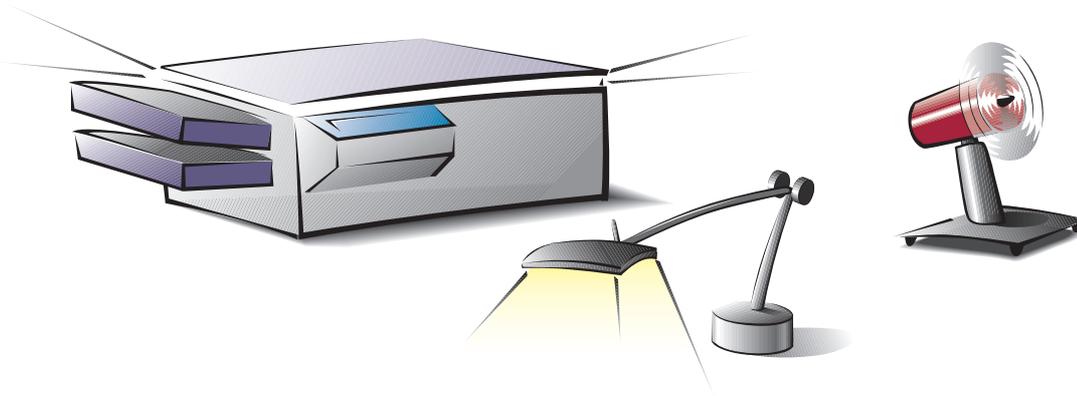


- **Aufbau der Stromverbrauchsmatrix**
 - Verwendungszwecke
 - Nutzungszonen

- **Instrumente einer ersten Einschätzung**
 - Stromrechnung
 - Lastgangmessung
 - Teilenergiekennwerte

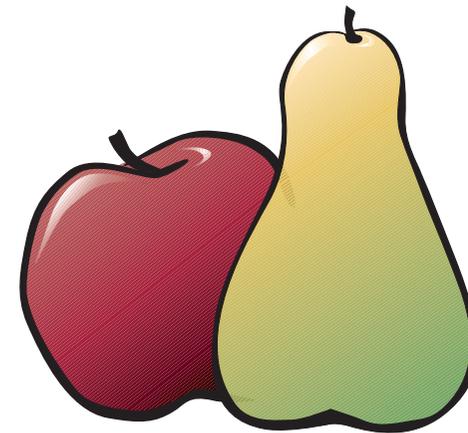
- Als **Verwendungszwecke** werden die Einsatzbereiche der Elektrizität in einem Gebäude bezeichnet.
- Die Einschränkung auf **Dienstleistungsgebäude** bringt es mit sich, daß die Zusammenfassung von typischen elektrischen Verbrauchern auf wenige Verwendungszwecke möglich wird.



| Verwendungszweck | | typische Elektrizitätsverbraucher |
|----------------------------|--------------------------|---|
| Betriebs- einrichtungen | Arbeitshilfen (AH) | hauptsächlich in großer Zahl vorkommende Geräte: Personal-Computer, Bildschirme, Drucker, Kopierer, Faxgeräte, sonstige Büromaschinen, Telekommunikationseinrichtungen, Kleingeräte in Gewerbe und Industrie, Haushaltsgeräte, Projektoren und Fernsehgeräte, Ladeneinrichtungen, Kleingeräte in Krankenhäusern etc. Es ist im Einzelfall zu entscheiden, ob Geräte aufgrund ihrer Art und Nutzung eher den zentralen Diensten oder der diversen Technik zugerechnet werden. |
| | Zentrale Dienste (ZD) | zentrale Küche, Kantine, Cafeteria, Werkstatt, Wäscherei, USV-Anlage, Haushalts-Großgeräte etc. |
| Haustechnik | Beleuchtung (BL) | Raumbelichtung, Arbeitsplatzbeleuchtung, Dekorations- und Akzentbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung, Außenbeleuchtung |
| | Lüftung / Klima (LK) | Zuluft- und Abluftventilatoren, Antriebe der Wärmerückgewinnung, Kompressoren von Kältemaschinen, Förderpumpen für Luftherhitzer und Kühlregister, Antriebe für Befeuchtung, Umwälzpumpen, Ventilatoren und Umwälzpumpen für Rückkühlsysteme |
| | Diverse Technik (DT) | Hilfsaggregate der Heizung wie Umwälzpumpen, Brenner, Zirkulationspumpen, Sanitärpumpen, Transportanlagen wie Rolltreppen, Waren- und Personenaufzüge |
| | Elektrowärme (EW) | Elektroheizungen, Wärmepumpen, Wassererwärmer, elektrische Begleitheizung |

