

Interne Wärmelasten von Betriebseinrichtungen

Ravel - Untersuchungsprojekt
Nr. 32.51

Schlussbericht

Bern, den 30. März 1992
Beat Nussbaumer
Projekt Nr. 90080

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Das Wichtigste in Kürze	3
2.	Grundsätzliche Betrachtung	4
2.1.	Interne Lasten	4
2.2.	Kenngrossen, Verständigung	4
3.	Projektbeschreibung	6
3.1.	Zielsetzung	6
3.2.	Projektlauf	6
3.3.	Datenerfassung	7
4.	Die analysierten Gebäude	8
4.1.	Amt für Bundesbauten, Ingenieurbüro	8
4.2.	Amt für Bundesbauten, grosses Sekretariat	9
4.3.	Hochbauamt der Stadt Bern, kleines Sekretariat	10
4.4.	GRÜTLI-Versicherung, Grossraumbüro	11
4.5.	PTT Generaldirektion, EDV	12
5.	Die wichtigsten Ergebnisse	13
5.1.	Maximale Leistungen	13
5.2.	Durchschnittliche Leistungen	14
5.3.	Typisches Maximum	16
5.4.	Interne Wärme an Arbeitstagen	17
5.5.	Summenhäufigkeiten	17
5.6.	Betriebsfaktoren	18
5.7.	Gleichzeitigkeitsfaktoren im typischen Maximum	21
5.8.	Saisonalvergleich	22

INHALTSVERZEICHNIS

6.	Detaillierte Messresultate	23
6.1.	Typische Tagesgänge und Summenhäufigkeiten	23
7.	Schlussfolgerungen	29
7.1.	Installierte Leistungen	29
7.2.	Betriebsfaktoren	29
7.3.	Interne Wärmelasten	29
7.4.	Summenhäufigkeiten	30
7.5.	Saisonale Unterschiede	30
8.	Literaturverzeichnis	31
	ANHANG	32
A.	Detaillierte Messergebnisse	33
B.	Messtechnik	51

1. Das Wichtigste in Kürze

Im Rahmen des RAVEL-Untersuchungsprojektes 32.51 "Elektroenergieverbrauch der Betriebseinrichtungen" wurden die internen Lasten der Betriebseinrichtungen und der Beleuchtung, in fünf Nicht-Wohngebäuden (Büro und Verwaltung), detailliert erfasst.

Im Auftrag von RAVEL wurden interne Lasten in Nicht-Wohngebäuden gemessen.

Die Resultate fliessen in das RAVEL Umsetzungsprojekt 32.04 "Einsatz der integralen Gebäudeautomatisierung (IGA) - Optimierung und Betrieb" ein.

Die Messungen sollen Aufschluss geben über die Menge und Charakteristik der internen Lasten in Nicht-Wohngebäuden.

Die fünf ausgeschiedenen Objekte wurden 1991 je zweimal während zwei bis drei Wochen ausgemessen und die Messresultate mit einem Computerprogramm ausgewertet.

Untersuchung von fünf Büroräumen

Die wichtigsten Ergebnisse sind nachfolgend zusammenfassend aufgeführt:

- Die installierten Leistungen betragen im Durchschnitt 50 W/m². In einem Büro mit ausschliesslicher EVD-Nutzung (Textverarbeitung) wurden jedoch Werte um 180 W/m² festgestellt.
- Die maximalen Leistungen unterschreiten die installierten Leistungen bei den Arbeitshilfen um einen Faktor vier bis acht.
- Unsere Messungen ergaben bei normalen Bürobetrieben interne Abwärmemengen von 50 bis 150 Wh/m²/d. In Räumen mit ausschliesslicher EDV-Nutzung (Textverarbeitung) wurden jedoch Werte um 350 Wh/m²/d gemessen.
- Die grössten internen Lasten in Büroräumen treten immer am Morgen, während rund zwei Stunden auf.
- Die bessere Lichtausbeute moderner Leuchten sowie die zunehmende Nutzung der EDV bewirkt bei neueren Gebäuden eine anteilmässige Verlagerung der internen Lasten von der Beleuchtung zu den Arbeitshilfen.
- Konventionelle Deckenbeleuchtungen sind während 10 bis 30% der Nutzungszeit eingeschaltet.
- Infolge der guten Beleuchtungsqualität von neuen Leuchten (blendungsarm) wird die eingeschaltene Deckenbeleuchtung bei Nichtbedarf übersehen und nicht mehr ausgeschaltet.
- Es konnten keine eindeutigen saisonalen Abhängigkeiten der internen Lasten festgestellt werden.

Laufende Untersuchungen des NEFF und des BEW sollen die vorliegenden Messungen ergänzen und bis Ende 1992 statistisch relevante Aussagen ermöglichen.

2. Grundsätzliche Betrachtung

Für die Dimensionierung von Lüftungs- und Klimaanlage ist die Kenntnis der internen Lasten und deren Gleichzeitigkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Es sind heute diesbezüglich noch keine gesicherten Daten vorhanden.

Bis jetzt sind keine Daten von internen Lasten verfügbar.

2.1. Interne Lasten

Der Wärmeanfall in Gebäuden durch die Nutzung elektrischer Energie sowie die Personenabwärme werden als interne Lasten bezeichnet.

2.2. Kenngrößen, Verständigung

Der relativ neue Begriff "interne Lasten" macht eine genaue und verbindliche Definition der Kenngrößen notwendig. Im Folgenden werden die in diesem Bericht verwendeten Begriffe kurz erläutert.

Verbindliche Definition der Kenngrößen notwendig

Es können grundsätzlich absolute (W, Wh) und spezifische (W/m², Wh/m²) Einheiten angegeben werden. Wenn möglich, sind bestehende Definitionen der SIA-Empfehlung 380/4 berücksichtigt:

Kenngrösse	Definition	
Installierte Leistung	Herstellerangaben zum Leistungs- oder Strombedarf auf Typenschildern.	P_{inst}
Maximale Leistung	bezeichnet die gemessene, maximal mögliche Leistungsaufnahme.	P_{max}
Durchschnittliche Leistung	ergibt sich aus der internen Wärme während einer Betrachtungszeit dividiert durch diese Betrachtungszeit (keine Übereinstimmung mit der mittleren Leistung der SIA 380/4).	E / h
Mittlere Leistung	nach der SIA-Empfehlung 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau", Absatz 3.1.5 (wurde bei der vorliegenden Auswertung nicht explizit berechnet).	P_m
Betriebsfaktor f_b	wird durch die Nutzung bestimmt. Er berechnet sich aus der mittleren Leistung dividiert durch die maximale Leistung (nach SIA 380/4).	$f_b = P_m / P_{max}$

