

1 Energieeffiziente Niederspannungsanlagen

Die Energieressourcen der Erde sind endlich. Der Verbrauch dieser Ressourcen sollte deshalb ohne Abstriche beim Komfort so gering wie möglich gehalten werden. Energieeffiziente elektrische Betriebsmittel, die an energieeffizienten elektrischen Anlagen betrieben werden, unterstützen diesen Prozess.

Eine Optimierung beim Verbrauch der elektrischen Energie kann mithilfe einer gewissenhaften Planung bei der Niederspannungsanlage zu einer Reduzierung des Stromverbrauchs ohne Komforteinbußen führen.

Ende 2015 veröffentlichte deshalb die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE eine neue Norm innerhalb der Reihe DIN VDE 0100, die Anforderungen für die Errichtung von energieeffizienten Niederspannungsanlagen festlegt (DIN VDE 0100-801 [1]). Die Berücksichtigung dieser Norm unterstützt auch die gesetzlichen Vorgaben durch die Energieeinsparverordnung. Da diese Norm eine Erstveröffentlichung ist, kann sie noch nicht umfassend alle möglichen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung enthalten.

Der Anhang B der Norm enthält Parameter, anhand deren eine elektrische Anlage klassifiziert werden kann. Elektrische Anlagen mit einer hohen Energieeffizienzklasse (EIEC) ermöglichen nicht nur eine Reduzierung der Betriebskosten, sondern erhöhen auch den Wiederverkaufswert der Immobilie, ähnlich dem Energieausweis mit der Einstufung in eine Energieeffizienzklasse und Angaben über den benötigten Wärmebedarf.

Im Zuge der Einführung dieser Norm werden in Zukunft sicherlich auch neue Materialien und Produkte für die Errichtung von energieeffizienten elektrischen Anlagen entwickelt und auf dem Markt angeboten. Dieses wiederum wird die Anforderungen an diese Norm auch zukünftig verändern.

Da die Erfahrungen und auch das Wissen über mögliche Maßnahmen zur energieeffizienten elektrischen Anlage noch nicht umfassend vorliegen, wird international die erst 2014 veröffentlichte Norm IEC 60364-8-1 [2] bereits wieder überarbeitet.

1.1 Wirtschaftlichkeit oder Schonung der Ressourcen?

Gerade wenn Zusatzmaßnahmen zur Energieeffizienz der Elektroinstallation vorgesehen werden, reicht der Idealismus oder das Gefühl, ein Gutmensch zu sein, nicht aus, um zusätzliche Investitionen zu akzeptieren. Eine bessere Effizienz der elektrischen

Anlage soll natürlich auch die Betriebskosten senken, wobei der Amortisierungszeitraum möglichst kurz sein sollte.

Natürlich kann die Berücksichtigung der DIN VDE 0100-801 nicht bei jeder elektrischen Anlage eine Verbesserung der Energieeffizienz ergeben. Bei kleinen elektrischen Anlagen, insbesondere bei Anlagen für Wohnungen, kann die Energieeffizienz der Elektroinstallation nicht so einfach gesteigert werden. Hier liefert der Einsatz von energieeffizienten elektrischen Betriebsmitteln, z. B. LED-Beleuchtungen oder A+++ zertifizierte Haushaltsgeräte, ein viel höheres Einsparpotenzial. Auch die Automatisierung von elektrischen Betriebsmitteln, z. B. die Steuerung von Außenbeleuchtungen mit Bewegungsmeldern, Dämmerungsschaltern und Zeitschaltuhren, fördert die Energieeffizienz.

Die Kosten für spezielles Installationsmaterial für eine energieeffiziente elektrische Installation, z. B. luftdichte Gerätedosen oder luftdichte Verteilerdosen, werden sich sicherlich zukünftig durch den vermehrten Einsatz noch reduzieren.

Diese neue Norm sollte als ein Kick-off betrachtet werden, wodurch zukünftig weitere Anforderungen immer mehr an Bedeutung gewinnen.

