

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 59 (1968)
Heft: 24

Artikel: Angaben über bedeutende Elektroheizungsanlagen
Autor: Gillain, L. / Djick, G. van
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916100>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kenntnis für alle diejenigen unerlässlich ist, die eine vernünftige, systematische und objektive Untersuchung über all die Zufälligkeiten durchführen wollen, die die Entwicklung dieses neuen Marktes auf die Rentabilität des Unternehmens haben kann.

Diese Arbeitsgruppe wird sich mit dieser Aufgabe befassen, indem sie sich nicht nur auf rein theoretische Betrachtungen stützen wird, sondern selbstverständlich auch auf aus der Praxis gewonnene Erfahrungen einerseits und auf Versuche und systematische Messungen andererseits.

ungen stützen wird, sondern selbstverständlich auch auf aus der Praxis gewonnene Erfahrungen einerseits und auf Versuche und systematische Messungen andererseits.

Adresse des Autors:

E. Tiberghien, Direktor der Société de Traction et d'Electricité, Brüssel.

Angaben über bedeutende Elektroheizungsanlagen

Von *L. Gillain* und *G. Van Dijk*, Brüssel

621.365:001.3

1. Vorwort

Für die Zusammenfassung allgemeiner Informationen über die augenblickliche Entwicklung der Elektroheizung hatte die erste von der Arbeitsgruppe durchgeführte Untersuchung zum Ziel, Kenndaten von bedeutenden, schon bestehenden oder neuen Anlagen zu erfassen.

Die verschiedenen in der Arbeitsgruppe vertretenen Länder waren aufgerufen worden, für einige als typisch anzusehende Elektro-Heizungsanlagen zahlenmässiges oder beschreibendes Material zu liefern, wobei besonders die Bauart und der Typ, die klimatischen Bedingungen sowie die Art und Betriebsweise der Heizung herausgestellt werden sollten.

Der zu diesem Zwecke aufgestellte Fragebogen enthielt folgende zu beantwortende Fragen:

1.1 Geographische Lage des Gebäudes;

1.2 Kurzbeschreibung des Klimas

- Gradtage (mit Angabe über die Berechnungsmethode) monatlich, jährlich, der Heizperiode;
- Anzahl der Stunden mit Sonneneinstrahlung;
- Mittlere Windgeschwindigkeit;
- Mittelwert der Niederschläge;
- Mittlere und niedrigste Aussentemperaturen;

1.3 Beschreibung des Gebäudes:

- Einfamilienhaus (Haus oder Villa), Wohnung usw.;
- Zahl der Aussenmauern;
- Haus des sozialen Wohnungsbaus oder von gehobenem Standard;
- Hauptabmessungen und Zahl der zu beheizenden Zimmer;
- Verglaste Flächen;
- Wärmedämmung: verwendete Materialien, Wärmedurchgangszahl;
- Stündlicher Wärmeverlust;
- Betriebsweise (dauernd, intermittierend usw.);

1.4 Beschreibung der Elektroheizungsanlage:

- Verwendetes Heizsystem;
- Steuerung (individuell pro Raum, pro Zone, zentral usw.);
- Installierte Gesamtleistung (direkt, Schwachlast, Speicherung);

1.5 Angewendete Tarife

1.6 Verbrauch: für die letzten Jahre gemessene oder geschätzte Werte

Wenn es verständlicherweise kaum möglich ist, aus den gesammelten Zahlenangaben und Mitteilungen absolute Schlüsse zu ziehen, gestatten die Antworten doch, die Aufmerksamkeit auf einige bedeutende Faktoren bei den Ver-

gleichen von Elektro-Vollheizungsanlagen zu richten. Das gilt besonders für die installierte Leistung und den Verbrauch.

Es wird vor allem jedoch interessant sein, die verschiedenen Elektroheizsysteme ¹⁾ herauszustellen und einige Angaben über die erfassten Anlagen zu machen.

2. Elektroheizsysteme

2.1 Direktheizung

Anlagen mit elektrischer Direktheizung basieren auf dem Jouleschen Wärmeäquivalent für die Umwandlung elektrischer Energie in Wärmeenergie. Diese äusserst einfache Umwandlung erfolgt normalerweise am Ort selbst, wo die Wärme gewünscht wird.

Der Wärmeübergang zum Raum erfolgt in verschiedenen Verhältnissen durch Konvektion und Strahlung. Je nach dem überwiegenden Teil unterscheidet man:

a) Strahlungsheizkörper

Die Strahlungsquelle kann hohe, mittlere oder niedrige Temperaturen aufweisen. Hochtemperatur-Strahlungskörper, auch oft «Infrarotstrahler» genannt, eignen sich für die Beheizung offener Plätze und für intermittierende Beheizung. Nach ihrer Konzeption sollen sie eine ausgeprägte, gerichtete Wirkung haben. Mittel- und Niedrigtemperatur-Strahlungsheizgeräte bieten sich in Panelform an. Die Heizelemente werden entweder durch in Zickzackform gebogene Heizdrähte, durch elektrisch leitende Widerstandsflächen oder durch Aufbringen von leitendem Material auf eine entsprechende Unterlage gebildet (ein System, das dem der gedruckten Schaltungen gleicht). Die Sockel sind verschiedener Art: aus Plastikmaterialien, Keramik, Glas, Asbest, besonders behandeltem Holz, Spezialpapier, Gewebe usw. Decke und Boden können als Strahlungsflächen ausgebildet sein.