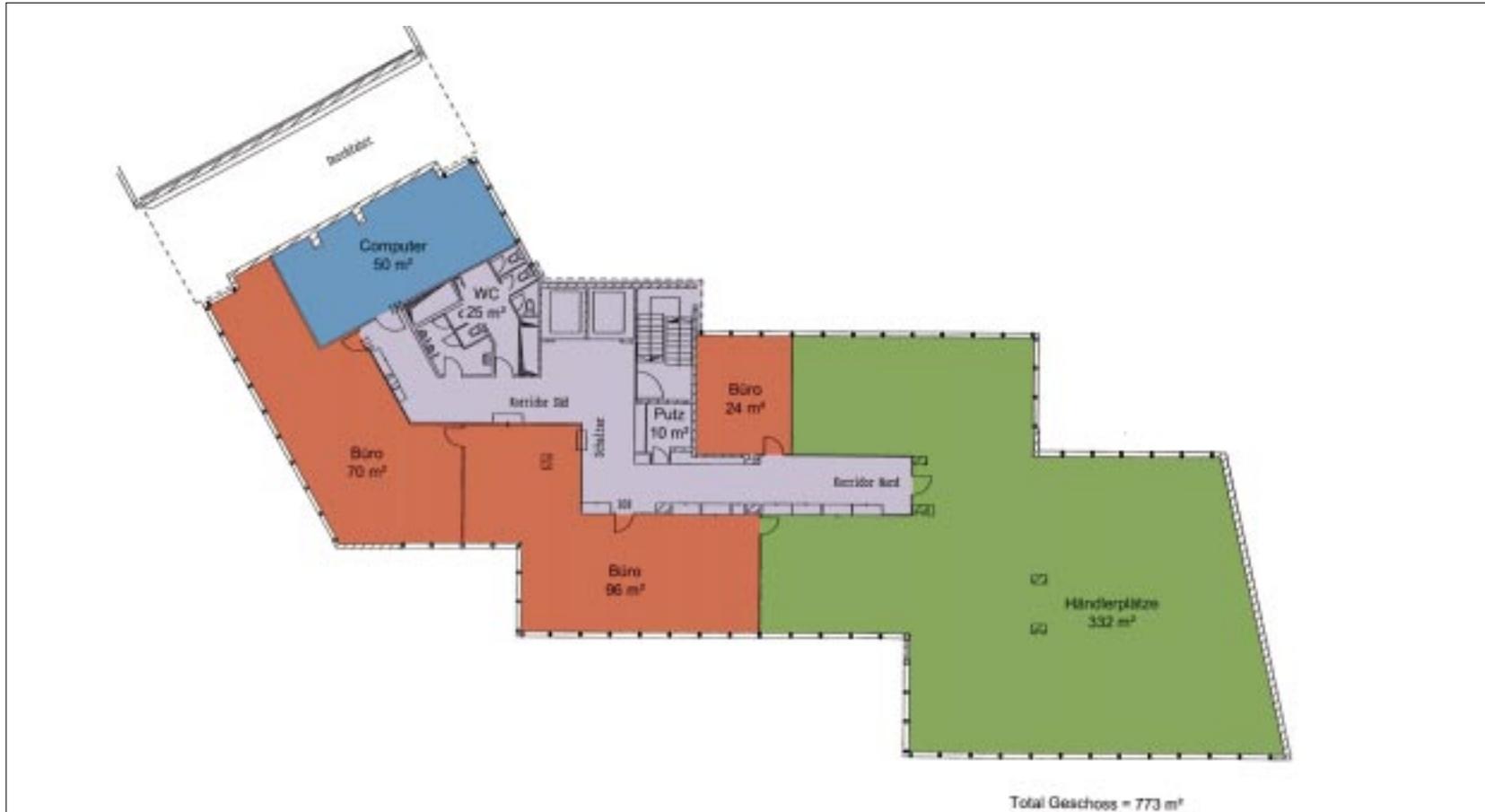
Einteilung des Gebäudes in wenige Nutzungszonen,
weil man Äpfel nicht mit Birnen vergleichen kann.

- Identische oder sehr ähnliche Ansprüche an Beleuchtung, Belüftung und Klimatisierung
- gleiche Ansprüche an Tätigkeiten und Ausstattung der Arbeitsplätze
- möglichst gleiche Nutzungszeiten und Nutzungsbedingungen
- auf 10-12 Nutzungszonen beschränken



- Hautnutzungsflächen zusammenfassen:
Büro, Verkauf etc.
- innerhalb Hauptnutzungsflächen Bereiche
nach Beleuchtungsqualität, Personenbelegung,
Nutzungszeit, Lüftungsbedarf, Technisierung
etc. differenzieren
- Nebenutzflächen (*Flure, Lager, WC etc.*)
möglichst zusammenfassen
- Spezialflächen:
EDV-Zentralen, Kantinen etc.
- Versorgungsbereiche von RLT-Anlagen
möglichst zusammenfassen
- Typräume definieren