Nutzungszeit	bezeichnet die Zeit, während der eine Betriebseinheit genutzt wird (bei Bürobetrieben 11h gemäss SIA 380/4).	h_a
Typischer Tagesgang	die Stundenmittelwerte des typischen Tages werden als arithmetisches Mittel aller Werte der entsprechenden Stunde über die ganze Messperiode (nur Arbeitstage) gebildet.	
Typisches Maximum	bezeichnet den maximalen Stundenwert im typischen Tagesgang.	
Gleichzeitigkeitsfaktor im typischen Maximum	berechnet sich aus dem typischen Maximum dividiert durch die maximale Leistung. Grundsätzlich sind verschiedene Gleichzeitigkeitsfaktoren, je nach Verwendungszweck, sinnvoll und notwendig.	P / P_{max}
Interne Wärme an Arbeitstagen	aus den gemessenen Stundenmittelwerten der Leistung der einzelnen internen Lasten wird die jeweilige Wärmeabgabe an Arbeitstagen berechnet.	
Summenhäufigkeit	die berechneten Summenhäufigkeiten beinhalten sämtliche während der Messperiode aufgetretenen Messwerte.	
Für die von Personen abgegebene sensible Wärme setzen wir nach dem "Vollzugsordner Energie" des Kantons Zürich, 70 W/Person ein (Abschnitt 6.2, Stand April 1991).		70 W pro Person

3. Projektbeschreibung

Das RAVEL-Untersuchungsprojekt 32.51 "Elektroenergieverbrauch der Betriebseinrichtungen" bildet eine Grundlage für das Umsetzungsprojekt 32.04 "Einsatz der integrierten Gebäudeautomatisierung (IGA) - Optimierung und Betrieb".

Untersuchungsprojekt 32.51 eine Grundlage für Umsetzungsprojekt 32.04

3.1. Zielsetzung

Ziel dieses Untersuchungsprojektes ist es, Kenndaten über den tatsächlichen Stromverbrauch von Geräten, Anlagen (inkl. Beleuchtung) und Betriebseinrichtungen in Nicht-Wohngebäuden zu ermitteln.

Ermittlung von Kenndaten über Stromverbrauch

Die Untersuchung soll einen Vergleich zwischen den installierten Leistungen und dem gemessenen, maximalen Verbrauch aller Elektroverbraucher in den fünf Büroräumen aufzeigen. Im Weiteren sollen die Messungen Hinweise auf Betriebs- und Gleichzeitigkeitsfaktoren geben. Die Erstellung von Summenhäufigkeiten der internen Lasten soll eine Beurteilung der thermischen Belastung der Büroräume erlauben.

Untersuchungspunkte:
Installierte- und maximale Leistungen,
Betriebs- und Gleichzeitigkeitsfaktoren,
Summenhäufigkeiten

3.2. Projektablauf

Für die geplanten Messungen wurden Nicht-Wohngebäude ausgewählt, die nach heutigen Gesichtspunkten eventuell klimatisiert würden.

Auswahl typischer Gebäude und bestimmung typischer Räume

In den ausgewählten Gebäuden bestimmten wir Räume, deren Nutzung für das Gesamtgebäude typisch ist.

Die Messungen dauerten jeweils zwei bis drei Wochen. Zur Ermittlung allfälliger klimatischer Abhängigkeiten erfolgten zwei Messungen pro Objekt während verschiedenen Jahreszeiten.

Nachfolgendes Diagramm veranschaulicht den zeitlichen Ablauf der vorgenommenen Messungen:

Die zweite Messung im Objekt "AFB Ingenieure" konnte nicht durchgeführt werden weil nach der ersten ein Umbau verbunden mit einer Nutzungsänderung erfolgte.

Keine zweite Messung
"AFB Ing.-Büro"

3.3. Datenerfassung

Zur Bestimmung der maximalen Leistung erfolgten Momentanmessungen an jedem Einzelgerät sowie der Beleuchtung mittels einem Wattmeter. Die Werte wurden wenn nötig während derjenigen Betriebsart mit der maximalen Leistungsaufnahme erfasst.

Messung der
maximalen Leistung
mittels Wattmeter

Zusätzlich erfolgte die Aufzeichnung des Elektroverbrauches jedes Einzelgerätes sowie der Beleuchtung über zwei bis drei Wochen. Die erfassten Leistungen wurden als Stundenmittelwerte abgespeichert. Ein kürzeres Messintervall wäre nicht sinnvoll, da kurzzeitige Lastspitzen thermisch im Raumklima nicht wirksam werden.

Langzeiterfassung
von
Stundenmittelwerten

Die Ermittlung der Personenabwärme erfolgte mittels Präsenzlisten.

Die Datenauswertung erfolgte mit einem speziell entwickelten Computerprogramm. Die komplette Auswertung besteht pro Messung aus zwei Formularen, sie ist im Anhang A aufgeführt. Durch die detaillierte Erfassung der Elektroverbraucher können auch Aussagen zu Einzelgeräten sowie Gerätegruppen gemacht werden.

Einheitliche Auswertung
mittels Computerprogramm

4. Die analysierten Gebäude

Zur Bestimmung der internen Lasten in Nicht-Wohngebäuden wurden im Rahmen des RAVEL-Projektes 32.04 fünf Objekte zu Messzwecken ausgewählt. Im Vordergrund standen Gebäude mit Räumen, die heute im allgemeinen klimatisiert werden.

Gebäude, die heute im allgemeinen klimatisiert werden

Wir möchten an dieser Stelle den Gebäudeeigentümern für die Ermöglichung der vorliegenden Messungen danken.

Die vorgesehene Anzahl von fünf Büroräumen kann keine statistisch relevanten Daten liefern. Vielmehr soll durch die unterschiedlichen Objekte die Grössenordnungen der internen Lasten aufgezeigt werden.

Keine statistisch relevanten Werte

Die ausgewählten Gebäude wurden zwischen 1969 und 73 erstellt und befinden sich im Raume Bern.

TABELLE DER WICHTIGSTEN RAUM- UND GEBÄUDEDATEN:

Objekt	Baujahr/ Umbau	Raumfläche	Fenster- fläche	Fenster orientierung	Personen- belegung
AFB Ing	1973	82	26	Süd	3
AFB Sek 1	1973	143	30	Ost	6
AFB Sek 2	1991	66	26	Süd / Ost	3
HBA	1969	51	16	Süd	2.5
GRÜTLI	1972	75	54	Nord / Süd	3
GD-PTT	1970	38	8	Ost	2.5

Die Gebäudetypen sowie der ausgemessene Arbeitsraum werden im folgenden kurz charakterisiert.