b) Konvektoren

Der elektrische Widerstand — frei gewickelt oder durch ein Gitter geschützt — befindet sich in einem Gehäuse, dessen Formen, Abmessungen und Gestaltung sehr unterschiedlich sein können. Bekannt sind in erster Linie Fussbodenheizleisten und die in den Boden oder die Mauern einzubauenden Konvektoren. Die Wärmeabgabe an die Luft wird durch Flügelanordnungen begünstigt. Die natürliche Konvektion wird durch besondere Formen beschleunigt (Kamineffekt).

¹⁾ Es sei daran erinnert, dass die Beschreibung dieser Systeme Thema eines von den Herren *Tiberghien*, *Haibe* und *Lesire* anlässlich des Kongresses von Baden-Baden 1961 vorgelegten Berichtes war und ausserdem in zahlreichen Mitteilungen beim Symposium «Elektroheizung» enthalten war, das 1964 von der UNIPEDE in Brüssel organisiert wurde.

Es kann sich um Geräte mit statischer Wärmeabgabe handeln oder um solche, wo die Konvektion durch einen Ventilator beschleunigt wird.

Die Warmluftheizung gehört zur Konvektionsheizung. Es handelt sich um einen Konvektor mit Zwangsumlauf, der manchmal die Warmluft in verschiedene Räume verteilt.

2.2 Speicherheizung

Im Falle der Direktheizung wird die durch die Joulesche Wirkung frei werdende Wärmeenergie sofort in dem Raum verteilt. Diese Geräte können ihre Leistung je nach dem von dem Thermostaten festgestellten Wärmebedarf über die 24 Stunden des Tages einsetzen.

Bei der Speicherheizung dagegen wird die Wärmeenergie zuerst gespeichert und erst später durch einen natürlichen (Speicherheizgerät mit statischer Wärmeabgabe) oder gesteuerten Vorgang (Speicherheizgerät mit dynamischer Wärmeabgabe) wieder abgegeben. Je nach den Belastungsbedingungen des Verteilnetzes kann die Aufladung dieser Geräte nur während einer begrenzten Zahl von Stunden pro Tag erfolgen.

Je nach der Speicherkapazität unterscheidet man:

- Anlagen mit Vollspeicherheizung, deren Stromversorgung über 8 zusammenhängende Stunden/Tag erfolgt (z. B. von 22 Uhr bis 6 Uhr). Diesen Anlagen kommt ein Nachtarif zugute, der übrigens auch häufig für solche Anlagen gewährt wird, die fast eine Vollspeicherung darstellen, die neben den 8 Nachtstunden auch während zweier Stunden im Mittagstal der Belastungskurve aufgeladen werden;
- Anlagen mit Teilspeicherung, die während des Tages über mehr als 8 Stunden aufgeladen werden können — unter dem Vorbehalt der obigen Bemerkung bezüglich des Mittagstales — deren Aufladung aber weniger als 24 Stunden beträgt. Je nach der Tagesbelastung findet man sehr verschiedene Ausführungen: von einer einfachen Ausschaltung im Augenblick der Spitze, z. B. 2 bis 4 Stunden/Tag, bis hin zu längeren Abschaltzeiten. Diesen Anlagen kommt ein Schwachlasttarif zugute, dessen Höhe die Dauer der Abschaltung berücksichtigt.

Die Wärmespeicherung erfolgt im allgemeinen durch Spezialsteine und in wenigen Fällen durch Wasser. Bei einigen im Experimentierstadium befindlichen Geräten geht man von der Umwandlung der Speichermasse (Ätznatron, Kalk) oder von der Speicherfähigkeit von Guss aus.

Die gesteuerte Wärmerückgabe erfolgt durch Zwangsumwälzung der Luft mittels Ventilator. Durch die Steuerung dieses Ventilators wird die abgegebene Wärmemenge geregelt. Geräte mit statischer Wärmespeicherung können getrennte Einheiten bilden oder in die Baukonstruktion mit eingefügt werden. Hierfür ist die Fussboden-Speicherheizung ein Beispiel: In einigen Ländern ist sie sehr verbreitet. Geräte mit dynamischer Wärmeabgabe werden auch für Warmluft-Zentralheizungen verwendet.

2.3 Wärmepumpe

Bei all den oben erwähnten Systemen basiert die Umwandlung von elektrischer in thermische Energie auf dem in den Widerständen auftretenden Jouleschen Effekt.

