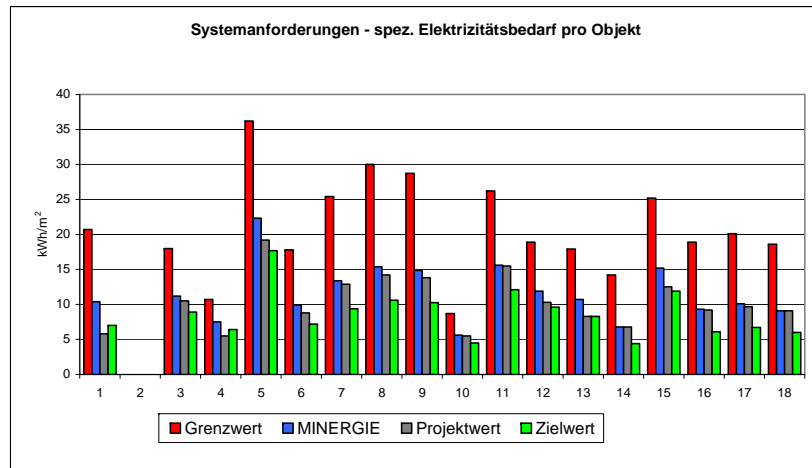
Ein Bedarf besteht zudem auch bezüglich der Erhebung von Energiekennzahlen Beleuchtung für weitere Gebäudekategorien wie z.B. Verkauf.

Ebenfalls interessant im Hinblick auf die Einführung des MuKE n Moduls 3 „Elektrische Energie (SIA 380/4)“ wäre die Auswertung der seit Anfang 2009 für alle klimatisierten MINERGIE-Gebäude obligatorischen Nachweise nach SIA 380/4 für Lüftung/Klimatisierung.

Anhang – Datenblätter

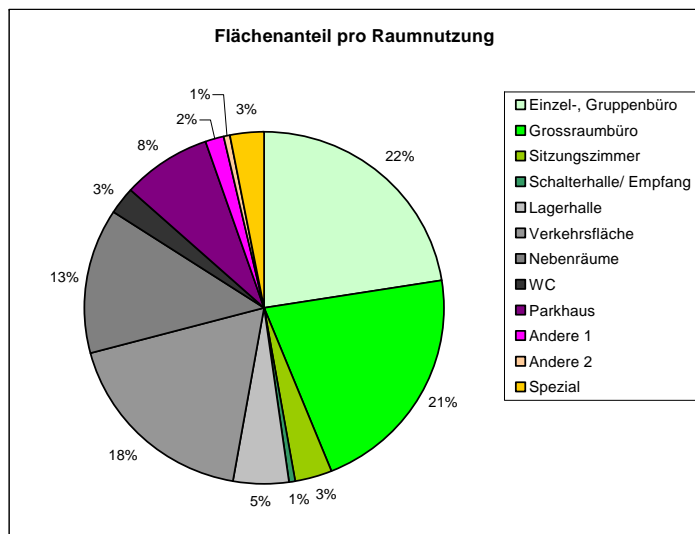
A1 Elektrizitäts- und elektrischer Leistungsbedarf pro Objekt

Objekt					Flächen					Spez. Elektrizitätsbedarf				Spez. el. Leistung (ohne Parkhaus)				
Nr	Projekt Typ	Projekt-stand	Datum	Version	Mieterausbau	Nettofläche m2	EBF (SIA 380/4) m2	Nettofl./EBF -	EBFo (SIA 380/1) m2	Nettofl./EBF -	Projektwert kWh/m2	Grenzwert kWh/m2	MINERGIE kWh/m2	Zielwert kWh/m2	Projektwert W/m2	Grenzwert W/m2	Zielwert W/m2	
1	Neubau	Projekt	15.01.2007	19.09.2006	nein	1'232	1'500	0.82	1'400	0.88	5.8	20.7	10.4	7	6.1	9.2	6.7	
2	Neubau	Projekt	23.11.2006	3.3 Jan 05	ja	0	3'200	0.00	3'000	0.00	0	0	0	0				
3	Neubau	Betrieb	18.09.2007	03. Jun 03	nein	2'216	2'500	0.89	2'500	0.89	10.5	18	11.2	8.9	8.1	10.3	7.6	
4	Umbau	Vorprojekt	14.09.2006	03. Jun 03	ja	685	1'700	0.40	1'700	0.40	5.5	10.7	7.5	6.4		1.5	1.1	
5	Umbau	Ausführung	28.11.2006	19.09.2006	nein	2'848	3'200	0.89	3'000	0.95	19.2	36.2	22.3	17.7	8.8	13.6	9.2	
6	Neubau	Vorprojekt	05.11.2007	13.02.2007	nein	22'027			17'700	1.24	8.8	17.8	9.9	7.2	9.5	10.9	7.8	
7	Neubau	Vorprojekt	27.11.2008	11.06.2007	nein	3'700	4'100	0.90			12.9	25.4	13.4	9.4		0.0	0.0	
8	Neubau	Vorprojekt	27.11.2008	11.06.2007	nein	9'616	4'100	2.35			14.2	30.0	15.4	10.6		0.0	0.0	
9	Neubau	Vorprojekt	27.11.2008	11.06.2007	nein	13'316	8'200	1.62	12'500	1.07	13.8	28.7	14.8	10.3	11.9	13.3	9.5	
10	Umbau	Projekt	09.06.2005	01.01.2005	nein	3'284	3'700	0.89	2'100	1.56	5.5	8.7	5.6	4.5	11.2	12.5	9.3	
11	Umbau	Projekt	21.12.2007	11.06.2007	nein	56'837	2'600	21.86	104'800	0.54	15.5	26.2	15.6	12.1		3.3	2.4	
12	Umbau	Ausschreibung	02.09.2005	01.06.2003	nein	4'501	5'000	0.90	4'700	0.96	10.3	18.9	11.9	9.6	7.7	11.0	8.2	
13	Umbau	Projekt	09.06.2005	01.01.2005	nein	5'015	6'800	0.74	4'500	1.11	8.3	17.9	10.7	8.3	11.3	15.4	11.2	
14	Neubau	Ausschreibung	26.11.2008	11.06.2007	nein	18'296	20'300	0.90	12'600	1.45	6.8	14.2	6.8	4.4	10.3	11.9	8.5	
15	Neubau	Projekt	11.12.2008	28.05.2008	nein	19'712	22'000	0.90	16'100	1.22	12.5	25.2	15.2	11.9	10.8	11.9	8.4	
16	Neubau	Projekt	26.11.2008	28.05.2008	nein	12'798			9'700	1.32	9.2	18.9	9.3	6.1	10.9	13.9	9.7	
17	Neubau	Projekt	27.11.2008	28.05.2008	nein	15'315			11'500	1.33	9.7	20.1	10.1	6.7	11.4	14.5	10.1	
18	Neubau	Projekt	28.11.2008	28.05.2008	nein	11'845			9'500	1.25	9.1	18.6	9.1	6	10.0	13.1	9.1	
19	Neubau	Projekt	05.02.2008	11.06.2007	nein	479	500	0.96	16'900	0.03	6.6	21.3	11.2	7.8				
20																		
Summe						203'722	89'400		234'200									
Max											19.2	36.2	22.3	17.7	11.9	15.4	11.2	
Durchschnitt											9.7	19.9	11.1	8.2	9.8	9.2	6.6	
Min											5.5	8.7	5.6	4.4	6.1	0.0	0.0	