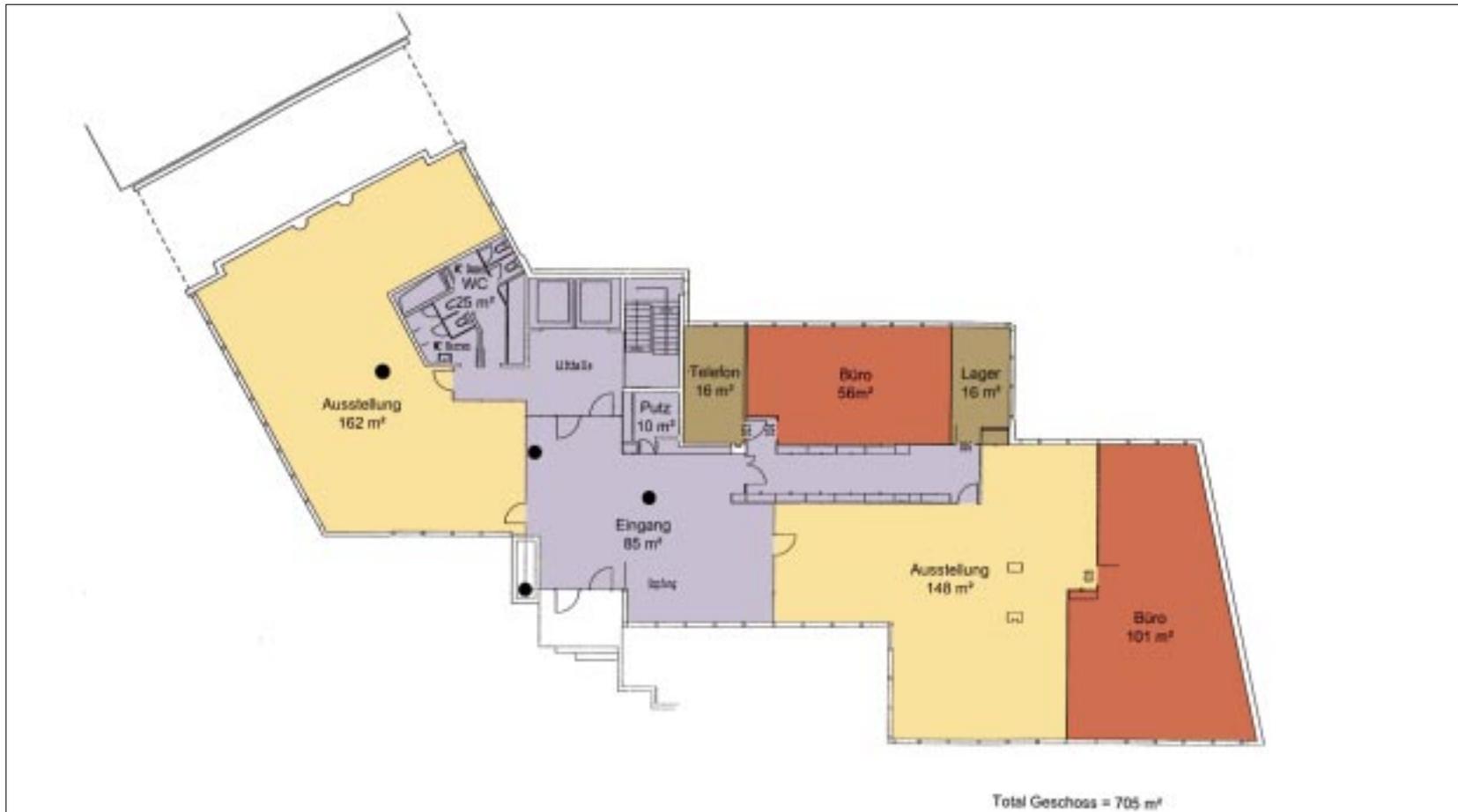
Muster-Verwaltungsgebäude, 1. OG



Musterbeispiel / Stromsparcheck

| | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|---------------------------|-------------------|-----------------|--|--|
| | | | Verwaltungsgebäude , 1.OG | Massstab 1:200 | Gez. Geprüft | | |
| Ausg. | Datum | Visum | | | Nr. 50a3-011 | | |
| ÄNDERUNGEN | | | | | | | |
| Ersatz für: | | | | | | | |

