

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 69 (1991)

Heft: 8

Artikel: Kühlung neuer Telekommunikationsanlagen

Autor: Herrmann, Ulrich / Singy, Dominique

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876300>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

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

Kühlung neuer Telekommunikationsanlagen

Ulrich HERRMANN und Dominique SINGY, Bern

1 Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojektes EVENT (Energieversorgung und -entsorgung neuer Telekommunikationsanlagen) wurde untersucht, wo bei neuen Telekommunikationsanlagen – besonders im Bereich der Kühlung – Energie-, Erstellungs- und Unterhaltskosten verringert werden können. Für konkrete Berechnungen und Messungen wurden wegen des PTT-spezifischen Charakters und der grossen wirtschaftlichen Bedeutung vor allem Telefonzentralen berücksichtigt.

Die Kühlung mittlerer und grösserer Zentralen mit mehr als 3000 Teilnehmeranschlüssen ist selbst bei unbeanntem Betrieb nötig, da sonst die elektronischen Einrichtungen übermässig erwärmt werden und als Folge davon Ausfälle elektronischer Komponenten und Funktionsstörungen häufiger auftreten.

Die Kühlung dient dazu, die Wärme vom Entstehungsort (meist in Halbleiterbauelementen, aber auch in ohmschen Widerständen, magnetischen Materialien usw.) an die Umgebung (Aussenluft, Wasser, Boden) zu übertragen. Meist wird Kühlluft entweder mit natürlicher Konvektion (schwerkraftgetrieben) oder mit Zwangsbelüftung (Ventilator) den Leiterplatten entlang geführt, wo sie deren Abwärme übernimmt. Die zirkulierende Kühlluft ihrerseits wird durch eine Klimaanlage (bei Aussentemperaturen über etwa 10 °C mit Kompressionskühlmaschinen, sonst über Wärmeaustauscher) auf die erforderliche Temperatur (typisch 20 °C) abgekühlt.

Es stellt sich die Frage, ob Klimaanlage überhaupt erforderlich sind, wenn man bedenkt, dass im schweizerischen Mittelland (z. B. in Bern) die Aussentemperatur während 92 % des Jahres unter 20 °C liegt und dadurch direkt die Aussenluft als Kühlluft verwendet werden könnte. Da gemäss der CEPT-Norm TR 02-12 die elektronischen Ausrüstungen bis zu einer Umgebungstemperatur von 40 °C arbeiten sollen, ist eine Kühllufttemperatur von 33 °C – entsprechend der höchsten vorkommenden Aussentemperatur – erlaubt und damit ganzjährige Kühlung mit Aussenluft im Prinzip möglich.

Um die Auswirkung von Veränderungen thermisch oder energetisch wichtiger Parameter quantitativ zu berechnen, wurde ein auf Digitalrechnern berechenbares Modell für das thermische Verhalten von Gebäuden (Telefonzentralen) erstellt.

2 Thermisches Modell einer Telefonzentrale

Die Berechnung eines Gebäudes mit Hunderten von thermisch bedeutenden Komponenten und zeitlich veränderlichen Umgebungsbedingungen erfordert den Einsatz von Computern, um den erheblichen numerischen Aufwand (einige Milliarden bis einige Billionen Multiplikationen und Divisionen) zu bewältigen.

Die thermischen Eigenschaften eines Gegenstandes, z. B. eines Gebäudes, können berechnet werden, wenn dieser in n kleine Elemente mit der Wärmekapazität C_i ($i=1\dots n$) zerlegt wird und jedes der Elemente (i) jeweils durch einen thermischen Widerstand $R_{i,k}$ ($i=1\dots n$) mit den Nachbarelementen (k) verbunden wird. Die Verbindungsstellen zweier oder mehrerer Elemente werden als Knoten bezeichnet. Hat man diese Zerlegung einmal durchgeführt, kann man mit den vorgegebenen Rand- und Anfangsbedingungen eine Lösung d.h. eine zeitabhängige Temperatur in jedem Knoten berechnen. Raumthermostaten, gesteuerte Lüftungen, Kühlaggregate usw. können durch temperatur- oder leistungsgesteuerte Leistungsquellen bzw. temperatur- oder leistungsgesteuerte Temperaturquellen berücksichtigt werden. Um die Zahl (n) der Elemente zu verkleinern, werden viele Vereinfachungen eingeführt. So können in Gebäuden homogene Betonwände, die bloss kleine Temperaturdifferenzen aufweisen, mit hinreichender Genauigkeit mit einem einzigen Element, bestehend aus einer Wärmekapazität und je einem Wärmewiderstand zur Aussen- und zur Innenseite modelliert werden, da kaum Wärmefluss parallel der Betonwand vorliegt. In *Figur 1* ist als Beispiel das thermische Modell eines Vermittlungstechnik-Betriebsraumes in einer Telefonzentrale dargestellt.