4.1. Amt für Bundesbauten, Ingenieurbüro

Das Ingenieurbüro des Amtes für Bundesbauten befindet sich im 3. Obergeschoss des Gebäudekomplexes "City West", welcher 1973 fertiggestellt wurde. Die Fensterfläche des Raumes ist nach Süden orientiert, die Beschattung erfolgt mit aussenliegenden Lamellenstoren.

Kleine installierte Leistungen, schwache Personenbelegung

Der Raum wird durch drei Personen genutzt, welche oftmals auch extern arbeiten. Die totale Raumfläche von 82m² ergibt über 25m²/Person, was für eine schwache Personenbelegung des Raumes spricht

Die Arbeitsbereiche werden durch Stellwände abgetrennt. Über eine Hohldecke wird der Arbeitsraum belüftet und an Hitzetagen gekühlt.

Die Deckenleuchten besitzen Abdeckungen aus organischem Glas (Acrylglaswannen) und sind in drei Gruppen schaltbar.

An Arbeitshilfen werden zwei Computer, ein Terminal, ein Modem sowie ein Tischrechner benutzt.

Im Sommer 1991 erfolgte ein umfassender Umbau des Büroraumes verbunden mit einer Nutzungsänderung. Ein zweite Messung erwies sich damit als nicht sinnvoll.

4.2. Amt für Bundesbauten, grosses Sekretariat

Auf der gleichen Etage wie das AFB-Ingenieurbüro befindet sich der ausgemessene Raum "AFB Sekretariat" mit rund 143 m² vor dem Umbau und 65 m² danach. Die Fensterfläche ist nach Osten orientiert und kann ebenfalls mit aussenliegenden Lamellenstoren beschattet werden.

Umbau zwischen den Messungen, normaler Bürobetrieb

Vor dem Umbau waren sechs , danach noch drei Personen im ausgemessenen Raum beschäftigt. Die Abgrenzung der Arbeitsplätze sowie die Raumklimatisierung erfolgt wie im AFB-Ingenieurbüro.

Ebenfalls waren Leuchten in sechs Gruppen mit Acrylglaswannen installiert. Nach dem Umbau wurden Leuchten mit Bienenwabenförmigen Rasterabdeckungen und verspiegelten Reflektoren eingesetzt, jedoch zusammengefasst in zwei Gruppen.

Vor dem Umbau wurden sieben Schreibmaschinen, sechs Terminals, ein Personalcomputer sowie ein Laserdrucker benutzt. Die Anzahl Geräte änderte nach dem Umbau kaum.

Der Umbau des Sekretariates im Sommer 1991 brachte keine Nutzungsänderung mit sich und erlaubte durch die zweite Messung interessante Vergleiche der internen Lasten. Die zwei Messungen werden in der Folge als "AFB-Sekretariat 1" für vor, und als "AFB-Sekretariat 2" für nach dem Umbau bezeichnet.

4.3. Hochbauamt der Stadt Bern, kleines Sekretariat

Das Gebäude stammt aus dem Jahre 1969 und beinhaltet hauptsächlich Büros. Der ausgemessene Raum befindet sich im 3.Obergeschoss und wird durch zwei bis drei Personen genutzt. Die Arbeitsplätze befinden sich an der Fensterfront, welche nach Süden orientiert ist und von aussen beschattet werden kann.

Der ausgemessene Raum wird nicht belüftet oder klimatisiert und durch Leuchten mit Acrylglaswannen beleuchtet. Die Deckenbeleuchtung kann in zwei Gruppen geschaltet werden. Die Raumfläche beträgt rund 51 m².

Es werden drei Schreibmaschinen, zwei Tischrechner sowie ein Personalcomputer betrieben. Bei der zweiten Messung war eine zusätzliche Halogenlampe zur indirekten Beleuchtung installiert.

4.4. GRÜTLI-Versicherung, Grossraumbüro

Das Gebäude stammt aus dem Jahre 1972 und wird als Verwaltungsbau genutzt.

Beleuchtung stört bei
Bildschirmarbeiten

Die ausgemessenen Arbeitsplätze der GRÜTLI-Versicherung befinden sich in der Mitte eines Grossraumbüros. Das Aussenlicht stammt von der nach Süden und Norden orientierten Fensterfläche. Die Beschattung erfolgt durch aussenliegende Lamellenstoren.

Während den Messungen waren drei Personen an den EDV-Arbeitsplätzen beschäftigt.

Die Beleuchtungskörper verfügen über Gitterra-sterleuchten mit nicht verspiegelten Reflektoren und sind in einer Gruppe zusammengefasst.

Es wurden sechs Terminals sowie ein Matrixdrucker erfasst. Bei der zweiten Messung war noch eine zusätzliche Schreibmaschine installiert.

Die installierten Geräte erfuhren zwischen den beiden Messungen keine Änderung.

4.5. PTT Generaldirektion, EDV

Im ausgemessenen Büro der Generaldirektion "Schönburg" wird ausschliesslich an Computersystemen gearbeitet. Das Gebäude stammt aus dem Jahre 1970 und ist weder belüftet noch klimatisiert. Die Fensterfläche ist nach Osten orientiert und kann aussen beschattet werden.

Intensive EDV-Nutzung, starke Personenbelegung, hohe installierte Leistungen

Die Arbeitsfläche beträgt 38m² und ist somit die kleinste gemessene Einheit. Während den Messungen waren drei, beziehungsweise zwei Personen im Büro beschäftigt.

Die Deckenbeleuchtung besteht aus Leuchten mit Gitterrasterabdeckungen sowie nicht verspiegelten Reflektoren und ist in drei Gruppen aufgeteilt. Die Deckenbeleuchtung spiegelt sich in den benutzten Grossbildschirmen und wird daher sehr selten eingeschalten. Die Arbeitsplätze können durch Tischleuchten einzeln beleuchtet werden.

Es wurde während den Messperioden hauptsächlich an Computer-Workstations mit Grossbildschirmen gearbeitet welche mit einem Grossrechner ausserhalb des Büros verbunden sind. Im weiteren sind ein PC, ein Terminal sowie zwei Drucker angeschlossen.