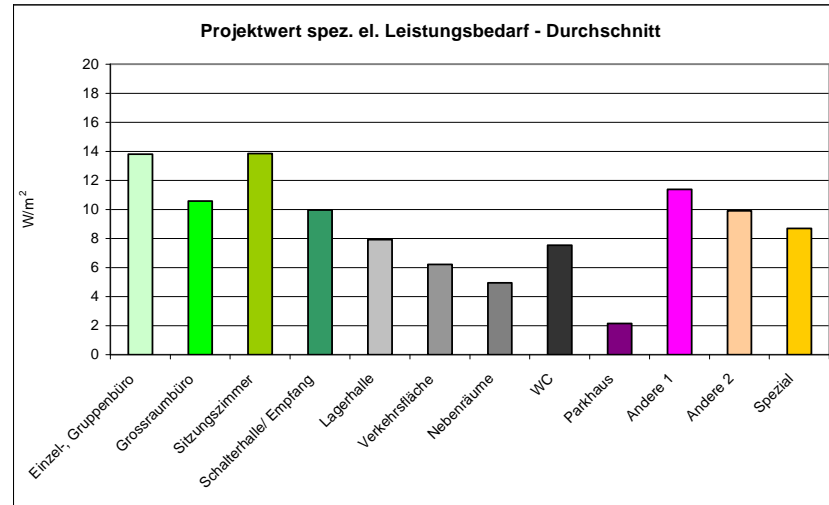
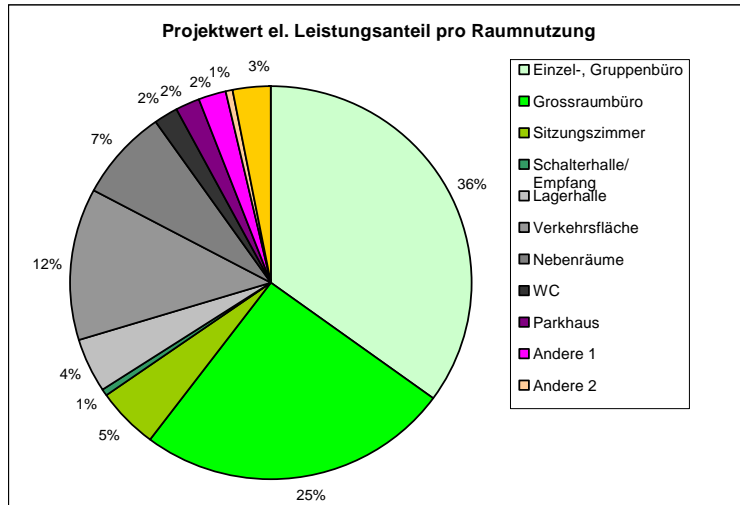
A2 Flächenanteil pro Raumnutzung