Die effektive Berechnung des thermischen Verhaltens eines Gebäudes ist im Flussdiagramm (*Fig. 2*) dargestellt. Im ersten Schritt wird ein Netzwerk aus Wärmeleitwiderständen, Wärmekapazitäten, Leistungsquellen und Temperaturquellen erstellt, das in thermischer Hinsicht dem Gebäude mit seinen Klimaanlage entspricht. Die dazu nötigen Eingaben sind die Abmessungen, die thermischen Eigenschaften der verwendeten Bauelemente (Wärmeleitfähigkeit und -kapazität, Reflexions- und Emissionsfaktoren) sowie deren räumliche Anordnung (welches Bauelement mit welchem Nachbarelement verbunden ist). Im zweiten Schritt werden die Anfangsbedingungen für die Zeit $t_0 = 0$ festgelegt (d. h.,

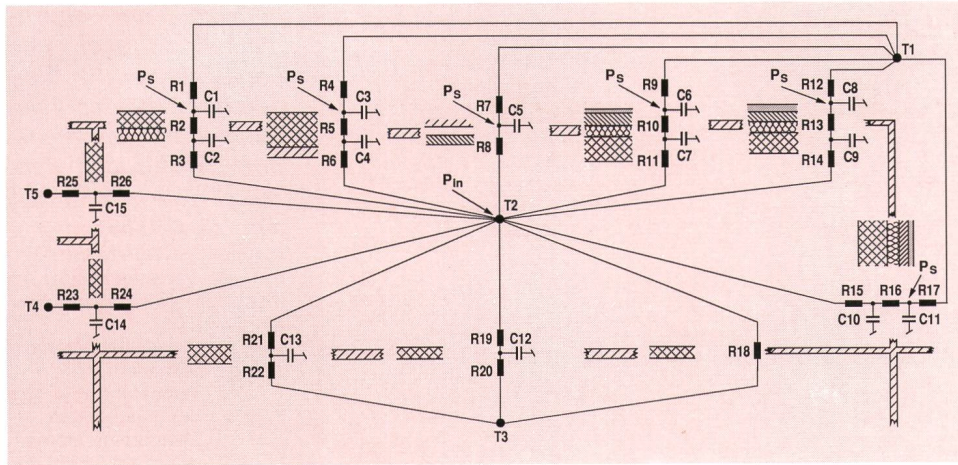


Fig. 1 Thermisches Modell des Betriebsraumes der Vermittlungstechnik der Telefonzentrale Birmensdorf ZH

Eingezeichnet sind die horizontalen Wärmeleitwiderstände und die Wärmekapazitäten zwischen diesem Raum mit der Temperatur T_2 und den Nachbarräumen mit den Temperaturen T_3 , T_4 , und T_5 sowie der Aussenluft mit der Temperatur T_1 . Die Pfeile zeigen die Knoten des thermischen Modells, wo die Sonnenenergie P_s und die Abwärme der elektronischen Einrichtungen P_{in} zugeführt werden.

alle Temperaturen an allen Knoten werden vorgegeben). Im dritten Schritt werden die Randbedingungen berücksichtigt, indem diese als Leistungs- oder Temperaturquellen in das Netzwerk eingefügt werden. Die Randbedingungen sind z. B. die Sonneneinstrahlung auf Wände, die Grundwassertemperatur und die Aussentemperatur. Im vierten Schritt wird für die Zeit $t = t_0 + \Delta t$ die Lösung des Netzwerkes berechnet. Anschliessend werden mit dieser Lösung als neue Anfangsbedingung die Schritte 3 und 4 m mal wiederholt. Damit erhält man den thermischen Zustand des Gebäudes für die Zeitpunkte 0, Δt , $2 \Delta t$, ..., $m \Delta t$.