1.2 Energieausweis (Wärmebedarf)

Beispielhaft für die Berücksichtigung von Maßnahmen zur Erzielung einer höheren Energieeffizienz ist die Energiesparverordnung für Gebäude [3], die Anforderungen zur Reduzierung der benötigten Wärmeenergie festlegt und die Gebäude zur Bewertung in Energieeffizienzklassen einteilt. Danach muss für jede Wohnung oder jedes Gebäude spätestens beim Verkauf ein Energieausweis vorgelegt werden, in dem die Energieeffizienzklasse ersichtlich sein muss, siehe **Bild 1.1**.

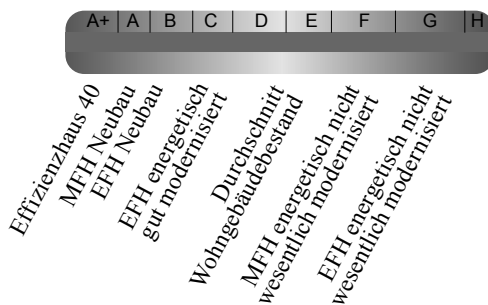


Bild 1.1 Klassifizierung der Energieeffizienz von Gebäuden

Übrigens: Verordnungen sind Gesetze und müssen eingehalten werden.

Dieser Energieausweis kann somit zu einem Kaufentscheid beim Verkauf der Wohnung oder des Gebäudes beitragen. Wohnungen oder Gebäude mit einer niedrigen Energieeffizienzklasse lassen sich schlechter verkaufen oder erzielen einen geringeren Verkaufspreis als solche mit einer höheren Energieeffizienzklasse. Somit wird die Energieeffizienz sowohl für den Käufer als auch für den Verkäufer einer Wohnung oder eines Gebäudes zu einem wirtschaftlichen Faktor.

Der Energieverbrauch für eine Wohnung oder für ein Gebäude wird in Kilowattstunden pro Quadratmeter in einem Jahr angegeben. Über den Energieverbrauch kann dann die Energieeffizienzklasse ermittelt werden, siehe **Tabelle 1.1**.

Energieeffizienzklasse	Energieverbrauch in kWh/(m ² a)
A+	< 30
A	30 ... 50
B	50 ... 75
C	75 ... 100
D	100 ... 130
E	130 ... 160
F	160 ... 200
G	200 ... 250
H	> 250

Tabelle 1.1 Energieeffizienzklassen in Abhängigkeit vom Energieverbrauch

Die Verordnung legt fest, dass beim Verkauf einer Immobilie ein Energieausweis mit folgenden Angaben vorgelegt werden muss:

- Energiebedarf,
- Energieträger,
- Baujahr,
- Energieeffizienzklasse.

Das Beispiel dieser Verordnung zeigt, dass heutzutage Angaben zur Effizienz (hier: Energiebedarf) zu einem wichtigen Bestandteil der Gesellschaft geworden sind.

1.3 Energieausweis (elektrische Energie)

Da auch der Verbrauch von elektrischer Energie Teil des Jahresprimärverbrauchs gemäß der EnEV ist, fördert die Anwendung der DIN VDE 0100-801 die Reduzierung des Jahresprimärverbrauchs einer Wohnung oder eines Gebäudes. Bei Wohngebäuden braucht der jährliche elektrische Energieverbrauch im Energieausweis zurzeit noch nicht betrachtet zu werden. Erst bei Elektroinstallationen in gewerblichen Gebäuden, wie Büros, Einzel- und Großhandel, in öffentlichen Gebäuden, Banken und Hotels ist der jährliche Verbrauch der elektrischen Energie, z. B. für die Beleuchtung, zu betrachten und wird damit Teil der Energieeffizienzklasse des Energieausweises.

Der Verbrauch eigenerzeugter erneuerbarer Energie darf bei der Betrachtung des jährlichen Verbrauchs der elektrischen Energie gegengerechnet werden.

In dieser Norm wird empfohlen, zukünftig ein Label der Effizienzklasse der elektrischen Anlage an einem markanten Ort, z. B. außen am Zählerschrank, anzubringen. Dabei gibt es folgende fünf Energieeffizienzklassen (EIEC), siehe **Tabelle 1.2**.