Nettofläche pro Standardnutzung (Blatt Objekte)																			
Nr	Projekt Typ	Projektstand	Nettofläche	EBF	Nettofl./EBF	Total	Einzel-, Gruppenbüro	Grossraumbüro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial	
			m2	m2	-	m2													
1	Neubau	Projekt	1'232	1'500	0.88	1'232	127	706	0	60	0	93	210	36	0	0	0	0	
2	Neubau	Projekt	0	3'200	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Neubau	Betrieb	2'216	2'500	0.89	1'705	915	0	58	0	388	288	0	56	0	0	0	0	
4	Umbau	Vorprojekt	685	1'700	0.40	512	0	0	0	0	76	113	0	23	300	0	0	0	
5	Umbau	Ausführung	2'848	3'200	0.95	2'717	308	805	240	0	0	268	218	56	0	28	485	309	
6	Neubau	Vorprojekt	22'027	0	1.24	22'027	0	13'638	0	0	3'446	1'163	1'084	416	2'280	0	0	0	
7	Neubau	Vorprojekt	3'700	4'100		3'700	1'310	0	490	0	0	1'051	401	132	0	316	0	0	
8	Neubau	Vorprojekt	9'616	4'100		9'609	6'201	0	0	0	0	1'511	1'435	149	0	313	0	0	
9	Neubau	Vorprojekt	13'316	8'200	1.07	13'309	7'511	0	490	0	0	2'562	1'836	281	0	629	0	0	
10	Umbau	Projekt	3'284	3'700	1.56	3'276	114	0	31	54	679	674	0	132	0	87	86	1'419	
11	Umbau	Projekt	56'837	2'600	0.54	31'356	12'018	4'765	0	0	0	9'000	3'566	1'139	0	435	106	327	
12	Umbau	Ausschreibung	4'501	5'000	0.96	4'415	2'744	0	158	23	585	655	0	108	0	61	60	21	
13	Umbau	Projekt	5'015	6'800	1.11	2'221	369	0	31	0	36	1'429	0	45	0	57	59	195	
14	Neubau	Ausschreibung	18'296	20'300	1.45	18'122	1'753	7'091	334	0	0	1'225	2'093	253	4'907	124	18	324	
15	Neubau	Projekt	19'712	22'000	1.22	14'438	859	2'182	362	61	3'284	1'660	219	179	3'022	80	166	2'364	
16	Neubau	Projekt	12'798	0	1.32	12'798	1'405	2'361	959	246	0	2'503	3'735	237	1'006	248	35	63	
17	Neubau	Projekt	15'315	0	1.33	15'315	1'398	2'633	1'232	234	0	3'139	4'371	756	1'006	402	79	65	
18	Neubau	Projekt	11'845	0	1.25	11'845	1'132	1'809	1'099	285	0	2'845	3'380	241	1'006	48	0	0	
Total (m2)			203'243	88'900	2.29	168'597	38'164	35'990	5'484	963	8'494	30'179	22'548	4'239	13'527	2'828	1'094	5'087	
Anteil (%)						100.0	22.6	21.3	3.3	0.6	5.0	17.9	13.4	2.5	8.0	1.7	0.6	3.0	



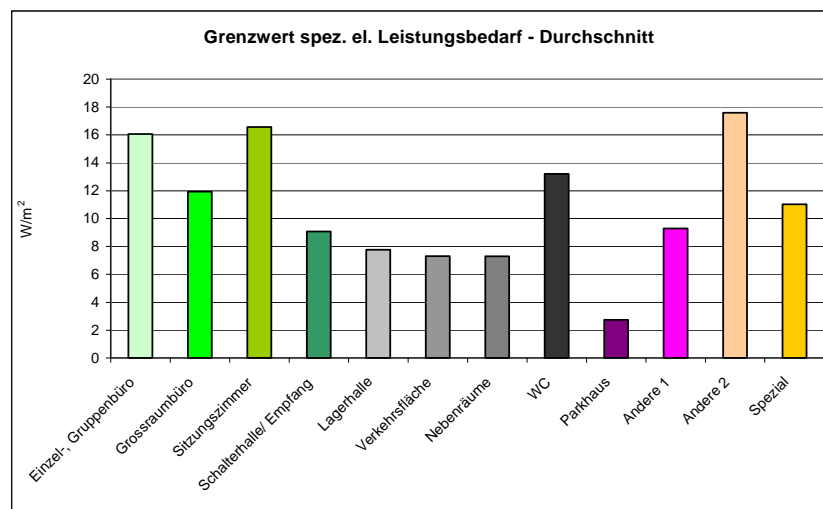
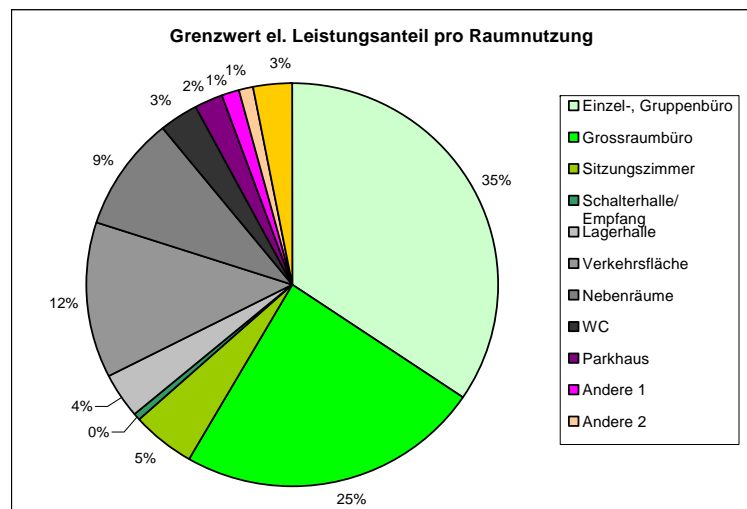
A3 Projektwerte el. Leistungsbedarf pro Raumnutzung