5. Die wichtigsten Ergebnisse

Die fünf untersuchten Objekte werden in diesem Kapitel untereinander verglichen. Es erfolgen zusammenfassende Aufführungen der wichtigsten Resultate.

Aufzeichnung von Tendenzen und Abhängigkeiten

5.1. Maximale Leistungen

Die Messung der maximalen Leistungen ergab bei einzelnen Arbeitshilfen im Vergleich zu der installierten Leistung, vier- bis achtmal kleinere Werte. Zur Bestimmung der internen Lasten von Arbeitshilfen darf daher keinesfalls von den installierten Leistung ausgegangen werden.

Grosse Differenz von installierten Leistungen zu maximalen Leistungen bei Arbeitshilfen.

Die Leistungsangaben der Deckenbeleuchtungen stimmen gut mit den Messwerten überein. Im nachfolgenden Diagramm werden die installierten Leistungen mit den maximalen Leistungen der Arbeitshilfen verglichen.

Kleine Unterschiede bei der Deckenbeleuchtung.

Folgende maximalen Leistungen konnten pro Verbrauchergruppe gemessen werden:

Objekt	Arbeitshilfen [W/m ²]	Beleuchtung [W/m ²]	Personen [W/m ²]
AFB Sekretariat	7.8	11.2	3.3
Hochbauamt BE	2.6	39.1	2.7
GRÜTLI	6.2	26.9	3.7
GD-PTT	62.7	45.6	3.7

Die gemessenen Werte der Arbeitshilfen repräsentieren den grossen Bereich der installierten Leistungen, die stark vom Technisierungsgrad der Arbeitsräume abhängig ist.

Stark unterschiedlicher Technisierungsgrad

Sehr breit ist auch das Spektrum der installierten Leistung bei der Beleuchtung. Die nötige installierte Leistung konnte bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke durch verbesserte Leuchten dauernd reduziert werden. Wurde in den 70er Jahren noch von installierten Lichtleistungen um 40 W/m² ausgegangen, kann dieser Wert heute bei gleicher Beleuchtungsstärke auf rund 10 W/m² reduziert werden. Dieser Aspekt ist bei der Beurteilung älterer Bauten zu berücksichtigen.

Abnahme des Leistungsbedarf bei neuen Deckenleuchten

In der gebildeten Gerätegruppe "Sonstiges", in welcher Geräte ausserhalb des Bürobereiches zusammengefasst werden, waren in keinen ausgemessenen Räumen entsprechende Geräte vorhanden. Aus bereits erwähnten Gründen können für das AFB-Ing.-Büro gerätespezifisch keine Angaben gemacht werden.

Keine Geräte ausserhalb des Bürobereiches vorhanden.

5.2. Durchschnittliche Leistungen

Über die ganze Messperiode wurde die durchschnittliche Leistung der drei Verbrauchergruppen Arbeitshilfen, Personen und Beleuchtung während der Nutzungszeit, der übrigen Zeit und an Wochenenden gemessen. Bei den fünf untersuchten Objekten konnten folgende Werte bestimmt werden (wenn pro Objekt zwei Messungen vorliegen, wird jeweils der Durchschnittswert angegeben):

Durchschnittswerte für Arbeitshilfen, Beleuchtung und Personen

DURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG WÄHREND DER NUTZUNGSZEIT

	Arbeitshilfen [W/m ²]	Beleuchtung [W/m ²]	Personen [W/m ²]
AFB Ing.-Büro	0.7	1.7	1.2
AFB Sekretariat 1	0.6	0.9	1.6
AFB Sekretariat 2	2.8	5.7	2.7
Hochbauamt BE	1.2	3.9	1.6
GRÜTLI	4.8	3.7	2.3
GD-PTT	20.8	1.7	3.4

Generell wurde gegenüber den installierten Leistungen eine erheblich geringere, durchschnittliche Leistung während der Nutzungszeit gemessen. Im Mittel betrug die durchschnittliche Leistung nur 24% der maximalen Leistung.

Maximale Leistungen werden im Betrieb nie benötigt.

In hoch technisierten Räumen (Grütli und GD PTT) dominiert stark der Leistungsbedarf der Arbeitshilfen, was noch dadurch verstärkt wird, dass die Deckenbeleuchtung bei Bildschirmarbeiten oft störend wirkt (Spiegelung auf Bildschirmen).

Verbrauch der Arbeitshilfen dominiert stark in hoch technisierten Räumen.

Die Messung "AFB Sekretariat 2" ergab generell höhere Werte der installierten Leistungen, weil nach dem Umbau pro Flächeneinheit mehr Arbeitshilfen installiert wurden.

Interessant ist die Feststellung, dass die durchschnittliche Leistung der Beleuchtung im Sekretariat des AFB nach dem Umbau erheblich zugenommen hat, obschon nur noch eine rund halb so grosse Leistung installiert wurde.

Der Grund liegt darin, dass die neuen Leuchten bei Bildschirmarbeiten nicht mehr stören (keine Blendung) und bei genügender Aussenhelligkeit infolge der guten Beleuchtungsqualität übersehen und nicht ausgeschaltet werden.

Höhere Verbrauchswerte der Deckenbeleuchtung nach Sanierung. Grund: keine Blendung mehr bei Bildschirmarbeiten und Betrieb bei genügender Aussenhelligkeit weil die neuen Leuchtkörper übersehen werden.

DURCHSCHNITTliche LEISTUNG WÄHREND DER ÜBRIGEN ZEIT UND AN WOCHENENDEN:

Bei der Auswertung der Messergebnisse wurde eine raumspezifische Nutzungszeit definiert. Die Dauer entspricht im allgemeinen der Standardnutzungszeit nach SIA 380/4. Die verbleibenden Stunden an Werktagen wurde als "übrige Zeit" (üZ) bezeichnet. Die Messergebnisse werden zusammen mit den Wochenendresultaten (WE) nachfolgend aufgeführt:

	Arbeitshilfen [W/m ²]		Beleuchtung [W/m ²]		Personen [W/m ²]	
	üZ	WE	üZ	WE	üZ	WE
AFB Ing.-Büro	0.2	0.2	0.6	0.1	0.3	0
AFB Sekretariat 1	0.4	0.4	0.4	0	0.2	0
AFB Sekretariat 2	1.4	1.1	0.5	0	0	0
Hochbauamt BE	0.2	0.1	0.4	0	0.1	0
Grütli	0.2	0.1	0.6	0.4	0.3	0
GD-PTT	5.4	2.2	0	0	0.1	0.1

Aus den Messresultaten geht hervor, in welchem Ausmass die erfassten Räume ausserhalb der definierten Nutzungszeit belastet sind. Einerseits wird durch die Gleitzeitregelung, welche in allen erfassten Räumen eingeführt war, die Nutzungszeit individuell leicht verschoben.