Energieeffizienzklasse	Bewertung der elektrischen Anlage
EIEC0	sehr niedrige Effizienz
EIEC1	niedrige Effizienz
EIEC2	Standardeffizienz
EIEC3	erhöhte Effizienz
EIEC4	optimale Effizienz

Tabelle 1.2 Energieeffizienzklassen (EIEC) für elektrische Anlagen

Die Ermittlung der Energieeffizienzklasse für eine elektrische Anlage erfolgt mithilfe mehrerer Parameter, die in diesem Buch beschrieben werden.

Bauherren, die Wert auf einen hohen Wiederverkaufswert ihrer Immobilie legen, sollten deshalb bereits in ihrer Ausschreibung eine hohe Energieeffizienzklasse für die elektrische Anlage entsprechend DIN VDE 0100-801 vorgeben.

1.4 Einordnung der Norm innerhalb der elektrischen Stromversorgung

DIN VDE 0100-801 enthält Anforderungen, die nur für die elektrische Verteilung der Energieversorgung innerhalb eines Gebäudes gelten, siehe **Bild 1.2**. In dieser Norm wird die Energieeffizienz bei der Stromerzeugung und der Stromübertragung sowie der von Nutzern der elektrischen Anlage anschließbaren elektrischen Betriebsmittel nicht betrachtet. Hierfür gelten andere Normen.

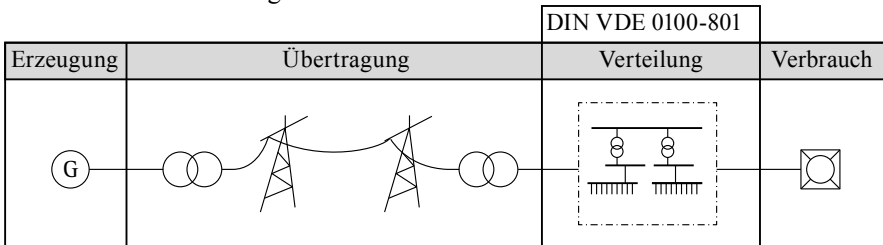


Bild 1.2 Geltungsbereich der DIN VDE 0100-801 innerhalb der Systeme für die Nutzung der elektrischen Energie

1.5 Sicherheit der elektrischen Anlage

Können elektrische Anlagen zusätzlich durch alternative Energiequellen versorgt werden, dürfen errichtete Schutzmaßnahmen entsprechend den Normen der Reihe DIN VDE 0100 nicht umgangen werden. Insbesondere bei Energiequellen die temporär über Steckverbindungen mit der elektrischen Anlage verbunden werden können, muss die Umgehung von Schutzeinrichtungen verhindert werden.

Aktive Maßnahmen der elektrischen Energieeffizienz dürfen passive Maßnahmen der Energieeffizienz eines Gebäudes nicht beeinträchtigen.

1.6 Verfügbarkeit der elektrischen Energie

Ein integriertes automatisches Energieeffizienzmanagementsystem darf die Verfügbarkeit der Stromversorgung nicht automatisch unter einen vom Betreiber festgelegten Grad absenken. Der Betreiber muss immer die Möglichkeit haben, zu entscheiden, ob die elektrische Versorgung mit Nennwerten oder bei optimierten Werten möglich ist. Für den Betreiber muss es auch möglich sein, automatische Energieeffizienzmaßnahmen abschalten zu können. Eine solche Absenkung muss erkennbar sein.

1.7 Planungsgrundsätze

Zur Beurteilung der Energieeffizienz einer elektrischen Anlage müssen folgende Aspekte betrachtet und bewertet werden:

- Lastprofil (aktiv und passiv),
- Verfügbarkeit örtlicher Energieerzeugung,
- Maßnahmen zur Reduzierung der Energieverluste der elektrischen Anlage,
- Anordnung von Stromkreisen,
- bedarfsgerechter Einsatz der Energie,
- Berücksichtigung von Tarifstrukturen des Energieversorgers.

1.8 Arten von Gebäuden

Die Norm enthält spezifische Methoden und Anforderungen zur elektrischen Energieeffizienz (EEE) für vier Arten von Gebäuden, die sich durch ihre Nutzung voneinander unterscheiden, siehe **Tabelle 1.3**.