An dieser Stelle sollte man auf die Existenz der «Wärmepumpe» hinweisen, deren Arbeitsweise wie bei den Kälte-

maschinen auf einem thermodynamischen Kreislauf beruht. Durch die Inbetriebnahme des Kompressors werden Wärmeinheiten vom Verdampfer (der mit dem Aussenraum in Verbindung steht) zum Kondensator geführt, von wo aus sie in den zu beheizenden Wohnraum geführt werden.

Dabei ist zu bemerken, dass die Menge der gelieferten elektrischen Energie, die vom Kompressor, von den Ventilatoren und den Hilfsaggregaten der Regelung benötigt wird, eindeutig niedriger ist als die Energiemenge, die nötig wäre, um durch die Joulesche Wirkung die Menge der Wärmeinheiten zu erzeugen, die vom Kondensator abgegeben wird.

Andererseits ist die Wärmepumpe reversibel und kann im Sommer zur Kühlung der Räume benötigt werden, indem man die Funktionen des Verdampfers und des Kondensators vertauscht.

Diese in Europa noch wenig verbreiteten Geräte erleben in den USA einen wachsenden Aufschwung.

2.4 Integrierte Systeme

Systeme für nicht nur ausschliessliche Beheizung. Sie sind im Gebäude integriert, um den Bewohnern einen höheren Komfort zu liefern. Wenn eine solche Integration Kompensierungen erreichen kann und die «free heats» (freie Wärme) besser berücksichtigt, kann sie sogar grössere Wirtschaftlichkeit zur Folge haben.

Dafür seien einige Beispiele erwähnt:

- Verbindung der Konvektor- oder Panelheizung mit der Belüftung (Wiederumlauf und Zufuhr von Frischluft);
- Kühlverfahren in Ergänzung zu Heizungsverfahren;
- Die schon erwähnten Wärmepumpen: Heizung, Kühlung, Belüftung;
- Einbeziehung der Beleuchtungs- und Sonneneinstrahlungswärme, Wiederverteilung der Wärme in die Räume in Abhängigkeit von der thermostatischen Regelung.

2.5 Regelung

Einer der Vorteile der Elektroheizung ist die Tatsache, dass sie sich leicht für eine genaue und individuelle Regelung anbietet (für jeden Raum oder jede Zone getrennt), was zu erhöhtem Komfort und grösserer Wirtschaftlichkeit führt.

Die meist-verwendete Regelung erfolgt über direkt in den Speisekreis geschaltete Thermostate, die die Arbeitsweise der Geräte vollkommen steuern.

Die einzubringende Leistung kann in Stufen oder stufenlos geändert werden.

Programmierte Systeme, die alle Sonderfälle berücksichtigen, können leicht erstellt und angewandt werden.

Mit Hilfe von über das Verteilernetz geschickten Tonfrequenzimpulsen lässt sich der Betrieb der Elektroheizgeräte fernsteuern. Diese Regelung bezieht sich hauptsächlich auf die Ladedauer der Speicherheizgeräte.

3. Von der Umfrage erfasste Anlagen

Folgende Länder haben positiv auf die Umfrage geantwortet: Deutschland, Belgien, Dänemark, Frankreich, Grossbritannien, Griechenland, Holland, Portugal, Schweden, Schweiz.

3.1 Deutschland

Die angegebene Anlage befindet sich in einem Wohnhaus mit 3 Wohnungen, das zu einem Komplex von 140 Sozialbauwohnungen im Raume Essen gehört.

Es handelt sich um ein Eckhaus mit 3 Aussenmauern, Erdgeschoss und 2 Stockwerken. Jedes Stockwerk hat 86,4 m² und setzt sich aus Diele, Wohnzimmer, zwei Schlafzimmern, Küche und Bad zusammen.

Die Heizung erfolgt in jedem Raum mit Ausnahme der mit Radiatoren von 2 kW direkt beheizten Badezimmer über dynamische Speicherheizgeräte.

Die Speicherheizleistung setzt sich wie folgt zusammen:

Erdgeschoss	12,5 kW
1. Stock	13,5 kW
2. Stock	14,5 kW
Insgesamt	40,5 kW

Die tägliche Aufladedauer dieser Geräte beträgt 11 Stunden (von 21 Uhr bis 6 Uhr und von 14 Uhr bis 16 Uhr).

Die Aussenmauern setzen sich aus 25 cm Leichtziegeln und einer 2,5 cm starken Isolierschicht zusammen, womit sich insgesamt ein k-Wert von 0,7 kcal/m² · h · °C ergibt. Küche und Schlafzimmer haben Einfachverglasung, die anderen Räume Doppelverglasung.

3.2 Belgien

Die über den Fragebogen erbetenen Mitteilungen wurden für eine grosse Anzahl von über das gesamte Land verstreute Anlagen gesammelt.

Unter den erfassten Gebäuden befinden sich:

- Einfamilienhäuser (Häuser oder Villen) von 70 bis 250 m² bewohnbarer Fläche;
- Wohngebäude mit 3 bis 19 Wohnungen.

In der Mehrheit der erfassten Fälle ist die Wärmedämmung sorgfältig durchgeführt: Der k-Wert der Aussenmauern liegt zwischen 0,3 und 0,5 kcal/m² · h · °C; Doppelverglasung bei allen Fenstern.