Hauptanteil interner Lasten ausserhalb der Nutzungszeit durch Geräte im Dauerbetrieb verursacht.

Der Hauptanteil des Leistungsbedarfes ausserhalb der Nutzungszeit wird jedoch durch Geräte im Dauerbetrieb (hauptsächlich Drucker, Schreibmaschinen und Computernetzwerke) verursacht. Deutlich kommt dies zum Ausdruck bei den Messobjekten "GD PTT" und "AFB Sekretariat 2".

Die relativ hohe Belastung durch die Beleuchtung beim Objekt "Grütli" an Wochenenden wird durch Reinigungsarbeiten verursacht.

5.3. Typisches Maximum

Zur Auslegung und Steuerung von HLK-Anlagen ist die Grösse und Dauer maximal auftretender interner Wärmelasten ausschlaggebend. Ausgehend von den gebildeten typischen Tagesgängen (siehe Kapitel 6.1) werden in der folgenden Grafik für die ausgemessenen Objekte die typischen Maxima mit der installierten Leistung verglichen:

Maximaler Stundenwert am typischen Tag

Die maximale Belastung der Arbeitsräume erfolgte ausnahmslos am Morgen während einer Stunde zwischen 7 und 10 Uhr. Dies wurde durch die in den Morgenstunden nötige Beleuchtung verursacht. Als Beispiel wird nachfolgend ein typische Tagesgang interner Lasten anhand der Messung "HBA Stadt Bern, (Herbst 91)" aufgeführt.

Maximale Belastung zwischen 7 und 10 Uhr

Ausser bei dem hoch technisierten Raum "GD-PTT" hat die Verbrauchergruppe "Beleuchtung" den Hauptanteil während dem typischen Maximum, dies auch bei dem neu sanierten Raum "AFB-Sek 2" mit kleiner installierter Beleuchtungsleistung.

5.4. Interne Wärme an Arbeitstagen

Mittels den gemessenen, durchschnittlichen Leistungen kann die interne Wärmeabgabe berechnet werden. Die während des typischen Tages pro Messobjekt anfallende interne Wärmemenge dokumentiert nachfolgendes Diagramm:

Weil die Beleuchtung hauptsächlich nur in den Morgenstunden benutzt wird, kommt im Tagesmittel die Verbrauchergruppe "Arbeitshilfen" stärker zum tragen als im typischen Maximum. Nur die Messung "AFB-Sek 2" ergab höhere Durchschnittswerte bei der Beleuchtung, da diese praktisch während der ganzen Nutzungszeit in Betrieb war.

Ausser bei sehr hoch
technisierten Räumen
überwiegt die interne
Wärme der Beleuch-
tung

Obwohl die gemessenen Arbeitsräume ausser beim AFB nicht mechanisch belüftet werden, konnten durch die Benutzer keine unangenehmen Arbeitsklima festgestellt werden. Lediglich die hohen internen Lasten des Objektes "GD-PTT" machen ein zeitweises Fensterlüften nötig.

Keine
unangenehmen
Arbeitsklima

5.5. Summenhäufigkeiten

Die Darstellung der Summenhäufigkeit der internen Lasten beinhaltet alle, während der Messperiode angefallenen Messwerte und veranschaulicht, wie lange mit wie grossen internen Lasten zu rechnen ist. Zur Charakterisierung und Unterscheidung der gemessenen Objekte werden nachfolgend die Summenhäufigkeiten aller gemessenen Objekte aufgeführt.

Allen gemessenen Objekten ist gemeinsam, dass die hauptsächlich interne Last während rund zwei Stunden anfällt. Lediglich die Messungen "GD-PTT" und "AFB-Sek2" ergaben während der ganzen Nutzungszeit hohe interne Lasten und auch während der Nichtbetriebszeit eine Bandlast.

Hauptlast während
zwei Stunden pro Tag

Während 5 bis 11 Stunden (Nutzungszeit) werden höhere Werte gemessen. In der übrigen Zeit können Bandlasten bis 4 W/m^2 auftreten.

5.6. Betriebsfaktoren

Mittels der Betriebsfaktoren können die zu erwartenden mittleren Leistungen aus den maximalen Leistungen berechnet werden.

Der Betriebsfaktor f_b berücksichtigt den Einfluss der Betriebsart, der Regelung und der Betriebszeit des Gerätes im Vergleich zu der Nutzungszeit der Betriebseinheit. Bei einem zeitweisen Betrieb eines Gerätes während der Nutzungszeit ist er kleiner als eins. Er kann jedoch bei einem Dauerbetrieb auch ausserhalb der Nutzungszeit (Kopierapparate) grösser als eins sein.

Während der zweiten Messreihe wurde jeder Verbraucher einzeln erfasst. Es stehen uns vier Messungen mit Betriebsfaktoren zur Verfügung, die nachfolgend nach Verbrauchergruppen geordnet diskutiert werden:

Mit dem
Betriebsfaktor und der
installierter Leistung
wird die mittlere
Leistung berechnet

BETRIEBSFAKTOREN TOTAL

Bei den vier Objekten wurden folgende Total-Betriebsfaktoren berechnet:

Objekte mit hohen installierten Leistungen haben kleine Betriebsfaktoren

Objekt	Maximale Leistung [W]	Betriebsfaktor total
AFB Sek. 2	510	0.61
HBA	134	0.16
GRÜTLI	351	0.33
GD-PTT	2'383	0.26

Es zeigt sich, dass Objekte mit hohen maximalen Leistungen tiefe Betriebsfaktoren aufweisen.

BETRIEBSFAKTOREN DECKENBELEUCHTUNG

Die Deckenbeleuchtungen, bei welchen der Betriebsfaktor bestimmt wurde, haben zusammenfassend folgende Charakteristiken:

Objekt	Raumfläche [m ²]	Inst.-Leistung [W/m ²]	schaltbare Gruppen [-]	Leuchtentyp [-]
AFB Sek. 2	65.5	8.9	2	verspiegelte Refl.
HBA	16	32.7	2	Acrylglasabdeckung
GRÜTLI	57	26.9	1	nicht verspiegelte Refl.
GD-PTT	38	41.1	2	nicht verspiegelte Refl.