Arten von Gebäuden	Beispiele
Wohngebäude (Wohnungen)	Gebäude zu Wohnzwecken
gewerbliche Gebäude	Büros Einzelhandel Großhandel öffentliche Gebäude Banken Hotels
Industriegebäude	Fabriken Werkstätten Logistikzentren
Infrastruktur	Flughafenterminals Hafenanlagen

Tabelle 1.3 Arten von Gebäuden für die Betrachtung der elektrischen Energieeffizienz (EEE)

2 Ermittlung des Lastprofils und des zentralen Lastschwerpunkts

Basis einer energieeffizienten Anlage ist die Versorgung elektrischer Betriebsmittel über möglichst kurze Zuleitungen. Um den optimalen Aufstellungsort der zentralen Versorgung und Verteilung der elektrischen Energie in einem Gebäude bestimmen zu können, müssen alle Verbraucher mit ihren Anschlussleistungen und ihrem jährlichen Verbrauch einschließlich ihrem Aufstellungsort im Gebäude bekannt sein. Diese Daten sind dann Grundlage für die Ermittlung des Lastschwerpunkts innerhalb eines Gebäudes.

2.1 Lastprofil

Als Grundlage für die Ermittlung des Lastschwerpunkts müssen zuerst die Verbraucher, die in einer elektrischen Anlage errichtet werden oder vom Betreiber angeschlossen werden können, erfasst werden. Welche Verbraucher erfasst werden, hängt von der Anschlussleistung ab. In manchen Fällen können auch elektrische Verbraucher mit einer geringen Anschlussleistung von Bedeutung sein, wenn sie z. B. in hoher Anzahl eingesetzt werden und somit ihre Gesamtanschlussleistung signifikant wird. Wer es etwas genauer haben will, kann statt der Anschlussleistung auch die benötigte Leistung einsetzen. Manchmal muss aufgrund von Typensprüngen bei der Auswahl von Motoren eine höhere Nennleistung angeschlossen werden, als benötigt wird.

Für die Erfassung der Verbraucher mit ihrem jährlichen Verbrauch und deren Koordinaten innerhalb der elektrischen Anlage ist eine systematische Methode erforderlich.

Tabelle 2.1 zeigt eine Möglichkeit der Katalogisierung.

Die Tabelle 2.1 enthält Daten wie Anschlussleistung, Betriebsdauer und Einbaukoordinaten. Zusätzlich ist auch die abgeschätzte jährlich benötigte Energie einzutragen. Damit stehen alle erforderlichen Daten für die Ermittlung des Lastschwerpunkts zur Verfügung.

Verbraucher	Anschlussleistung in kVA	Betriebsdauer in h/a	Jährlicher Verbrauch in kWh	Koordinaten des Einbauorts oder der Anschlussstelle in m
1. Verbraucher	... kVA	... h	... kWh	x_1 : ... m y_1 : ... m z_1 : ... m
2. Verbraucher	... kVA	... h	... kWh	x_2 : ... m y_2 : ... m z_2 : ... m

Tabelle 2.1 Katalogisierung der Verbraucher in einer elektrischen Anlage

2.2 Koordinatensystem

Damit die Verbraucher auch einem bestimmten Ort zugeordnet werden können, muss zuerst das Gebäude oder Gelände in Koordinaten aufgeteilt werden, siehe **Bild 2.1**. Die Achsen werden bei einer 2-D-Betrachtung (alle Kabel und Leitungen werden auf einer horizontalen Ebene verlegt) mit den Koordinaten x und y gekennzeichnet und bei einer 3-D-Betrachtung (Kabel und Leitungen werden in einer horizontalen Ebene und in Etagen, z. B. über mehrere Stockwerke verlegt) zusätzlich mit der Koordinate z gekennzeichnet.