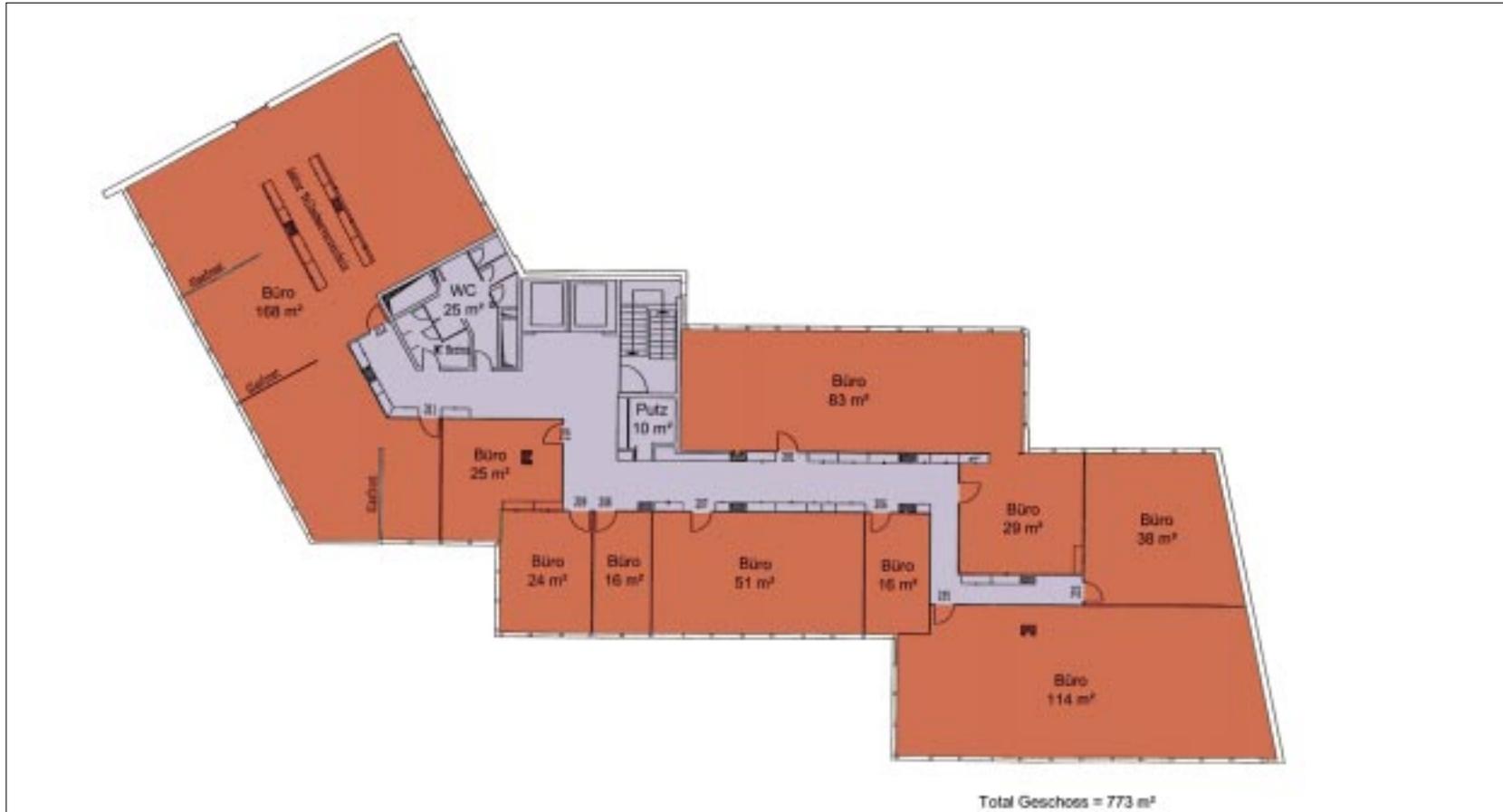
Muster-Verwaltungsgebäude, EG



Musterbeispiel / Stromsparcheck

| | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------------------------|-------------------|-----------------|--|--|
| | | | Verwaltungsgebäude , EG | Massstab 1:200 | Gez. Geprüft | | |
| Ausg. | Datum | Visum | | | Nr. 50a3-000 | | |
| ÄNDERUNGEN | | | | | | | |
| Ersatz für: | | | | | | | |

Muster-Verwaltungsgebäude, 2. OG



Musterbeispiel / Stromsparcheck

| | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|---------------------------|-------------------|-----------------|--|--------------|
| | | | Verwaltungsgebäude , 2.OG | Massstab 1:200 | Gez. Geprüft | | |
| Ausg. | Datum | Visum | | | | | |
| ÄNDERUNGEN | | | | | | | |
| Ersatz für: | | | | | | | Nr. 50a3-012 |

Übung 3: Nutzungszonen

Durch die Zusammenfassung der elektrischen Verbraucher zu Verwendungszwecken und die Einteilung des Gebäudes in typische Nutzungszonen entsteht die Matrixdarstellung, die den Stromverbrauch erst transparent und einer Analyse zugänglich macht.

Das Muster-Verwaltungsgebäude wird für verschiedene Zwecke genutzt:

- Erdgeschoß: Ausstellungs- und Verkaufsräume, Präsentationsbeleuchtung auch außerhalb der normalen Nutzungszeiten des Gebäudes.
1. Obergeschoß: Händlerbüros, in denen die Mitarbeiter teils bis spät in die Nacht und an Samstagen Börsengeschäfte mit in- und ausländischen Geschäftspartnern abwickeln; zentraler Computerraum.
- 2.-5. Obergeschoß: Einzel- und Gruppenbüros mit identischer Ausrüstung und Nutzung.
6. Obergeschoß: Restaurant, weitere Computerräume.
7. Obergeschoß: Technik- und Lagerräume.