Ein beliebig komplexes thermisches Netzwerk kann mit entsprechendem numerischen Aufwand mit jeder gewünschten Genauigkeit berechnet werden. Vereinfachungen des Netzwerkes (d.h., die Zahl n wird verkleinert) sind jedoch erforderlich, um den Arbeitszeitaufwand bei der Modellierung zu reduzieren. Diese Vereinfachungen verursachen Abweichungen der Berechnung von der Wirklichkeit. Um die angewendeten Vereinfachungsregeln zu überprüfen, wurde eine Zentrale über ein Jahr mit etwa 50 Sensoren ausgemessen und gleichzeitig mit zwei verschiedenen Modellen (etwa 300 bzw. 25 Knoten) berechnet. Die Messungen und die Simulationsresultate wurden verglichen und erlauben den Schluss, dass die Modellrechnung gut mit den Messwerten übereinstimmt und dass für die meisten Fälle eine Knotenzahl von etwa 25 ausreicht. In Figur 3 ist ein Vergleich der Mess- und der Simulationsresultate dargestellt.

3 Zeitliches thermisches Verhalten einer Telefonzentrale beim Ausfall der Kühlung

Telefonzentralen sind mit Akkumulatorbatterien und grosse Anlagen zusätzlich mit Dieselgeneratoren gegen Netzausfälle gesichert. Da mit Kompressionskühlmaschinen bestückte Klimaanlage wegen des grossen Energiebedarfs nicht von den Batterien gespeist werden, wird bei Netzausfall in Anlagen ohne Dieselgenerator die Temperatur, abhängig von der Verlustleistung, mehr oder weniger rasch ansteigen. Der berechnete Raumlufttemperaturverlauf in einer Zentrale des Typs D4 (bis 16 000 Teilnehmeranschlüsse) ist für drei verschie-

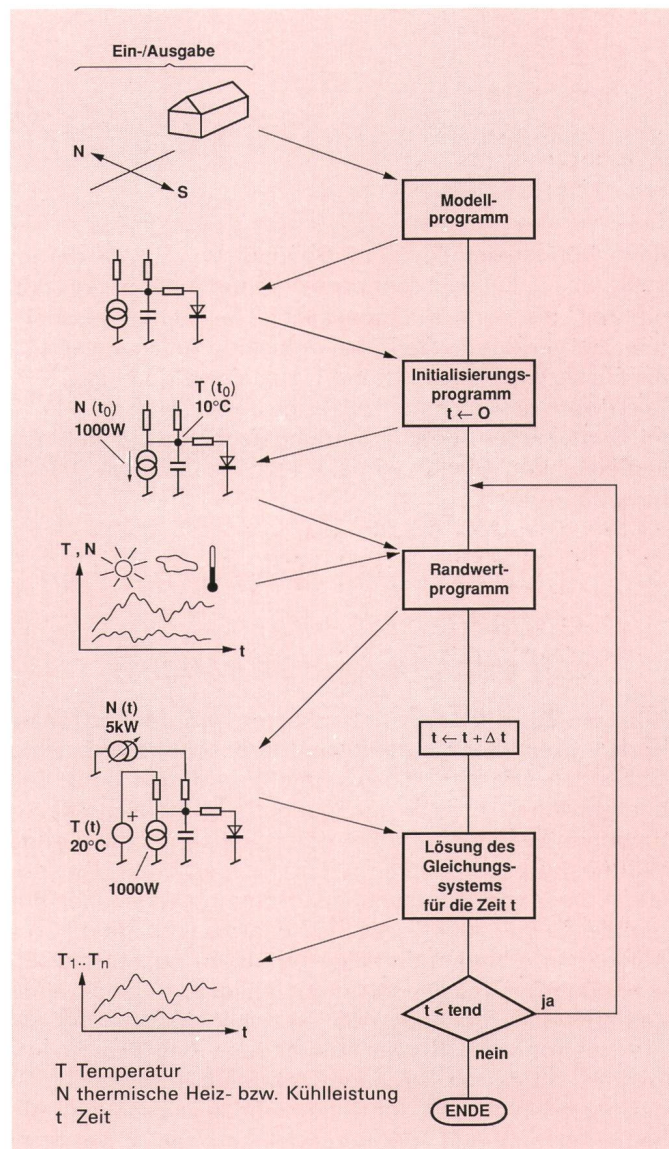


Fig. 2 Flussdiagramm zur Berechnung des thermischen Verhaltens eines Gebäudes im Zeitraum von $t = 0$ bis $t = t_{end}$

Links ist jeweils die physikalisch/logische Bedeutung der Eingabe symbolisch dargestellt; z.B. besteht die Eingabe für das Modellprogramm aus den physikalischen Abmessungen, der Materialart, der Topologie, den Heizungs-, Klima-, und Lüftungsanlagen des zu berechnenden Gebäudes. Die Ausgabe des Modellprogrammes ist ein Netzwerk, das thermisch dem Gebäude entspricht (ohne Rand- und Anfangsbedingungen).