Unter diesen Anlagen befindet sich die Mehrzahl der verschiedenen Heizsysteme:

- Direktheizung mit zentraler Belüftung: Für zahlreiche der erwähnten Beispiele hat die installierte Leistung im allgemeinen eine Grössenordnung von 7 bis 12 kW/Wohnung bei einer Wohnfläche von 70...200 m²;
- Direktheizung ohne zentrale Belüftung: Für diese schwankt die installierte Leistung zwischen 8 und 17 kW bei den entsprechenden bewohnbaren Flächen;
- Fussbodenspeicherheizung (Heizkabel): insbesondere bei 3 Wohngebäuden mit jeweils 3, 4 und 12 Wohnungen mit installierten Leistungen von 22, 12,5 und 7,25 kW/Wohnung. Die Regelung erfolgt mittels Fernsteuerung über das Netz.
- Heizung über Speicherheizgeräte mit statischer oder dynamischer Wärmeabgabe: Bei den angegebenen Fällen handelt es sich um Einfamilienhäuser oder Wohnungen mit einer bewohnbaren Fläche von 70...110 m². Die installierten Leistungen schwanken zwischen 6...26 kW/Wohnung;
- Mischheizung: Speicherheizung und Direktheizung: Unter den angegebenen Beispielen befinden sich einerseits Anlagen, in denen in erster Linie die reine Speicherheizung verwendet wird, wo aber ein Radiator von 2 kW für die Direktheizung vorgesehen wurde; auf der anderen Seite gibt es Anlagen mit wirklicher Mischheizung mit Leistungen die zwischen 30 % direkt und 70 % Speicherung bis 60 % direkt/40 % Speicherung schwanken.

Hierbei ist zu bemerken, dass sich die meisten der angegebenen Wohnungen in die Gruppe von Wohnungen mit 70 bis 130 m² bewohnbarer Fläche eingliedern lassen und andererseits aber auch Beispiele wesentlicher umfangreicherer Wohnungen existieren: Villen mit 18 Räumen, Häuser mit 350...500 m², in denen die installierten Gesamtleistungen Grössenordnung von 35...60 kW erreichen.

Dabei ist zu bemerken, dass die Einschaltdauer der Speicherheizgeräte in Belgien im allgemeinen 8 Stunden/Tag beträgt; einige Werke gewährten ausserdem eine Nachladung in den Mittagsstunden.

Was die Steuerung anbetrifft, so kommen alle Systeme vor, wobei die Einzelraumsteuerung ohne Wetterfühler die häufigste ist. Es sei darauf hingewiesen, dass ein Werk seinen Kunden die Fernsteuerung der Speicherheizgeräte über eine Netzkommandoanlage anbietet. In diesem Falle wird die Einschaltdauer in Abhängigkeit von der Aussentemperatur gesteuert.

3.3 Dänemark

Es werden vier Anlagen beschrieben, die sich in Vororten Kopenhagens befinden. Es handelt sich um Einfamilienhäuser oder Bungalows mit 90...210 m² Wohnfläche. Zwei Wohnungen besitzen Deckenstrahlungsheizung, eine andere hat Direktheizung mit zentraler Belüftung. Bei dem vierten angegebenen Beispiel handelt es sich um eine mit einer 5 PS-Wärmepumpe ausgestattete Villa, wobei der Boden als Kältequelle und die durchgedrückte Luft als Wärmeträger dient. Im allgemeinen ist die Wärmedämmung sehr sorgfältig. Häufig wurde Dreifachverglasung vorgesehen.

3.4 Frankreich

Bei der französischen Antwort handelt es sich um fünf Anlagen, die wegen ihrer neuheitlichen und originellen Eigenschaften ausgewählt wurden.

Es handelt sich dabei um:

- einen Block von 18 mit Fussbodenspeicherheizung beheizte Wohnungen in der Pariser Gegend. Das zu beheizende Volumen beträgt bei sorgfältiger Wärmedämmung und Doppelverglasung 4000 m³, installierte Gesamtleistung 170 kW;
- ein Bürogebäude mit 3200 m², dessen Grundheizung über Wandspeicherheizung und die Lieferung der Spitzenwärme über Direkt-Fensterheizung erfolgt, ebenfalls in der Pariser Gegend. Ausserdem wird die Vorhalle dieses Gebäudes mit Warmluft beheizt.

Installierte Leistung:

Speicherteil	200 kW
Heizscheiben	100 kW
Warmluft	25 kW

- eine Kirche in Valognes mit einer Oberfläche von 900 m² und einer intermittierenden Fussbodenheizung. Die installierte Leistung von 180 kW ist zeitgesteuert;
- ein Wohngebäude in Alfortville mit 42 Wohnungen und Geschäftsräumen im Erdgeschoss. Blockspeicherheizung von 600 kW auf trockenem Weg und Wärmeverteilung durch einen Warmwasserkreislauf. Die Regelung erfolgt zentral;
- ein Wohnhaus in Cannes mit 278 Luxusappartements mit direkter Niedertemperatur-Strahlungsheizung (Infrarot-

strahler). Installierte Leistung 1300 kW für eine Gesamtoberfläche von 23 500 m².