Projektwerte el. Leistungsbedarf														
Nr	Projekt Typ	Projektstand	Einzel-, Gruppenbüro	Grossraumbüro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
			W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²
1	Neubau	Projekt	7	8	0	7	0	9	0	20	0	0	0	0
2	Neubau	Projekt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Neubau	Projekt	11	0	8	0	5	7	0	19	0	0	0	0
4	Umbau	Projekt	0	0	0	0	4	6	0	7	1	0	0	0
5	Umbau	Projekt	11	9	9	0	0	10	4	12	0	8	10	10
6	Neubau	Projekt	0	10	0	0	5	4	3	12	1	0	0	0
7	Neubau	Projekt	15	0	18	0	0	5	4	8	0	6	0	0
8	Neubau	Projekt	15	0	0	0	0	5	4	8	0	4	0	0
9	Neubau	Projekt	15	0	18	0	0	5	4	8	0	5	0	0
10	Umbau	Projekt	18	0	15	0	4	5	0	8	0	17	12	8
11	Umbau	Projekt	15	12	0	0	0	4	8	4	0	4	6	4
12	Umbau	Projekt	8	0	10	10	3	11	0	8	0	6	9	9
13	Umbau	Projekt	15	0	8	0	3	5	0	7	0	11	8	8
14	Neubau	Projekt	11	9	13	0	0	10	7	15	2	21	24	18
15	Neubau	Projekt	12	9	19	24	14	8	5	8	3	20	11	8
16	Neubau	Projekt	11	13	13	11	0	9	4	9	2	12	17	4
17	Neubau	Projekt	12	11	13	14	0	9	4	5	2	34	7	12
18	Neubau	Projekt	11	14	13	5	0	9	4	10	2	9	0	0
Total (kW)			527	381	76	10	67	188	112	32	29	32	11	44
Max. (W/m ²)			18	14	19	24	14	11	8	20	3	34	24	18
Durchschnitt (W/m ²)			14	11	14	10	8	6	5	8	2	11	10	9
Min. (W/m ²)			7	8	8	5	3	4	3	4	1	4	6	4



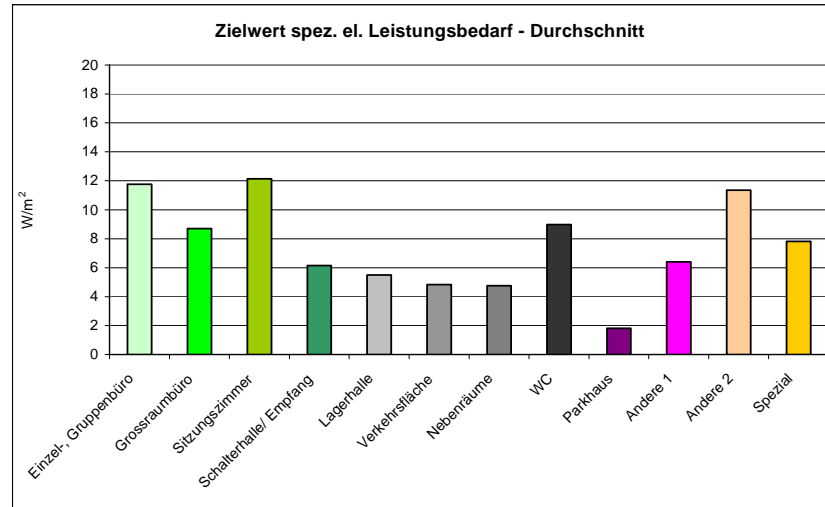
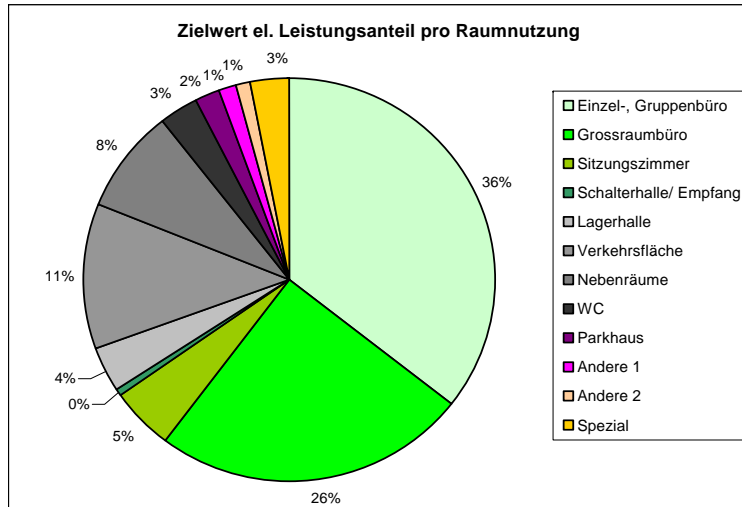
A4 Grenzwerte el. Leistungsbedarf pro Raumnutzung