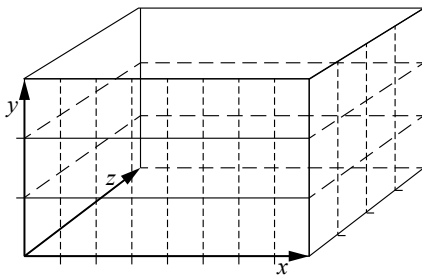


Bild 2.1 Beispiel eines Koordinatensystems für ein Gebäude

2.3 Koordinatenkennzeichnung der Verbraucher

Die Koordinaten für die Verbraucher werden mit einer fortlaufenden Nummer als tiefgestellte Zahl beginnend mit 1 gekennzeichnet. Die Koordinaten des ersten Verbrauchers lauten dann x_1, y_1, z_1 und die des zweiten Verbrauchers x_2, y_2, z_2 . Bei zweidimensionalen Verkabelungen entfällt die z -Koordinate, siehe **Tabelle 2.2**.

	Koordinatenkennzeichnung bei 3-D-Verkabelung	Koordinatenkennzeichnung bei 2-D-Verkabelung
Lastschwerpunkt	x_b, y_b, z_b	x_b, y_b
1. Verbraucher	x_1, y_1, z_1	x_1, y_1
2. Verbraucher	x_2, y_2, z_2	x_2, y_2
n . Verbraucher	x_n, y_n, z_n	x_n, y_n

Tabelle 2.2 Koordinatenbezeichnungen für die Lastschwerpunktermittlung

2.4 Koordinatenkennzeichnung des Lastschwerpunkts

Die Koordinaten für den Lastschwerpunkt werden mit dem tiefgestellten Kennbuchstaben b im Index gekennzeichnet (x_b, y_b und z_b).

2.5 Lastschwerpunkt

Ein Element der Energieeffizienz einer elektrischen Anlage ist das Konzept der kurzen elektrischen Verbindungen durch die Ermittlung des Lastschwerpunkts. Erfolgen der Aufstellungsort der Transformatorstation und die Verteilung an diesem Ort, sind die Zuleitungen zu den einzelnen Verbrauchern kürzer, die Leitungsverluste sind geringer und damit ist auch der Spannungsfall niedriger. Durch diese Maßnahme verbessert sich nicht nur die Energieeffizienz während des Betriebs, sondern auch das Investment wird reduziert, da weniger Leitungen geringere Kosten verursachen.

Zusammenfassung der Vorteile:

- geringere Leitungsverluste,
- geringerer Spannungsfall,
- weniger Kabel/Leitungen.

Sind die Koordinaten der Verbraucher bekannt, können die Anordnung und der Aufstellungsort des Transformators und der Hauptverteilung oder Unterverteilung berechnet und festgelegt werden. Normalerweise ist die effektivste Anordnung von Transformatoren und Hauptverteilungen erreicht, wenn die Verbraucher mit der höchsten Leistung möglichst in der Nähe von Transformator und Hauptverteilung aufgestellt werden. Werden weitere Verbraucher berücksichtigt, wird der Standort immer konkreter.

Ob der ermittelte Lastschwerpunkt im Gebäude tatsächlich der Aufstellungsort für den Transformator und der Verteilung werden kann, hängt neben dem ermittelten Lastschwerpunkt noch von weiteren Faktoren ab. So bestimmt z. B. die Höhe der Etage eines Gebäudes die Aufstellungshöhe (y -Koordinate). Auch müssen die Räumlichkeiten dafür geeignet sein und die Statik muss berücksichtigt werden. So ist die Ermittlung des zentralen Lastschwerpunkts erst einmal eine Vorgabe, die mit anderen Parametern abgeglichen werden muss.

Der große Vorteil dieser Methode sind die kurzen Kabel-/Leitungsverbindungen zu den elektrischen Betriebsmitteln. Doch die tatsächliche Kabellänge ist nicht nur vom Standort der Verteilung abhängig, sondern auch von den Kabeltrassen, auf denen die Kabel verlegt werden. Die möglichen Kabeltrassen selbst sind abhängig von der Konstruktion des Gebäudes, vom Brandschutz von und anderen architektonischen Vorgaben, z. B. der Nutzung der Räume durch die eine Kabeltrasse eigentlich optimal wäre.

Statt einzelner Verbraucher können auch Gebäude als Verbraucherzentrum zusammengefasst werden, z. B. Lager, Büros oder Anordnungen von Produktionsmaschinen die koordiniert zusammenarbeiten und die dann über eine Unterverteilung versorgt werden.