Aufgabe

- 1.** Teilen Sie das Erdgeschoß und das 1. Obergeschoß in sinnvolle Nutzungszonen auf. Als Hilfe steht Ihnen die Tabelle in der Anlage 1 zur Verfügung. Die grauschraffierten Felder sind von Ihnen auszufüllen, dabei müssen Sie auch zwei neue Nutzungszonen definieren. Beachten Sie, daß die Verkehrsflächen nur teilweise in den Plänen aufgeführt sind. Berechnen Sie die Verkehrsfläche daher als Differenz von Total-Geschoßfläche minus den übrigen Nutzungszonenflächen.

Übung 3: Nutzungszonen

Muster-Verwaltungsgebäude

| Zonen und Flächen | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|-------|--------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Flächen | total | Farbe | pro Stockwerk | | | | | | |
| | | | A _{EB} [m ²] | Plan* | 2.UG [m ²] | 1.UG [m ²] | EG [m ²] | 1.0G [m ²] | 2.0G [m ²] |
| Büro | 2.720 | | | | 157 | 190 | 632 | 628 | 570 |
| Restaurant | 217 | | | | | | | | |
| Computer | 164 | | | | | 50 | | | |
| Händlerplätze | 332 | | | | | 332 | | | |
| Ausstellung | 310 | | | | 310 | | | | |
| Verkehr | 1.245 | | 40 | 40 | 206 | 133 | 209 | 157 | 203 |
| Technik/Lager | 638 | | 234 | 234 | 32 | | | | |
| Garage | 2.108 | | 1.054 | 1.054 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| ganzes Gebäude | | | | | | | | | |
| Total | 7.734 | | 1.328 | 1.328 | 705 | 705 | 841 | 785 | 773 |

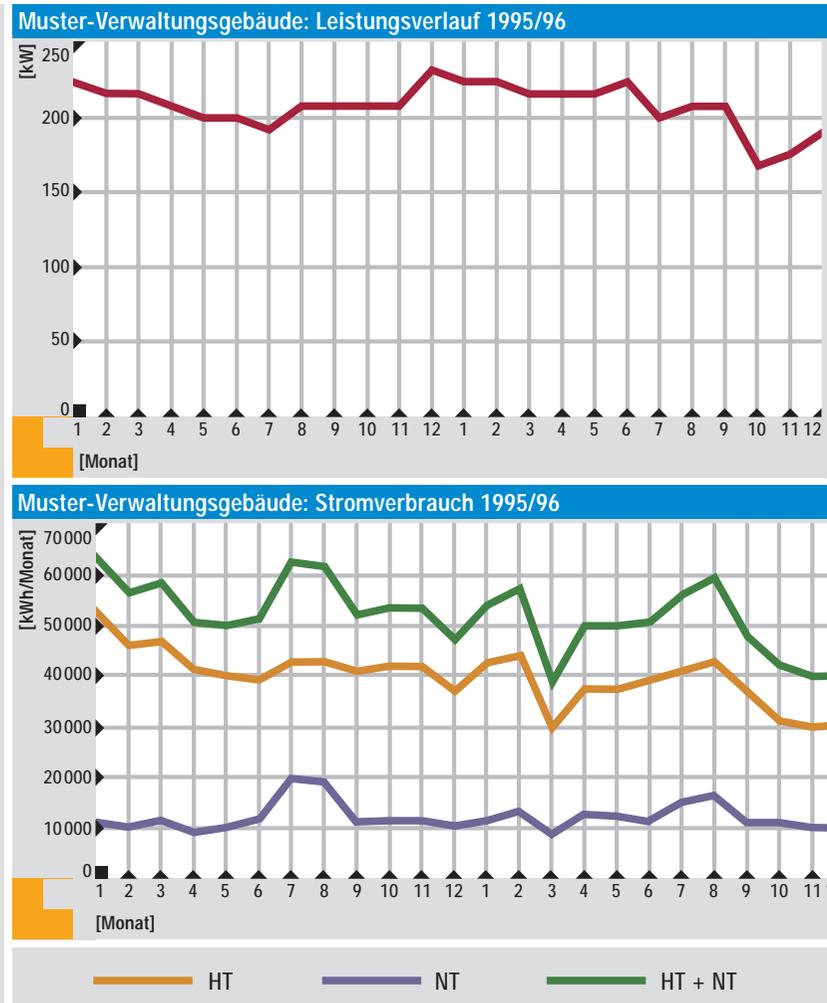
| Zonen und Flächen (Fortsetzung) | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Flächen | total | pro Stockwerk | | | | | | | |
| | | 5.0G [m ²] | 6.0G [m ²] | 7.0G [m ²] | 8.0G [m ²] | 9.0G [m ²] | 10.0G [m ²] | 11.0G [m ²] | DG [m ²] |
| Büro | 509 | 34 | | | | | | | |
| Restaurant | | 217 | | | | | | | |
| Computer | | 114 | | | | | | | |
| Händlerplätze | | | | | | | | | |
| Ausstellung | | | | | | | | | |
| Verkehr | 186 | 711 | | | | | | | |
| Technik/Lager | | 88 | 50 | | | | | | |
| Garage | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| ganzes Gebäude | | | | | | | | | |
| Total | 695 | 524 | 50 | | | | | | |