Grenzwerte el. Leistungsbedarf														
Nr	Projekt Typ	Projektstand	Einzel-, Gruppenbüro	Grossraumbüro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehr-sfläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
			W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²
1	Neubau	Projekt	16	12	0	5	0	7	5	11	0	0	0	0
2	Neubau	Projekt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Neubau	Projekt	15	0	15	0	8	6	0	10	0	0	0	0
4	Umbau	Projekt	0	0	0	0	8	6	0	10	3	0	0	0
5	Umbau	Projekt	18	14	18	0	0	8	9	14	0	7	20	12
6	Neubau	Projekt	0	11	0	0	8	8	6	15	3	0	0	0
7	Neubau	Projekt	16	0	18	0	0	6	7	15	0	7	0	0
8	Neubau	Projekt	16	0	0	0	0	7	7	15	0	7	0	0
9	Neubau	Projekt	16	0	18	0	0	7	7	15	0	7	0	0
10	Umbau	Projekt	15	0	15	0	5	6	0	10	0	15	7	10
11	Umbau	Projekt	16	12	0	0	0	7	6	13	0	8	16	19
12	Umbau	Projekt	15	0	15	10	5	6	0	10	0	7	9	15
13	Umbau	Projekt	15	0	15	0	5	6	0	10	0	7	8	10
14	Neubau	Projekt	16	11	14	0	0	7	9	10	2	13	49	9
15	Neubau	Projekt	18	14	14	15	9	9	9	15	3	11	15	11
16	Neubau	Projekt	19	14	16	9	0	8	8	10	3	11	27	13
17	Neubau	Projekt	21	15	16	9	0	8	7	14	3	16	22	15
18	Neubau	Projekt	19	14	19	10	0	8	8	15	3	14	0	0
Total (kW)			614	429	91	9	66	220	165	56	37	26	19	56
Max. (W/m ²)			21	15	19	15	9	9	9	15	3	16	49	19
Durchschnitt (W/m ²)			16	12	17	9	8	7	7	13	3	9	18	11
Min. (W/m ²)			15	11	14	5	5	6	5	10	2	7	7	9



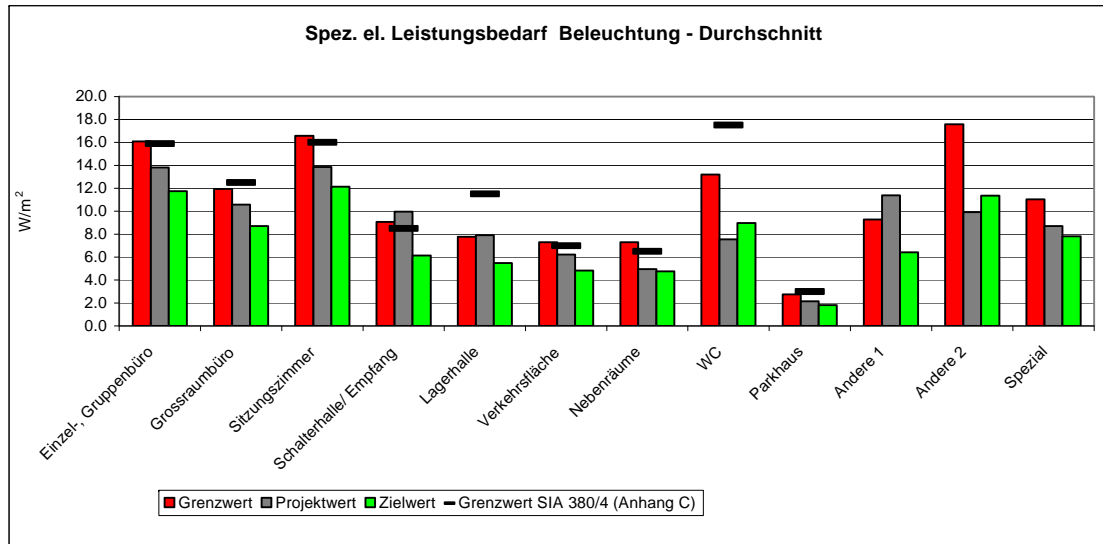
A5 Zielwerte el. Leistungsbedarf pro Raumnutzung

Zielwerte el. Leistungsbedarf			Einzel-, Gruppenbüro	Grossraumbüro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
Nr	Projekt Typ	Projektstand	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²
1	Neubau	Projekt	12	9	0	3	0	4	3	8	0	0	0	0
2	Neubau	Projekt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Neubau	Projekt	11	0	11	0	6	4	0	7	0	0	0	0
4	Umbau	Projekt	0	0	0	0	6	4	0	7	3	0	0	0
5	Umbau	Projekt	13	10	13	0	0	5	6	9	0	4	12	8
6	Neubau	Projekt	0	8	0	0	5	5	4	10	2	0	0	0
7	Neubau	Projekt	12	0	13	0	0	4	5	10	0	4	0	0
8	Neubau	Projekt	12	0	0	0	0	5	5	10	0	4	0	0
9	Neubau	Projekt	12	0	13	0	0	4	5	10	0	4	0	0
10	Umbau	Projekt	11	0	11	0	4	4	0	7	0	11	6	7
11	Umbau	Projekt	11	9	0	0	0	5	4	9	0	5	12	14
12	Umbau	Projekt	11	0	11	7	4	4	0	7	0	6	8	11
13	Umbau	Projekt	11	0	11	0	4	4	0	7	0	6	6	7
14	Neubau	Projekt	12	8	10	0	0	5	6	7	2	10	28	6
15	Neubau	Projekt	13	10	10	10	6	6	6	10	2	8	10	7
16	Neubau	Projekt	14	10	11	6	0	5	5	7	2	7	20	9
17	Neubau	Projekt	15	11	12	6	0	6	5	10	2	11	16	10
18	Neubau	Projekt	14	11	14	7	0	5	5	10	2	10	0	0
Total (kW)			449	313	67	6	47	146	107	38	25	18	12	40
Max. (W/m ²)			15	11	14	10	6	6	6	10	3	11	28	14
Durchschnitt (W/m ²)			12	9	12	6	5	5	5	9	2	6	11	8
Min. (W/m ²)			11	8	10	3	4	4	3	7	2	4	6	6