Augenfällig ist, dass trotz relativ grosser Raumflächen, keine feinere Gruppeneinteilung vorhanden ist. Die Messungen ergaben für die Deckenbeleuchtungen folgende Betriebsfaktoren:

Die Unterschiede sind sehr gross. Einerseits wird beim Objekt "GD-PTT" die Deckenbeleuchtung praktisch nie benutzt (f_D 0.04). Ein

Grund ist die störende Wirkung von Leuchten mit weissen Reflektoren auf die Grossbildschirme.

Auf der anderen Seite fällt der Betriebsfaktor bei dem Objekt "AFB-Sek 2" mit 0.7 hoch aus. Durch die Spiegelrasterleuchten entfällt die störende Wirkung bei Bildschirmarbeiten. Ebenfalls werden Spiegelrasterleuchten bei genügendem Aussenlichtanteil nicht mehr als helle Lichtquellen wahrgenommen und somit nicht ausgeschaltet. Eine mögliche Verbesserung könnte eine Tageslichtabhängige Schaltung der Beleuchtung bringen.

Grosse Unterschiede
beim Betriebsfaktor
Deckenlicht

Werden die Deckenbeleuchtungen nur bei Bedarf eingeschaltet, sollten Betriebsfaktoren zwischen 0.1 bis 0.3 zu erreichen sein. Die in der Tabelle A-4 des SIA-Entwurfes 380/4 aufgeführten f_D Werte von 0.35 bis 0.65 scheinen uns relativ hoch angesetzt.

SAI 380/4 Betriebs-
faktoren für Decken-
beleuchtung zu hoch
angesetzt

Bei unseren Messungen konnte eine Abhängigkeit des Betriebsfaktors "Deckenbeleuchtung" von der installierten Lichtleistung festgestellt werden. Je grösser die installierte Lichtleistung ist, umso kleiner ist der Betriebsfaktor "Deckenbeleuchtung" (störender Einfluss bei Bildschirmarbeiten).

BETRIEBSFAKTOREN ARBEITSPLATZBELEUCHTUNG

Insgesamt wurden sechs Tischlampen gemessen, von denen alle sehr tiefe Betriebsfaktoren unter 0.05 aufwiesen.

BETRIEBSFAKTOREN TERMINALS

In drei Objekten wurden total 11 Terminals erfasst. Bei Arbeitsplätzen, wo ausschliesslich mittels EDV gearbeitet wird, wurden Betriebsfaktoren von durchschnittlich 0.83 ermittelt. Wo nur zeitweise mittels EDV gearbeitet wird, ergaben sich Betriebsfaktoren von durchschnittlich 0.24. Ob die Geräte im eingeschalteten Zustand auch benutzt wurden, konnte nicht festgestellt werden.

BETRIEBSFAKTOREN SCHREIBMASCHINEN

Die Betriebsfaktoren der zehn erfassten Schreibmaschinen bewegten sich in einem grossen Bereich von 0.01 bis 2.13. Einerseits werden die Schreibmaschinen praktisch nie benutzt und andererseits wird vergessen, diese auszuschalten.

BETRIEBSFAKTOREN ÜBRIGER BÜROGERÄTE

Nachfolgend dokumentierte Geräte waren nur in einzelnen Objekten vorhanden, eine allgemeingültige Aussage ist nicht möglich.

EDV-Hilfsgeräte wie Drucker, Server sowie netzbetriebene Tischgeräte wurden während der Nutzungszeit dauernd betrieben und meistens auch ausserhalb der Nutzungszeit nicht ausgeschaltet. Die Betriebsfaktoren von Druckern fallen z.T. trotzdem kleiner als eins aus, da die gemessene maximale Leistung stark abweicht zum Dauerverbrauch ("stand-by").

Der einzige erfasste Personalcomputer wies einen Betriebsfaktor von 0.6 auf.

BETRIEBSFAKTOREN VON PERSONEN

Erwartungsgemäss weisen die Gruppen "Personen" hohe Betriebsfaktoren von 0.7 bis 0.9 auf.

5.7. Gleichzeitigkeitsfaktoren im typischen Maximum

Mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor im typischen Maximum kann untersucht werden, welche Verbraucher oder Verbrauchergruppen die Maxima des typischen Tages verursachen. Er kann höchstens den Wert eins annehmen.

Anteil am typischen Maximum

Es zeigte sich, dass bei allen Objekten beim Typischen Tag die Maxima der internen Lasten durch die Deckenbeleuchtung verursacht werden. Es wurden jedoch auch Gleichzeitigkeitsfaktoren von nur 0.3 im typischen Maximum gemessen, was bedeutet, dass hier das Maximum drei mal höher ausfallen könnte.

Deckenbeleuchtung ist Hauptverursacher von Maxima

Die Arbeitshilfen weisen stark unterschiedliche Gleichzeitigkeitsfaktoren im typischen Maximum auf, so dass keine allgemeingültigen Aussagen gemacht werden können.

Erwartungsgemäss weisen die Personen einen hohen Gleichzeitigkeitsfaktor auf. Im nachfolgenden Diagramm werden die ermittelten Gleichzeitigkeitsfaktoren im Maximum des typischen Tages der einzelnen Verbrauchergruppen sowie aller Verbraucher zusammen für vier Objekte aufgezeigt:

5.8. Saisonaler Vergleich

Die fünf untersuchten Objekte wurden in einem Zwischenraum von einem halben Jahr zweimal ausgemessen. Da im Objekt AFB, wo zwei Räume erfasst wurden, unvorhergesehene Innenrenovationen vorgenommen wurden, stehen uns nun drei Objekte zur Verfügung, bei denen saisonale Vergleiche möglich sind.

Keine relevanten
saisonalen Unter-
schiede feststellbar

Die Verläufe der typischen Tagesgänge unterscheiden sich saisonal nur minim. Es werden im Folgenden die internen Wärmelasten an Arbeitstagen saisonal verglichen:

Die grössten saisonalen Differenzen können bei den Arbeitshilfen ausgemacht werden. Diese sind jedoch nicht auf klimatische Veränderungen zurückzuführen sondern auf die unterschiedliche Benutzung der Bürogeräte. Bei der Verbrauchergruppe "Beleuchtung" können keine eindeutigen Tendenzen festgestellt werden und die Gruppe "Personen" fällt erwartungsgemäss bei beiden Messungen sehr ähnlich aus.

Aus organisatorischen Gründen (Ferienabwesenheit bei den Bürobetrieben) konnten keine Sommer-/Wintermessungen vorgenommen werden. Diesbezügliche Untersuchungen ergaben im Sommer einen tendenziell höheren Verbrauch der Beleuchtung.