- Gibt es auffallende Maxima und Minima bei Verbrauch und Leistung?
Zu welchen Jahreszeiten?
- Die Niedertarifzeit liegt vorwiegend außerhalb der üblichen Nutzungszeiten.
Ist die Höhe des NT-Verbrauchs nachvollziehbar?
- Ist das Verhältnis HT / NT- Verbräuche plausibel?



Übung 1: Stromrechnung des Muster-Verwaltungsgebäudes

- Wie können die sommerlichen Verbrauchsspitzen erklärt werden?
- Vor allem Nachts!
- Tendenzieller Minderverbrauch ab Herbst 1995. Wieso?
- Was ist im März 1996 passiert?
- Sehen Sie einen Zusammenhang zwischen den Leistungsspitzen und den Verbrauchsspitzen?



Übung 1: Stromrechnung

IST-Zustand

Die erste Quelle für Informationen über den Strombedarf eines Gebäudes ist der Stromverbrauch laut Stromrechnung. Liegen Monatsverbräuche (*Sonderabnehmerverträge*) vor, so kann eine Analyse der Verbräuche zu aufschlußreichen Schlußfolgerungen führen. Eine solche Analyse kann vor der ersten Begehung des Gebäudes erfolgen.

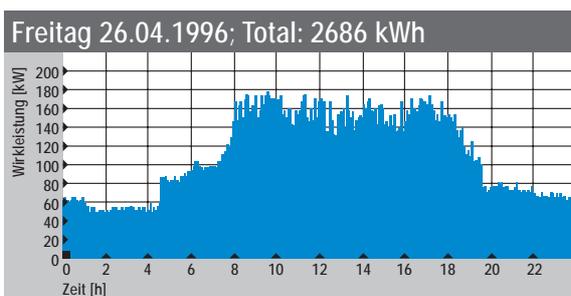
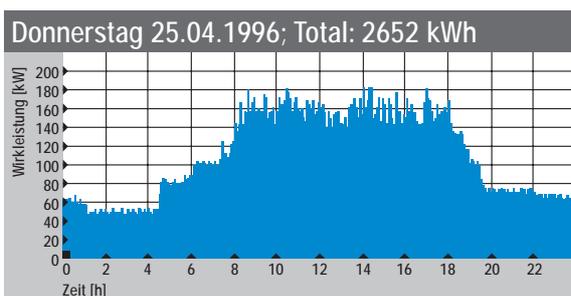
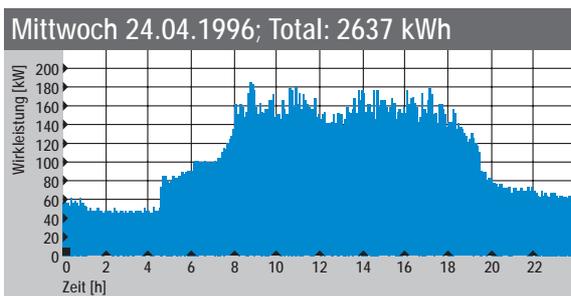
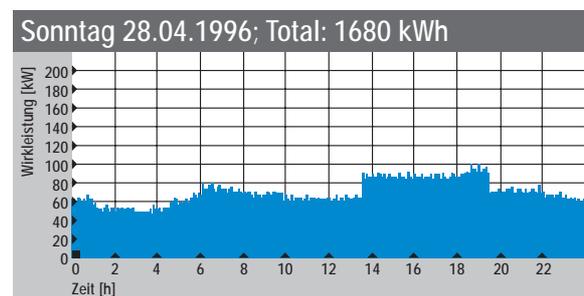
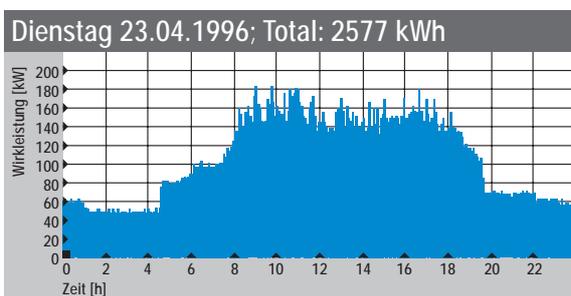
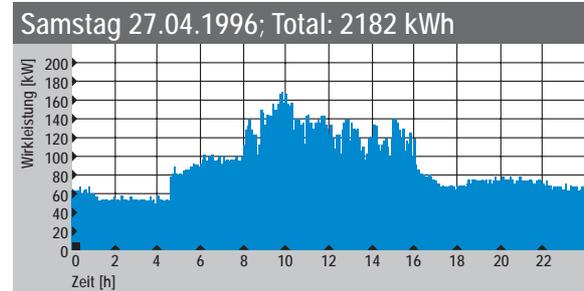
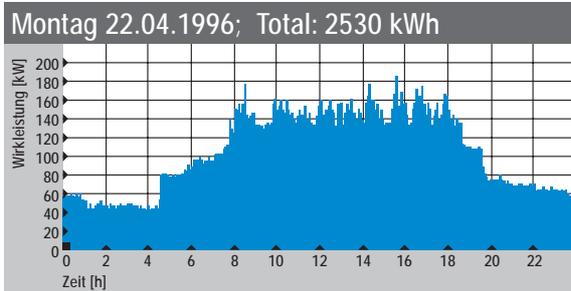
In der Abbildung 1 sind die Stromverbrauchsabrechnungen für die Jahre 1995 und 1996 graphisch dargestellt. (*Niedertarifzeit: Mo.-Fr. 22.00 bis 6.00 Uhr und Sa. von 14.00-Mo. 6.00 Uhr*). Die Abbildung 2 zeigt die 15-Minuten-Leistungsspitzen von 1995 und 1996.