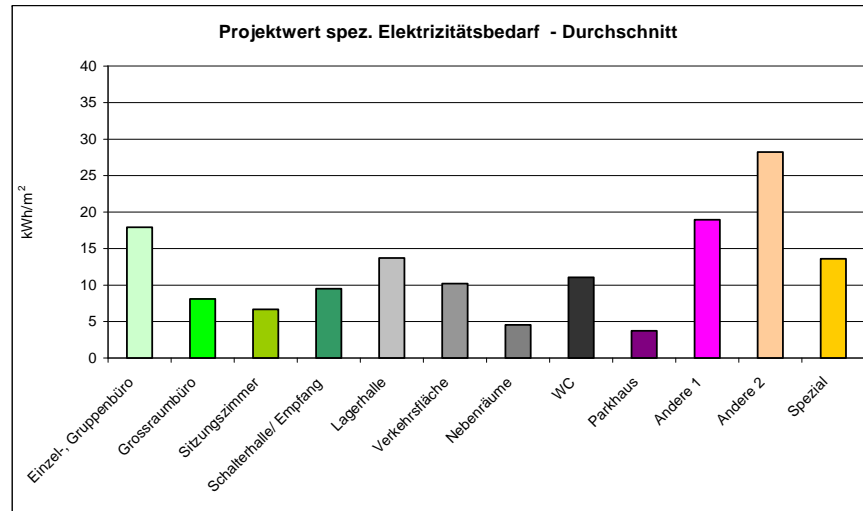
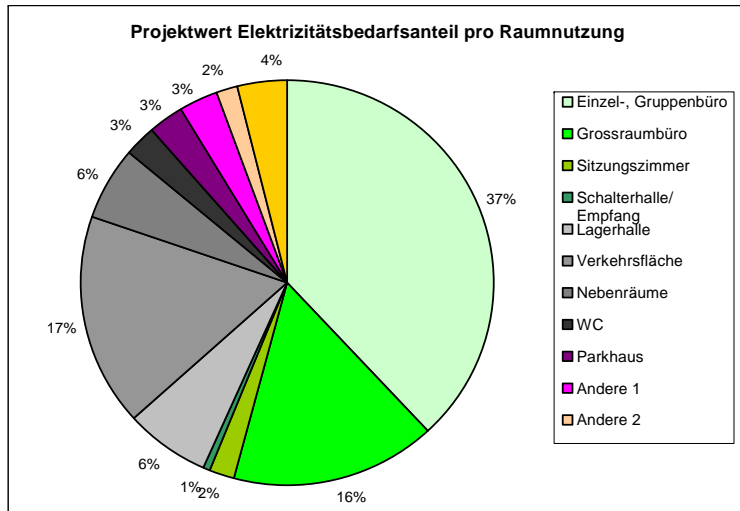
A6 Durchschnittlicher el. Leistungsbedarf pro Raumnutzung

Durchschnitt el. Leistungsbedarf													
Nr	Projekt	Einzel-, Gruppenbüro	Grossraum-büro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
		W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Grenzwert		16.1	11.9	16.6	9.1	7.8	7.3	7.3	13.2	2.7	9.3	17.6	11.0
Projektwert		13.8	10.6	13.9	10.0	7.9	6.2	4.9	7.5	2.1	11.4	9.9	8.7
Zielwert		11.8	8.7	12.1	6.1	5.5	4.8	4.8	9.0	1.8	6.4	11.4	7.8
Grenzwert SIA 380/4 (A)		15.9	12.5	16.0	8.5	11.5	7.0	6.5	17.5	3.0			



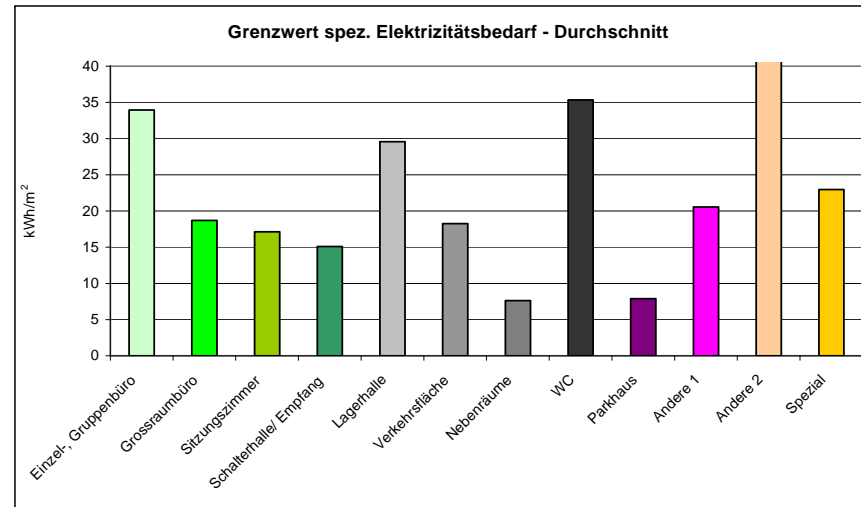
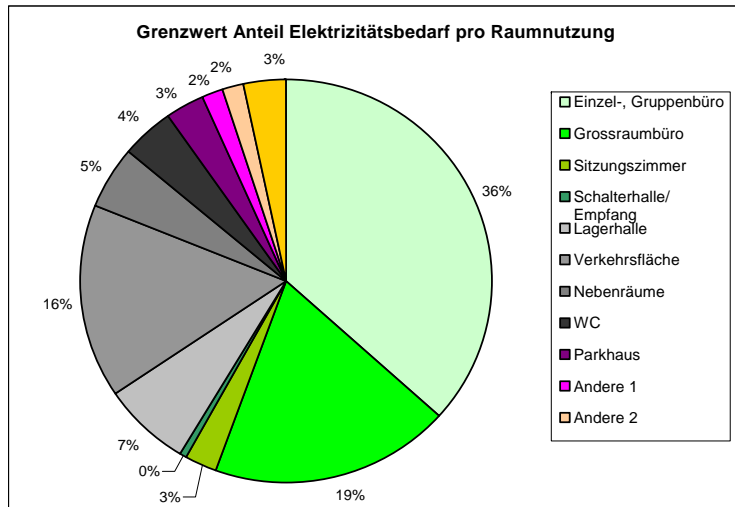
A7 Projektwerte Elektrizitätsbedarf pro Raumnutzung