6. Detaillierte Messresultate

Im Folgenden sollen die Resultate der einzelnen Objektmessungen anhand von Diagrammen im Einzelnen vorgestellt werden. Die vollständigen Messformulare werden im Anhang A aufgeführt.

Vollständige Auswertungen in Anhang A

6.1. Typische Tagesgänge und Summenhäufigkeiten

Der typische Tagesgang wurde aus Mittelwerten aller Arbeitstage gebildet und veranschaulicht den zeitlichen Anfall der internen Lasten während eines Tages. Der abendliche Anstieg ausserhalb der Nutzungszeit wird durch das Reinigungspersonal verursacht. Anhand der Summenhäufigkeiten kann rasch die Charakteristik der internen Lasten erkannt werden.

AFB-INGENIEURBÜRO:

Die internen Lasten des Ingenieurbüros des AFB konnten wegen eines Umbaues und einer Nutzungsänderung nur einmal gemessen werden. Durch eine stark schwankende Nutzung ergibt sich ein recht unregelmässiger typischer Tagesgang. Die Spitzenbelastung findet in den Morgenstunden statt.

Einmalige Messung vor dem Umbau

Die Summenhäufigkeit lässt erkennen, dass die höchsten Belastungen durch die Beleuchtung verursacht werden, diese jedoch nur kurzzeitig auftreten und thermisch kaum wirksam werden können.

AFB-SEKRETARIAT VOR DEM UMBAU:

Der typische Tagesgang macht deutlich, dass durch die starke Belegung des Raumes die Personen den Hauptanteil der internen Lasten ausmachen. Im Weiteren ist gut ersichtlich, dass auch nachts eine Bandlast vorhanden ist, die durch einen Laserdrucker im Dauerbetrieb verursacht wird. Die Beleuchtung wird lediglich an den Randstunden benutzt und somit nur bei Bedarf eingeschalten.

Starke Personenbelegung, Drucker verursacht Bandlast

Die Bandlast ist auch in der nachfolgenden Summenhäufigkeit ersichtlich.

Die Spitzenbelastung wird durch die Beleuchtung verursacht, dauert jedoch lediglich während rund einer Stunde an und ist daher kaum thermisch wirksam. Der Kurvenverlauf der Gruppe

"Personen" wird durch die Teil- und Gleitzeitbeschäftigung bestimmt.

AFB-SEKRETARIAT NACH DEM UMBAU:

Die zweite Messung beim AFB-Sekretariat erfolgte nach einem umfassenden Innenumbau. Unter anderem wurde die Beleuchtung erneuert und die bestehende Raumfläche bei praktisch gleicher Anzahl Geräte, auf weniger als die Hälfte reduziert.

Hohe Gerätedichte

Sehr interessant ist nun die Feststellung, dass die Deckenbeleuchtung praktisch während der ganzen Nutzungszeit in Betrieb ist und deren interne Last trotz verringerter installierter Leistung gegenüber dem alten Zustand zugenommen hat. Der Tagesgang der Arbeitshilfen erfuhr praktisch keine Veränderung, nahm jedoch spezifisch wegen der kleineren Raumfläche zu.

Deckenbeleuchtung
meistens eingeschalten

Markant zeigt sich auch beim typischen Tagesgang der Anstieg interner Lasten durch die Beleuchtung, die während rund sechs Stunden dauernd betrieben wird.

HOCHBAUAMT DER STADT BERN:

Die internen Lasten beim Objekt "Hochbauamt der Stadt Bern" erreichen ihren Spitzenwert im typischen Tagesgang vor allem in den Morgenstunden, verursacht durch die Deckenbeleuchtung. Diese wird jedoch bei genügendem Aussenlicht durch die Benutzer ausser Betrieb genommen.

Deckenlicht nur bei
Bedarf

Ausserhalb der Nutzungszeit ist eine Bandlast zu erkennen, die durch Gerätetransformatoren im Dauerbetrieb verursacht wird. Die interne Last der Personen überwiegt leicht jene der Arbeitshilfen, welche am Nachmittag noch leicht abnimmt.

Die grössten internen Lasten, welche zum Hauptteil durch die Deckenbeleuchtung verursacht wird, dauert an einem Arbeitstag während rund zwei Stunden an. Während der übrigen Zeit sind die internen Lasten mit 3 W/m^2 sehr gering.

GRÜTLI VERSICHERUNG:

Die starke Nutzung der EDV drückt sich einerseits durch die relativ hohe und andauernde interne Last der Arbeitshilfen aus. Andererseits wird die Deckenbeleuchtung wegen dem störenden Einfluss auf die Bildschirme lediglich während den ersten Morgenstunden eingeschaltet.

Deckenlicht stört bei
EDV-Arbeiten

Die Dauerbelastung während der Nutzungszeit durch die Arbeitshilfen ist auch in nachfolgendem Summenhäufigkeitsdiagramm zu erkennen.

ie Arbeitshilfen verursachen eine Dauerbelastung von rund 6 W/m² während der Nutzungszeit wobei die Spitzenbelastung kurzzeitig auf ca. 20 W/m² ansteigt.

GENERALDIREKTION PTT:

Die hohe interne Last der Arbeitshilfen werden in erster Linie durch drei Computerarbeitsplätze verursacht. Die Beleuchtung wird wegen des störenden Einflusses auf die Bildschirme sehr sparsam eingeschaltet.

Sehr hohe interne Lasten, Deckenlicht stört

Die Bandlast von circa 2 W/m² wird durch Computer-Netzwerkgeräte verursacht.

Während 6 Stunden dauert die hohe Belastung von rund 22 W/m² an und wird während 1½ Stunden durch die Beleuchtung auf 28 W/m² angehoben.

Sehr hohe Dauerbelastung durch Computernetz und Drucker

7. Schlussfolgerungen

Die durchgeführten Messungen der internen Lasten in Nicht-Wohngebäuden sollen und können keine statistisch relevanten Daten liefern. Unter Berücksichtigung noch laufender NEFF- und BEW-Projekte können jedoch ausgehend von den vorliegenden RAVEL-Untersuchungen Tendenzen interner Lasten aufgezeigt werden.

Vorliegende Messungen sollen mit Resultaten aus NEFF und BEW-Projekten ergänzt werden

Die Erkenntnisse aus den durchgeführten Messungen werden in Bezug auf noch laufenden Untersuchungen im Folgenden zusammenfassend aufgeführt.