3.5 Grossbritannien

Die Antwort Grossbritanniens enthält Angaben über eine Anlage in Nordschottland, 4 Anlagen in Südschottland und 8 Anlagen in England. In den meisten Fällen erfolgt die Heizung mit «Ausser-Spitzen»-Fussboden- oder Einzelgeräte-Speicherheizung. Die Aufladedauer beträgt immer mehr als 12 Stunden. Im Wohnzimmer ist im allgemeinen zum gelegentlichen Gebrauch ein Radiator für Direktheizung vorgesehen.

Unter den vier mit Speicherheizgeräten ausgestatteten Anlagen befinden sich drei mit einer Blockspeicherheizung pro Wohnung; die Wärmeverteilung erfolgt über Warmluft.

Eines der erwähnten Einfamilienhäuser ist mit einer Mischheizung vorgesehen: 9,5 kW Direktheizung in den Schlafzimmern und 7,5 kW Speicherheizung in den anderen Räumen.

Die Beschreibungen der verschiedenen Anlagen lassen je nach Niveau des Wohngebäudes verschiedene Konzeptionen erkennen. Wenn in den Wohnungen von gehobenem Niveau die Elektroinstallation, die Heizungsanlage und die Wärmedämmung im allgemeinen grosszügig geplant sind, so gilt das nicht für die Wohnungen des sozialen Wohnungsbaus. Bei diesen Gebäuden, in den meisten Fällen Wohnungen, wird der Komfort häufig der Minimierung der Investierungskosten geopfert. Die Wärmedämmung beschränkt sich im allgemeinen auf eine unter dem Dach angebrachte Schicht Glaswolle; die Innentemperaturen für die Wärmebedarfsberechnung betragen ungefähr 15 °C.

Schliesslich wollen wir ein Schulgebäude mit einer beheizten Fläche von 7432 m², die sich über vier Stockwerke erstreckt, erwähnen, wobei die Beheizung über eine Fussbodenspeicherheizung von 736 kW erfolgt, die durch Speicherheizgeräte mit 23,5 kW und 36 kW «Ausser-Spitzen»-Wandheizung ergänzt werden.

3.6 Griechenland

Griechenland gibt als Beispiel eine Elektro-Vollheizung eines 130 m²-Appartements, das durch Einzelspeichergeräte mit statischer Entladung (12 kW) beheizt wird. Die Einschalt-dauer beträgt 9 Stunden. Das Gebäude ist nicht besonders wärmedämmend; der k-Wert beträgt 1,7 kcal/m² · h · °C.

3.7 Niederlande

Bei den 12 von den Niederlanden angegebenen Beispielen handelt es sich um Einfamilienhäuser oder Wohnungen von 80 bis 250 m² bewohnbarer Fläche, die mit Direktheizung und zentraler Luftzuführung (1 Fall), Direktheizung ohne zentrale Luftzuführung (5 Fälle) oder Direktheizung und Speicherheizung verschiedener Typen ausgestattet sind.

Eine Reihe der erwähnten Wohnungen sind mit Niedertemperatur-Strahlungspaneelen versehen.

Wir möchten bemerken, dass in vielen Fällen ein einziger ortsveränderlicher Konvektor die Beheizung mehrerer Räume vornimmt. Das ist bei einem Wohnblock von 49 Wohnungen der Fall, wo die Wohnzimmer mit dynamischen Speicherheizgeräten beheizt werden, wogegen ein ortsveränderlicher Konvektor von 2 kW dazu dient, alle Schlafzimmer und die Diele zu beheizen.

3.8 Portugal

Portugal gibt als Beispiel eine Anlage mit elektrischer Direkt-Vollheizung über Konvektoren ohne Zwangsbelüftung an. Es handelt sich um ein Einfamilienhaus mit einer Wohnfläche von 230 m² und sehr hohem Standard. Die installierte Gesamtleistung beträgt 18 kW. Unter Berücksichtigung des milden Klimas in diesem Lande wird die Heizung des Nachts abgestellt.

3.9 Schweden

Die schwedische Antwort enthält Angaben über 7 Anlagen, die sich von der Südküste bei 55 Grad geographischer Breite bis zum Norden des Landes bei ca. 65 Grad geographischer Breite erstrecken. Bei diesen sieben Fällen handelt es sich um Einfamilienhäuser — Reihenhäuser oder Villen — mit einer Wohnfläche von 85 bis 160 m², mit sehr guter Wärmedämmung (der k-Wert liegt in der Grössenordnung von 0,25 kcal/m² · h · °C für die Mauern; Doppel- oder Dreifachverglasung).

In einem einzigen Beispiel wurden Speicherheizgeräte verwendet. In den anderen Fällen handelt es sich um Direktheizung über Konvektoren oder Strahlungspaneel mit mittlerer oder niedriger Temperatur. Die installierten Leistungen haben pro Wohnung eine Grössenordnung von 5...12 kW.