Fragen

1. Wie können die sommerlichen Verbrauchsspitzen erklärt werden (*Juli und August*)?
2. Die Analyse des Stromverbrauchs zeigt, daß dieser sommerliche Mehrverbrauch vor allem in den Niedertarifzeiten anfällt. Wieso?
3. Ab Herbst 1995 ist tendenziell ein Stromminderverbrauch festzustellen. Haben Sie eine Erklärung dafür?
4. Wie ist der Verbrauchseinsturz im März 1996 zu erklären?
5. Sehen Sie einen Zusammenhang zwischen dem Verlauf der monatlichen 15-Minuten-Leistungsspitzen und dem Stromverbrauch?

- Gibt es Lastspitzen?
- Ist der Verbrauch außerhalb der üblichen Nutzungszeiten plausibel?
- Können die Laufzeiten größerer Verbraucher anhand von erkennbaren Lastniveaus bestimmt werden?
- Plausibilitätsüberprüfung für die Betriebszeiten der Beleuchtung, der RLT-Anlagen etc.

Übung 2: Auswertung einer Lastgangmessung



Musterbeispiel
Stromsparcheck
Mo 22.04.96-So 28.04.96
Wirkleistung
Kanal 1: Hauptzähler
Total: 16 945 kWh

- Ein einziger Energiekennwert Elektrizität reicht zur Beschreibung des Stromverbrauchs in einem Gebäude nicht aus.

- Empirisch ermittelte Teilenergiekennwerte für die Verwendungszwecke
 - Arbeitshilfe (*AH*)
 - Zentrale Dienste (*ZD*)
 - Beleuchtung (*BL*)
 - Lüftung/Klima (*LK*)
 - Diverse Technik (*DT*)können zur ersten Einschätzung eines Gebäudes herangezogen werden.

Erste Einschätzung mit Teilenergiekennwerten

- Teilenergiekennwerte (TEK) und der daraus resultierende Energiekennwert Elektrizität E_{Total} aus empirischen Untersuchungen
- Die Beispiele halten die Grenzwerte ein, die im Anhang der Broschüre Stromsparcheck aufgeführt sind.
- TEK AH aus Erfahrungswerten, TEK ZD auf konkrete Beispiele bezogen
- Die TEK ZD und damit verbunden möglicherweise LK müssen, entsprechend der Nutzung des Gebäudes, plausibel angepaßt werden.

| Kategorie | AH | ZD | BL | L/K | DT | E_{total} | |
|-----------|---|----|----|-----|----|--------------------|----------------------|
| Büro 1 | 7 | 3 | 8 | 6 | 7 | 31 | kWh/m ² a |
| | Vorwiegend Einzel- oder Gruppenbüros, normale Geräteausrüstung (<i>unter 1 PC pro Arbeitsplatz</i>), großer Anteil von tageslicht-orientierten Arbeitsplätzen, geringer Anteil Lüftung/Klima | | | | | | |
| Büro 2 | 10 | 8 | 14 | 11 | 7 | 50 | kWh/m ² a |
| | Vorwiegend Einzel- oder Gruppenbüros, höhere Geräteausrüstung (<i>zusätzliche Arbeitshilfen wie Drucker am Arbeitsplatz</i>), Arbeitsplätze zum Teil mit wenig Tageslicht, höherer Anteil Lüftung/Klima | | | | | | |
| Büro 3 | 10 | 36 | 14 | 22 | 7 | 89 | kWh/m ² a |
| | weitgehend wie Büro 2, aber mit EDV-Zentrale | | | | | | |

Übung 4: Teilenergiekennwerte

Vergleich SOLL-IST-Zustand

Eine erste grobe Beurteilung des Stromverbrauchs können Sie anhand von Teilenergiekennwerten vornehmen, die aus empirischen Untersuchungen stammen. Für verschiedene Gebäudekategorien sind nachfolgend typische Teilenergiekennzahlen (s. Tabelle 1) und die daraus resultierende Energiekennzahl Elektrizität E_{Total} aufgeführt. Die Beispiele halten die Grenzwerte ein, die im Anhang der Broschüre Stromsparcheck für Gebäude aufgeführt sind.