7.1. Installierte Leistungen

Die gemessene maximale Leistung der Arbeitshilfen unterschreitet die installierten Leistungen um den Faktor vier bis acht. Bei der Dimensionierung von HLK-Anlagen darf nicht von den installierten Leistungen ausgegangen werden.

Maximale Leistungen unterschreiten installierte Leistungen stark

Im normalen Bürobereich bildet die Deckenbeleuchtung den Hauptanteil der installierten Leistung. Die bessere Lichtausbeute von neuen Leuchten sowie die zunehmende EDV bewirken eine Verlagerung der Hauptanteile auf andere Kategorien der internen Lasten.

Deckenbeleuchtung bildet Hauptanteil

7.2. Betriebsfaktoren

Der Betriebsfaktor der Deckenbeleuchtungen wird ausser dem Helligkeitsbedarf stark durch den möglichen störenden Einfluss auf Bildschirme bestimmt. Bei konsequenter Bedarfs-Ein/Ausschaltung werden Betriebsfaktoren von 0.1 bis 0.3 gemessen. Bei modernen Leuchten mit verspiegelten Reflektoren wurden jedoch auch Betriebsfaktoren um 0.7 festgestellt. Da diese Leuchtkörper selber nicht mehr als "hell" wahrgenommen werden, erfolgt keine Ausschaltung bei Nichtbedarf.

Betriebsfaktoren der Deckenbeleuchtung werden neben dem Helligkeitsbedarf stark durch Blendung bei Bildschirmarbeiten beeinflusst

Bei der Verbrauchergruppe "Arbeitshilfen" können die Betriebsfaktoren stark schwanken. Bei einem Bürobetrieb mit ausschliesslicher EDV-Nutzung wurden Faktoren um 0.85 gemessen während ein EDV unterstützter Arbeitsplatz Betriebsfaktor der Terminals um 0.25 ergab.

Bei den Personen wurden generell hohe Betriebsfaktoren von 0.7 bis 0.9 festgestellt.

7.3. Interne Wärmelasten

Die aus den Messungen berechneten internen Wärmelasten an Arbeitstagen erreichten im Maximum bei intensiver EDV-Nutzung 350 Wh/m²/d und bewegten sich bei normalem Bürobetrieb zwischen 50 und 150 Wh/m²/d. Bei keinem Objekt wurde der Grenzwert von 600 Wh/m²/d der SIA-382 Empfehlung, welcher zu einem Einbau einer Raumkühlung berechtigt, erreicht.

SIA-382 Wert wird nie erreicht

7.4. Summenhäufigkeiten

Die Berechnung der Summenhäufigkeiten bei normalem Bürobetrieb ergab während rund zwei Stunden erhöhte interne Lasten. Nur eine intensive EDV-Nutzung oder dauernder Beleuchtung während der Nutzungszeit ergaben konstant hohe interne Lasten.

Hauptbelastung während zwei Stunden

7.5. Saisonale Unterschiede

Es konnten keine eindeutigen saisonalen Abhängigkeiten der internen Lasten festgestellt werden.

Keine relevanten saisonalen Unterschiede feststellbar

Der Betriebsfaktor der Beleuchtung, welcher erwartungsgemäss noch die grösste Saisonabhängigkeit aufweisen sollte, wurde durch andere Abhängigkeiten bestimmt. So ist der störende Einfluss der Deckenbeleuchtung auf die EDV-Bildschirme von ausschlaggebender Bedeutung.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Messung interner Lasten in Nicht-Wohngebäuden, Dr. Eicher, Liestal 1990
- [2] Die Bedeutung interner Lasten für die passive Sonnenenergienutzung und das sommerliche Raumklima, Dr. Eicher & M.Stalder, Liestal 1990
- [3] Interne Wärmelasten, Nutzung innerer Wärme in Nicht-Wohngebäuden, Dr. Eicher, SIA-Zeitschrift 49/1991
- [4] Klimaanlagen müssen nicht überdimensioniert sein, Interne Wärmelasten in nicht Wohngebäuden, Dr. Eicher, Technische Rundschau, Oktober 1991,
- [5] SIA-Empfehlung 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau"
- [6] SIA Empfehlung 382 "Bedarfsermittlung für Lüftungstechnische Arbeiten"

ANHANG

A Detaillierte Messergebnisse

B Messtechnik

Die Dr. Eicher & Pauli AG besitzt einerseits ein modular aufgebautes Messdatenerfassungssystem mit mehreren, unterschiedlichen Messwertumformern. Nachfolgend werden die zwei Elektro-Datenerfassungssysteme, welche für das RAVEL-Projekt zum Einsatz kamen, vorgestellt

1. Messdatenerfassungssystem "DT200"

Die erste Messreihe erfolgte mit einem vorhandenen Erfassungssystem welches auf dem Datenlogger "DT200" der Firma Orbatex aufbaut.

Der eingesetzte Datenlogger in Industrieausführung besitzt jeweils 50 analoge und 50 digitale Eingänge. Es besteht die Möglichkeiten der Mittelwertbildung, der internen Speicherung, der Auslösung von Alarmmeldungen usw.. Die Programmierung und Datenauslesung erfolgte mittels einem Laptop-Computer.

Die Einzelgeräte wurden zu den definierten Verbrauchergruppen zusammengefasst und über einphasige Wirkleistungsumformer (mit einer Nennleistung von 2,2 kW) an den DT200 angeschlossen. Bei der Deckenbeleuchtung erfolgte die Messung mittels Stromzangen. Nachfolgend wird der Aufbau des Messsystemes schematisch dargestellt:

Neben den elektrischen Verbrauchsdaten wurde noch die Aussenhelligkeit mit einem Globalstrahlungssensoren gemessen.

Bei beiden Messreihen erfasste man die Personenabwärme mittels Presenzlisten.

2. Messdatenerfassungssystem "EDA 33"

Im Rahmen umfassender Messprojekte von NEFF und BEW konnte in Zusammenarbeit mit der Firma Iroka ein eigenständiges und flexibles Messsystem entwickelt werden. Damit wurde die Einzelerfassung der Geräte möglich.

Jedes Einzelgerät ist über die Stromwandlerboxen "CTB-3" ans elektrische Netz angeschlossen. Von den Stromwandlerboxen führen Messleitungen zum zentralen Erfassungsgerät "EDA 33", wo die elektrischen Verbrauchswerte berechnet und an einen Laptop-Computer weitergeleitet werden.

Der EDA-33 ist mit diversen Messmodulen ausbaubar. Auf den folgenden Seiten wird das computerunterstützte Messsystem detailliert vorgestellt.