Bei den Direktheizungen erfolgt die Regelung im allgemeinen für jeden Raum einzeln. Es ist zu bemerken, dass bei einem der erwähnten Beispiele (es handelt sich um eine Gruppe von 58 Villen in Skanör) eine einzige Steuerung gestattet, die an allen Thermostaten der Villa eingestellte Temperatur während der Nacht um 4° zu senken.

3.10 Schweiz

Bei den vier von der Schweiz angegebenen Anlagen handelt es sich um Heizungsanlagen in Wohnräumen:

- Speicherheizgeräte (Beheizung eines einzigen Raumes);
- Niedertemperatur-Strahlungspaneel;
- Speicherheizgeräte und Konvektoren ohne Frischluftzufuhr;
- Warmwasser-Zentralheizung mit Versorgung über einen elektrischen Durchlauferhitzer.

Bei dem letzten Fall handelt es sich um ein Einfamilien-Reihenhaus, das neben 7 Zimmern eine Küche, Badezimmer und Keller enthält und ein Gesamtvolumen von 570 m³ hat.

Die installierte Leistung beträgt 30 kW. Hierbei gibt es keine besondere Wärmedämmung. Über einen Wetterfühler erfolgt die zentrale Regelung.

4. Faktoren, die den internationalen Vergleich beeinflussen

4.1 Installierte Leistung

Die installierte Heizleistung muss ausreichend sein, um zu jedem Augenblick, besonders unter unwirtschaftlichen klimatischen Umständen, folgendes ausgleichen:

- die Transmissions-Wärmeverluste durch die Mauern;
- die Lüftungs-Wärmeverluste (natürlich oder erzwungen).

Ausserdem muss eine Anlage im Falle von zeitlich begrenzter Wärmeerzeugung (intermittierende Heizung oder Speicherheizung) die Wärmemenge für die mehr oder weniger schnelle Aufheizung des Gebäudes oder der Speichergeräte liefern können.

Die sehr zahlreichen Faktoren und Parameter, die explizit oder implizit in die Berechnung der zu installierenden Lei-

stung eingreifen, können sich auf Faktoren ausdehnen, die verbunden sind mit:

- a) den gewünschten Komfortbedingungen;
- b) den konstruktiven Eigenschaften des Gebäudes;
- c) den klimatischen Bedingungen;
- d) der Funktionsweise der Anlage.

4.1.1 Gewünschte Komfortbedingungen

Der Grad des gewünschten Wärmekomforts, der sich durch die Werte der Luft-Innentemperatur, der mittleren Wandtemperatur, den Luftwechselraten usw. ausdrückt, wird die in jedem Raum zu installierende Leistung stark beeinflussen. Global gesagt wird man für die gesamte Wohnung die Verteilung der gewünschten Temperaturen gemäss der Bestimmung der einzelnen Räume in Rechnung ziehen müssen. Wenn die Untersuchung eine gewisse Gleichmässigkeit bezüglich des gewünschten Innentemperaturniveaus im Wohnzimmer (20 bis 22 °C) erkennen lässt, so gilt das nicht für die anderen Räume, bei denen die Nenntemperatur zwischen 20 und 10⁰ schwankt.

4.1.2 Konstruktive Eigenschaften des Gebäudes

Unter den konstruktiven Eigenschaften des Gebäudes können wir Parameter aufzählen, die verbunden sind mit:

- a) dem Aufbau der Wände: Wärmedurchgangszahl der verschiedenen Bauteile der Wand und der Oberflächen dieser Bauteile;
- b) der Geometrie des Gebäudes: Verhältnis Oberfläche zu Volumen, Verhältnis von Glasflächen zu Mauerflächen, Art und Einfluss der Dächer, Einfluss der Innenwände usw.;
- c) der Umgebung: die sich anschliessenden Räume oder Gebäude sind beheizt oder nicht, Anzahl der Aussenwände;
- d) der Richtung und Lage.

Für einen ersten groben Vergleich liefern die k-Werte der Aussenmauern und Fenster nützliche Angaben. So können wir aus den erhaltenen Antworten folgende für Elektroheizungsanlagen angewandte Werte entziehen (Tabelle I):

Tabelle I

	k-Wert kcal/m ² · h · °C	
	Mauern	Fenster
Deutschland	0,5...1,0	2,5
Belgien	0,3...0,8	2,7...3,1
Dänemark	0,2...0,3	1,8...3,0
Frankreich	1,5	4,5 ¹⁾
Grossbritannien	0,8...1,3	—
Griechenland	1,7	—
Niederlande	0,4...1,7	2,7...7
Schweden	0,23...0,36	1,6...2,5

¹⁾ Speicherheizungsanlage.