Die Spalten Arbeitshilfen AH beinhalten Erfahrungswerte. Die Teilenergiekennzahlen Zentrale Dienste ZD beziehen sich auf diese Beispiele und sind deshalb nur bedingt übertragbar. Der Elektrizitätsbedarf Zentrale Dienste beeinflusst den Elektrizitätsbedarf erheblich und wirkt sich in Bürobauten auf die Teilenergiekennzahl Lüftung/Klima L/K aus. Die Teilenergiekennwerte für Zentrale Dienste und Lüftung/Klima müssen daher, entsprechend der Nutzung des Gebäudes, plausibel angepaßt werden.

Gebäudebeschreibung: Das Muster-Verwaltungsgebäude besteht hauptsächlich aus Gruppen- und Großraumbüros. Daneben gibt es Ausstellungsflächen im Erdgeschoß, eine Tiefgarage im Untergeschoß, ein Restaurant sowie Lagerräume, Flur- und Treppenflächen. Das Gebäude ist nur teilweise klimatisiert. Die mittlere Ausstattung eines Arbeitsplatzes besteht u. a. aus einem PC. Viele Arbeitsplätze verfügen nur über eine geringe Tageslicht-Einstrahlung. Es gibt keine regelrechte EDV-Zentrale, aber zwei Computerräume, in denen mehrere Netzwerk-Server untergebracht sind, die über ein Netzwerk mit sämtlichen Büro-Computern verbunden sind.

Aufgaben

1. Wählen Sie aus der Tabelle 1 die Gebäudekategorie aus, die dem Muster-Verwaltungsgebäude am ehesten entspricht. Tragen Sie die Werte in der im Lösungsblatt vorgesehenen Tabelle ein. Die Kennwerte für Zentrale Dienste ZD, Lüftung/Klima L/K und E_{Total} lassen Sie bitte noch frei.
2. Überlegen Sie, auf welchen Wert der Teilenergiekennwert für die Zentrale Dienste ZD und der für Lüftung/Klima L/K geändert werden sollte. Vervollständigen Sie die Teilenergiekennwerte im Lösungsblatt. E_{Total} ist die Summe der Teilenergiekennwerte.
3. Multiplizieren Sie die Ennergiekennzahl Elektrizität E_{Total} mit der Bruttogeschoßfläche A_{BGF} (7.734 m^2).
4. Vergleichen und interpretieren Sie das Ergebnis der Nr. 3 mit den Stromverbrauchswerten von 1995 (661 MWh) und 1996 (587 MWh).

| Teilenergiekennwerte mit Beschreibung der Gebäudetypen | | | | | | |
|--|---|----|----|-----|----|-------------------------|
| Kategorie | AH | ZD | BL | L/K | DT | E_{Total} |
| Büro 1 | 7 | 3 | 8 | 6 | 7 | 31 kWh/m ² a |
| | Vorwiegend Einzel- oder Gruppenbüros, normale Geräteausrüstung (unter 1 PC pro Arbeitsplatz), großer Anteil von tageslicht-orientierten Arbeitsplätzen, geringer Anteil Lüftung/Klima. | | | | | |
| Büro 2 | 10 | 8 | 14 | 11 | 7 | 50 kWh/m ² a |
| | Vorwiegend Einzel- oder Gruppenbüros, höhere Geräteausrüstung (zusätzliche Arbeitshilfen wie Drucker am Arbeitsplatz), Arbeitsplätze zum Teil mit wenig Tageslicht, höherer Anteil Lüftung/Klima. | | | | | |
| Büro 3 | 10 | 36 | 14 | 22 | 7 | 89 kWh/m ² a |
| | weitgehend wie Büro 2, aber mit EDV-Zentrale. | | | | | |

Übung 4: Teilenergiekennwerte

Vergleich SOLL-IST-Zustand

Lösungen

1. 2.

■

| Kategorie | AH | ZD | BL | L/K | DT | E _{Total} |
|-----------|----|----|----|-----|----|-----------------------|
| Büro | | | | | | kWh/m ² a. |

3.

■

$$W = \frac{E_{\text{Total}} \cdot A_{\text{BGF}}}{1.000} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

4.

■

$$W_{1995} =$$

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

$$W_{1996} =$$