Projektwerte Elektrizitätsbedarf			Einzel-, Gruppenbüro	Grossraum-büro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
Nr	Projekt Typ	Projektstand	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
1	Neubau	Projekt	8	6	0	9	0	0	0	34	0	0	0	0
2	Neubau	Projekt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Neubau	Projekt	6	0	9	0	19	18	0	15	0	0	0	0
4	Umbau	Projekt	0	0	0	0	14	13	0	6	3	0	0	0
5	Umbau	Projekt	19	11	11	0	0	29	4	21	0	8	37	24
6	Neubau	Projekt	0	8	0	0	19	6	3	21	2	0	0	0
7	Neubau	Projekt	21	0	8	0	0	8	2	12	0	15	0	0
8	Neubau	Projekt	18	0	0	0	0	9	2	12	0	13	0	0
9	Neubau	Projekt	19	0	8	0	0	9	2	12	0	14	0	0
10	Umbau	Projekt	9	0	17	23	2	7	0	6	0	27	12	4
11	Umbau	Projekt	25	11	0	0	0	3	5	6	0	6	13	3
12	Umbau	Projekt	10	0	11	21	1	21	0	7	0	6	6	17
13	Umbau	Projekt	10	0	8	0	1	7	0	6	0	11	23	8
14	Neubau	Projekt	6	5	4	0	0	20	8	6	4	27	72	22
15	Neubau	Projekt	9	7	9	25	12	14	3	15	5	66	25	19
16	Neubau	Projekt	9	11	6	8	0	17	5	17	4	14	58	10
17	Neubau	Projekt	9	9	6	10	0	17	5	8	4	41	17	28
18	Neubau	Projekt	9	11	6	4	0	16	5	20	4	21	0	0
Total (kWh)			684	291	37	9	116	308	102	47	51	54	31	69
Max. (kWh/m ²)			25	11	17	25	19	29	8	34	5	66	72	28
Durchschnitt (kWh/m ²)			18	8	7	10	14	10	5	11	4	19	28	14
Min. (kWh/m ²)			6	5	4	4	1	3	2	6	2	6	6	3



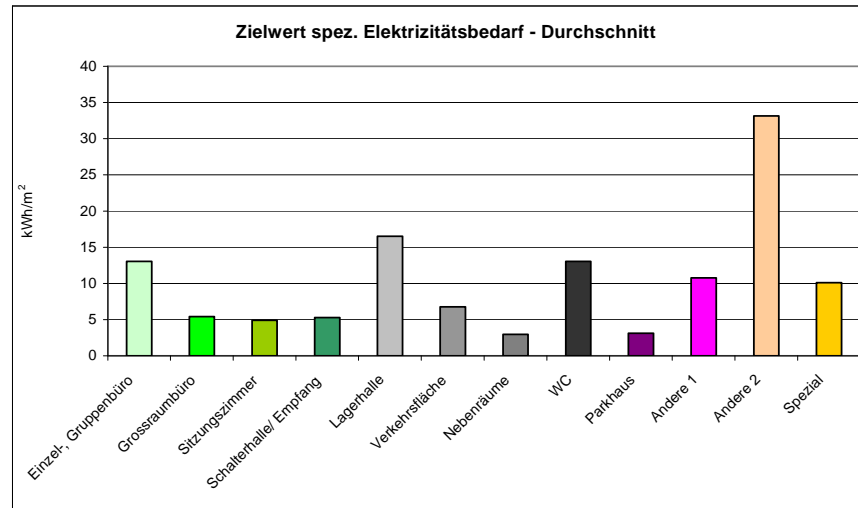
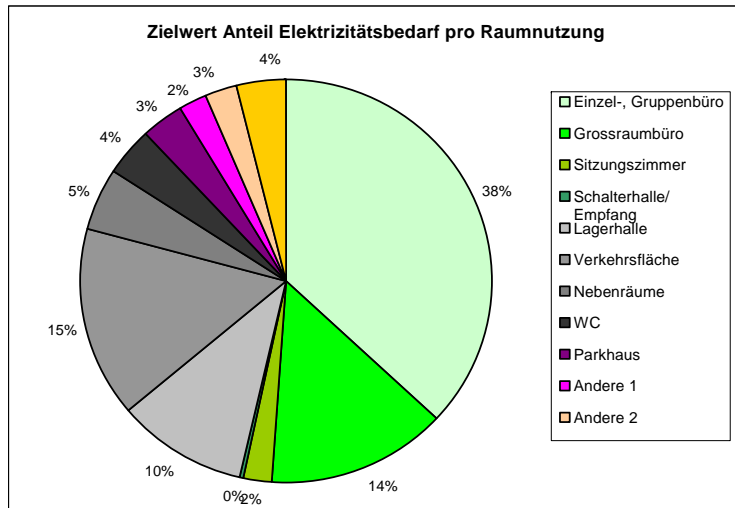
A8 Grenzwerte Elektrizitätsbedarf pro Raumnutzung