Es sei daran erinnert, dass diese Werte, aus den Beispielen, die in Beantwortung der Umfrage gegeben wurden, nicht nötigerweise die optimalen Werte für die betrachteten Fälle darstellen. Dennoch wird man eindeutig die Tendenz bezüglich der Wahl der Wärmedämmung feststellen, die um so besser wird, je rauher das Klima ist:

Einfachverglasung (k-Wert in der Grössenordnung von 5...7) und *nichtwärmegeämmte* Mauern (k-Wert in der Grössenordnung von 1...2) in südlichen Ländern;

Doppelverglasung (k-Wert ungefähr 3) und *mittelmässig wärmegeämmte* Mauern (k-Wert von 0,5...1) in Deutsch-

land, Belgien, Frankreich, Grossbritannien und den Niederlanden.

Dreifach-Verglasung (k-Wert in der Grössenordnung von 1,6...1,8) und *stark wärmegeämmte* Mauern (k-Wert von 0,2...0,3) in den skandinavischen Ländern.

4.1.3 Klimatische Bedingungen

Die klimatischen Bedingungen werden in erster Linie wie folgt charakterisiert:

- durch die niedrigste mittlere Aussentemperatur;
- durch die Windgeschwindigkeit oder Windhäufigkeit;
- durch die Niederschläge;
- durch die Anzahl der Stunden mit Sonneneinstrahlung.

Wenn die ersten drei Faktoren direkt die Bedeutung der maximalen Verluste bestimmen, spielt der letzte Parameter wegen seines günstigen, aber unregelmässigen Einflusses nur bei der Abschätzung des Verbrauchs eine Rolle und nicht im allgemeinen bei der Leistungsberechnung. Die erhaltenen Einzelangaben gestatten kaum, gültige Allgemeinvergleiche zu ziehen, nur in dem Fall, wo es sich um die Aussentemperaturen handelt, die bei der Dimensionierung der Anlagen berücksichtigt werden müssen:

	°C
Deutschland	—12...—18
Belgien	—10...—15
Dänemark	—12
Frankreich	— 4...—12
Grossbritannien	0...— 3
Niederlande	—10...—12
Schweden	—12...—23

4.1.4 Betriebsweise der Anlage

Die Höhe der installierten Leistung wird durch die Dauer eventueller Unterbrechungen oder Heizungseinschränkungen und durch die gewünschte Schnelligkeit bei der Wiederaufheizung beeinflusst.

Insbesondere wird im Falle der Speicherheizung das Verhältnis zwischen installierter Leistung und den stündlichen maximalen Wärmeverlusten direkt von der Abschaltedauer der Geräte abhängen. Die Zahl der im Verlauf der Untersuchung erhaltenen Angaben gestattet es nicht, genaue Zusammenhänge zu erkennen.

4.2 Verbrauch

Der Jahresverbrauch einer Heizungsanlage wird von verschiedenen Punkten abhängen, die verbunden sind mit

- a) den klimatischen Bedingungen:
 - Entwicklung der Aussentemperatur;
 - Sonneneinstrahlung;
 - Art und Weise der Winde und Niederschläge.
- b) der Benutzungsweise:
 - Regelung der Thermostaten (Bestimmung der Innentemperatur) während der Heizperiode;
 - freie Wärme infolge von Bewohnung ¹⁾).
- c) den Eigenschaften der Anlage:
 - stündliche Wärmeverluste, bezogen auf eine einheitliche Temperaturdifferenz;
 - Genauigkeitsgrad der Regeleinrichtung.

¹⁾ Diese freie Wärme resultiert aus der Anwesenheit von Menschen, der Beleuchtung, der Anwendung von Elektrogeräten usw. Sie bildet mit der Wärme durch Sonneneinstrahlung die «free heats» oder freie Wärmemengen, die von der zu liefernden Gesamt-Wärmemenge abzuziehen ist, da die Regelorgane diese berücksichtigen, indem sie schnell und mit genügender Genauigkeit arbeiten.

Die Entwicklung der Aussentemperatur wird durch den Begriff der Gradtage charakterisiert, der das Integral der Differenz zwischen Ausgangs-Innentemperatur und der täglichen mittleren Aussentemperatur über die Heizperiode darstellt. Um schliesslich in gewissem Masse die freie Wärme, die aus der Sonneneinstrahlung und der Bewohnung resultiert, in Rechnung zu ziehen, erfolgt die Berechnung der Gradtage wie folgt:

- unter Zugrundelegung einer fiktiven Ausgangs-Innentemperatur (T_i), die niedriger ist als die wirklichen Temperaturen;
- indem man nur die Tage zählt, wo die mittlere Aussentemperatur niedriger geblieben ist (eventuell während einer gewissen Anzahl von Tagen) als eine Bezugs-Aussentemperatur T_e (Aussentemperatur, von der ab die Heizungsanlage arbeitet).

Tabelle II

	Bezugstemperaturen für die Berechnung der Gradtage	
	T_i (°C)	T_e (°C)
Deutschland	19	12
Belgien	15	15
Dänemark	17	17
Frankreich	15	15
Grossbritannien	15,6	15,6
Griechenland	18	18
Niederlande	17	17
Portugal	15	15
Schweden ¹⁾	17	17

¹⁾ In Schweden verwendet man ausserdem Gradtage, die auf der Basis 20/20 berechnet sind, wenn die «free heats» getrennt aufgeführt sind.