2.5.1 Beispiel einer Lastschwerpunktberechnung für eine Fabrik

Für die Ermittlung des Lastschwerpunkts, z. B. auf einem Fabrikgelände, kann das in DIN VDE 0100-801 dargestellte Matrixverfahren angewandt werden (informativer Anhang A). Dabei wird jedes Verbraucherzentrum bzw. jede Anlage mit nennenswertem Energiebedarf in einem zweidimensionalen Koordinatensystem mit ihrem Abstand zu den anderen Verbraucherzentren/Anlagen ermittelt und die Position festgelegt.

Für das Rechenbeispiel werden folgende Gebäude (Verbraucherzentren) auf dem Fabrikgelände betrachtet, siehe **Bild 2.2**:

- Rechenzentrum (Koordinatenkennziffer 1),
- Büros (Koordinatenkennziffer 2),
- Kantine (Koordinatenkennziffer 3),

- Parkhaus (Koordinatenkennziffer 4),
- Fertigung (Koordinatenkennziffer 5).

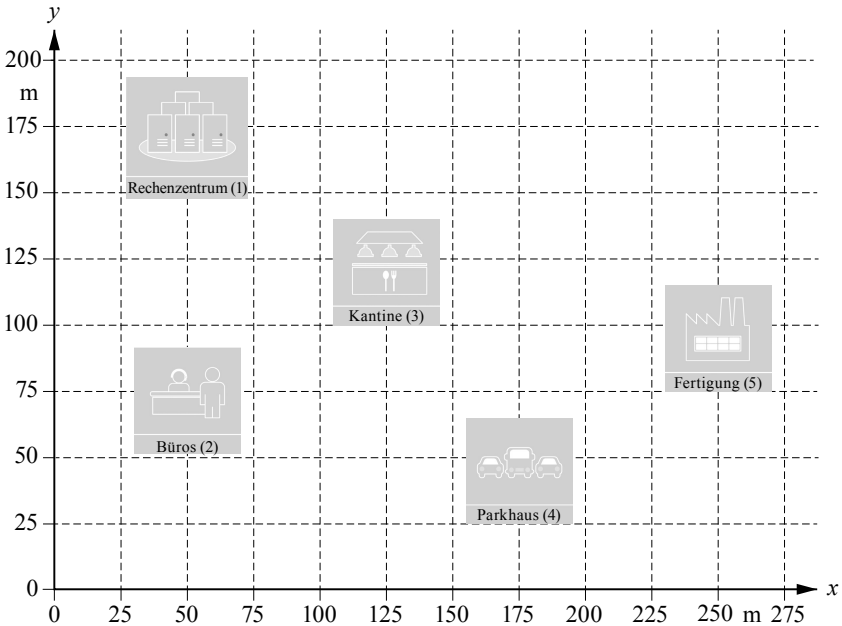


Bild 2.2 Verbraucher auf einem Fabrikgelände im 2-D-Koordinatensystem

Ermittlung des Energieverbrauchs für das Rechenbeispiel

Damit eine Berechnung des Lastschwerpunkts auf dem Fabrikgelände möglich ist, muss für die einzelnen Verbraucher der geschätzte jährliche Energieverbrauch ermittelt werden. Zusätzlich müssen die Koordinaten der Unterverteilung oder der elektrischen Betriebsmittel innerhalb des Fabrikgeländes festgelegt werden, siehe **Tabellen 2.3 bis 2.7**.

Die im Bild 2.2 positionierten Gebäude auf dem Gelände einer Fabrik haben demnach folgende Koordinaten mit einem ermittelten Jahresverbrauch, siehe **Tabelle 2.8**.

Da die Lastschwerpunktermittlung nur zweidimensional erfolgt, werden nur die Koordinaten x_b und y_b betrachtet.

Bei den Koordinatenangaben geht man davon aus, dass die Abstände der Verbraucherzentren gleich den Längen der Kabelwege sind. Die tatsächlichen Längen der Kabel/Leitungen sind von den realen Kabeltrassen zwischen Schaltanlage und Verbrauchern abhängig.