Grenzwerte Elektrizitätsbedarf			Einzel-, Gruppenbüro	Grossraumbüro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
Nr	Projekt Typ	Projektstand	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
1	Neubau	Projekt	36	23	0	27	0	10	4	34	0	0	0	0
2	Neubau	Projekt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Neubau	Projekt	15	0	23	0	29	15	0	10	0	0	0	0
4	Umbau	Projekt	0	0	0	0	29	15	0	10	8	0	0	0
5	Umbau	Projekt	40	25	28	0	0	23	9	39	0	8	76	34
6	Neubau	Projekt	0	16	0	0	32	22	7	43	7	0	0	0
7	Neubau	Projekt	40	0	22	0	0	18	8	41	0	14	0	0
8	Neubau	Projekt	38	0	0	0	0	19	8	41	0	17	0	0
9	Neubau	Projekt	38	0	22	0	0	18	8	41	0	16	0	0
10	Umbau	Projekt	15	0	23	28	2	12	0	10	0	30	11	7
11	Umbau	Projekt	35	20	0	0	0	14	6	38	0	12	47	28
12	Umbau	Projekt	24	0	23	28	2	13	0	10	0	11	9	22
13	Umbau	Projekt	17	0	23	0	2	11	0	10	0	11	29	15
14	Neubau	Projekt	22	17	11	0	0	17	9	14	7	31	184	19
15	Neubau	Projekt	25	18	11	27	38	25	9	43	8	47	55	30
16	Neubau	Projekt	33	24	15	12	0	24	9	30	10	22	94	48
17	Neubau	Projekt	36	25	15	12	0	24	8	40	10	34	49	55
18	Neubau	Projekt	33	25	18	12	0	22	8	43	10	52	0	0
Total (kW)			1'295	673	94	15	251	550	172	150	107	58	65	117
Max. (kWh/m ²)			40	25	28	28	38	25	9	43	10	52	184	55
Durchschnitt (kWh/m ²)			34	19	17	15	30	18	8	35	8	21	59	23
Min. (kWh/m ²)			15	16	11	12	2	10	4	10	7	8	9	7



A9 Zielwerte Elektrizitätsbedarf pro Raumnutzung

Zielwerte Elektrizitätsbedarf			Einzel-, Gruppenbüro	Grossraum-büro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
Nr	Projekt Typ	Projektstand	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
1	Neubau	Projekt	16	7	0	11	0	2	1	14	0	0	0	0
2	Neubau	Projekt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Neubau	Projekt	6	0	12	0	17	9	0	6	0	0	0	0
4	Umbau	Projekt	0	0	0	0	17	9	0	6	6	0	0	0
5	Umbau	Projekt	18	8	16	0	0	9	4	16	0	4	44	18
6	Neubau	Projekt	0	5	0	0	18	9	3	18	3	0	0	0
7	Neubau	Projekt	16	0	5	0	0	7	3	7	0	8	0	0
8	Neubau	Projekt	13	0	0	0	0	7	3	7	0	9	0	0
9	Neubau	Projekt	14	0	5	0	0	7	3	7	0	9	0	0
10	Umbau	Projekt	6	0	12	14	1	6	0	6	0	18	6	4
11	Umbau	Projekt	16	6	0	0	0	4	2	15	0	7	28	7
12	Umbau	Projekt	12	0	12	14	1	7	0	6	0	6	5	41
13	Umbau	Projekt	7	0	12	0	1	6	0	6	0	6	17	7
14	Neubau	Projekt	5	5	3	0	0	6	4	2	3	17	106	8
15	Neubau	Projekt	6	5	3	13	21	10	4	18	3	26	22	13
16	Neubau	Projekt	8	6	4	3	0	9	3	12	4	9	69	19
17	Neubau	Projekt	9	6	4	3	0	9	3	16	4	18	27	22
18	Neubau	Projekt	8	6	4	4	0	9	3	18	4	21	0	0
Total (kW)			498	195	27	5	140	205	67	55	42	30	36	51
Max. (kWh/m ²)			18	8	16	14	21	10	4	18	6	26	106	41
Durchschnitt (kWh/m ²)			13	5	5	5	17	7	3	13	3	11	33	10
Min. (kWh/m ²)			5	5	3	3	1	2	1	2	3	4	5	4



A10 Durchschnittlicher Elektrizitätsbedarf pro Raumnutzung

Durchschnitt el. Leistungsbedarf													
Nr	Projekt	Einzel-, Gruppenbüro	Grossraum-büro	Sitzungs-zimmer	Schalterhalle/ Empfang	Lager-halle	Verkehrs-fläche	Neben-räume	WC	Park-haus	Andere 1	Andere 2	Spezial
		kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Grenzwert		33.9	18.7	17.1	15.1	29.6	18.2	7.6	35.3	7.9	20.5	59.0	23.0
Projektwert		17.9	8.1	6.7	9.5	13.7	10.2	4.5	11.0	3.7	18.9	28.2	13.6
Zielwert		13.0	5.4	4.9	5.3	16.5	6.8	3.0	13.0	3.1	10.8	33.2	10.1
Grenzwert SIA 380/4 (A)		24.0	29.0	13.0	12.0	40.0	11.0	15.0	31.0	6.0			