Die gewählten Bezugs-Innen- und Aussentemperaturen schwanken sehr stark von einem Land zum andern.

Die genaue Umrechnung der Gradtage von einer Grundlage auf eine andere erfordert die Kenntnis der Kurve der Temperaturentwicklung und die Durchführung von ziemlich langwierigen numerischen Berechnungen.

Informationshalber zeigt eine vergleichende Tabelle die mittleren Gradtage von einigen Ländern, die annähernd auf die Basis 15/15 umgerechnet worden sind (Tabelle III).

Tabelle III

Portugal (Lissabon)	400
Griechenland (Athen)	900
Frankreich	1000...2500
Grossbritannien	1800...3500
Belgien	2000...2300
Deutschland	2000...3000
Niederlande	2300...2800
Dänemark	2600
Schweden	2600...6000

Dabei ist zu bemerken, dass sich insbesondere infolge von örtlichen Gegebenheiten (Höhe, Windangriff usw.) erhebliche Differenzen bezüglich der Mittelwerte ergeben können.

5. Installierte Leistungen und Verbräuche von Elektro-Vollheizungsanlagen

Bei der Analyse aller auf dem Fragebogen erhaltenen Antworten stellt man fest, dass die Leistungen für die Wohnraumbeheizung von einem Land zum anderen verhältnismässig wenig schwanken. Die unten angegebene Tabelle IV, bei der sich die Leistung auf den beheizten Rauminhalt bezieht, gibt einen Überblick darüber.

Heizungsart	Zahl der Fälle	Installierte Leistung pro beheizte Raumeinheit (kW pro 100 m ³)		
		Minimum	Mittel	Maximum
Direkt mit zentraler Belüftung	26	2,4	3,1	5,0
Direkt ohne Belüftung	22	2,1	4,0	6,6
Speicherung	11	3,6	6,1	8,3
Mischheizung (Speicher- und Direktheizung)	16	2,7	6,2	10,4

Diese Tabelle ist mit den aus neun verschiedenen Ländern erhaltenen Angaben über Anlagen zusammengestellt worden, deren Wärmedämmgrad unter Kapitel 4 angegeben ist. Wir möchten bemerken, dass zwei belgische Anlagen in nichtwärmegedämmten Gebäuden für Mischheizung zu Leistungen von 12,3 und 17,7 kW/100 m³ führen.

Wenn die Differenzen zwischen den Maximal- und Minimalwerten beträchtlich erscheinen, so sollte das nicht erstaunlich sein. Mehrere Faktoren, wie die mehr oder weniger gute Wärmedämmung, die in der Wärmeverlustrechnung berücksichtigten Temperaturdifferenzen, die geschützte oder freie Lage der Wohnung, die Bauweise (Villa, Wohnung usw.), der Sicherheitszuschlag seitens des Planers, die Nennleistungen der auf dem Markt erhältlichen Geräte und viele andere mehr rechtfertigen voll und ganz diese Differenzen.

Die beschränkte Anzahl der betrachteten Beispiele gestattete nicht, weitergehende Zusammenhänge zu erfassen, für die man einige bestimmte von diesen Faktoren in Rechnung ziehen müsste.

Die zahlreichsten Angaben kommen aus Belgien (mehr als die Hälfte der Fälle); es scheint jedoch, dass sich alle Länder in die gleiche Reihe einheitlicher Leistungen eingruppierten. Als Beispiel wollen wir sieben schwedische Anlagen mit Direktheizung ohne Zwangsbelüftung erwähnen, mit 2,8...4,6 kW/100 m³, wobei die viel niedrigere Aussentemperatur durch eine stärkere Wärmedämmung ausgeglichen wird.

Was die Verbräuche betrifft, sind Schlussfolgerungen noch schwieriger.

Es zeigte sich, dass

- a) die Verbräuche für Heizzwecke selten getrennt gemessen werden;
- b) die Heizperiode nicht genügend präzisiert wird;
- c) Vergleiche eine strikte Umrechnung der Gradtage verlangen, was die Kenntnis der täglichen Entwicklung der Aussentemperaturen erfordert;
- d) die Betriebsweise (Entwicklung der Innentemperatur) präzisiert, wenn nicht sogar gemessen werden muss;
- e) der Einfluss der Bauaustrocknung während der ersten Heizperiode (wo beträchtliche Überverbräuche entstehen können) berücksichtigt werden müsste.

Wenn man von einer grösseren Anzahl von Anlagen diese Angaben hätte, wäre es vielleicht möglich, Schlussfolgerungen statistischer Art zu ziehen, welche die mehr oder weniger grosse Rückwirkung der verschiedenen Faktoren auf die Verbräuche zeigen könnte. Dies könnte eine der zukünftigen Aufgaben der Arbeitsgruppe sein.

Adresse der Autoren:

L. Gillain, Direktor der Sociétés Réunies d'Énergie du Bassin de l'Escaut Brüssel.
G. Van Dijck, Direktor der Union des Exploitations Electriques en Belgique, Brüssel.