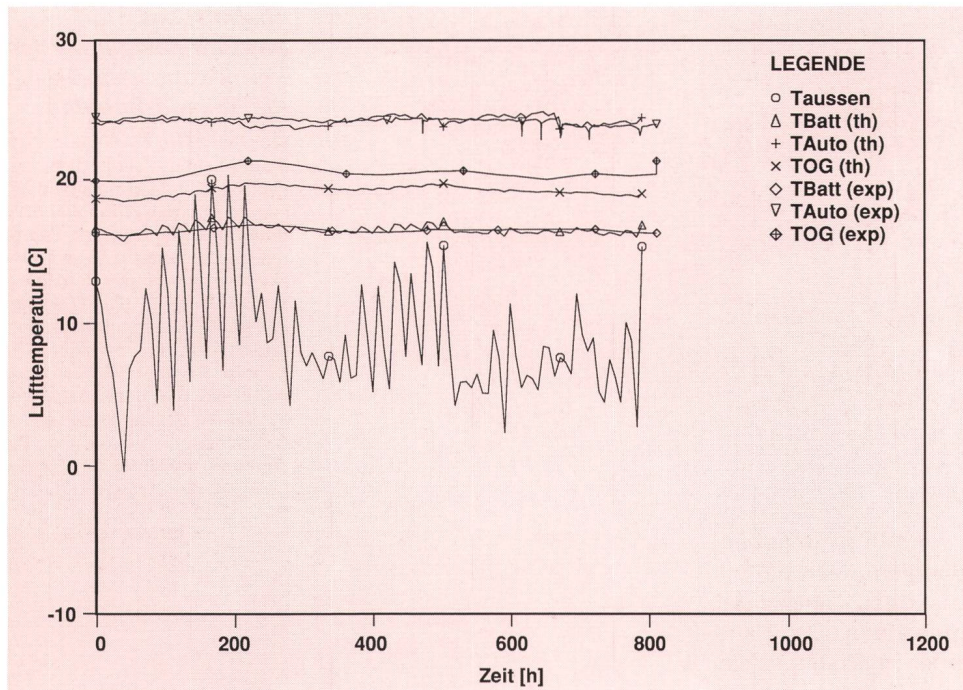


Fig. 3 Vergleich der experimentellen (exp) und berechneten (th) Temperaturen in der Telefonzentrale Birmensdorf ZH für den Zeitraum vom 22. 3. 1989 zum 25. 4. 1989

Die geringen Differenzen können auf Vereinfachungen im thermischen Modell zurückgeführt werden

Taussen Aussentemperatur
TBatt Batterieraumtemperatur
TAuto Automatenraumtemperatur (Temperatur im Betriebsraum der Vermittlungstechnik)
TOG Obergeschoss-temperatur

dene Verlustleistungen im Gebäude in *Figur 4* dargestellt. Es ist zu beachten, dass die Interventionszeit, d.h. die Zeit, die beim Kühlausfall für Gegenmassnahmen zur Verfügung steht, bei grösseren Anlagen verhältnismässig kurz ist und eine Notkühlung durchaus hilfreich wäre. Die maximal zulässige Temperatur von 40 °C im Betriebsraum der Vermittlungstechnik wird bei Verlustleistungen von 10, 20 bzw. 40 kW nach etwa 100, 20 bzw. 2 h erreicht.

4 Auswirkungen der thermischen Gebäudeisolation auf den Energieverbrauch

Mit dem Ziel, Heizenergie zu sparen, wurden kantonale Vorschriften über die minimale thermische Isolation von Gebäuden erlassen, die bei Telefonzentralen gerade in energetischer Hinsicht ungünstig sind. Ungleich der Situation in Wohnbauten fällt dort nämlich überschüssige Wärmeenergie an, die abgeführt werden muss. Die Isolation muss vom energetischen Standpunkt gesehen nur gerade so gut sein, dass der Energieaufwand für die Kühlung im Sommer und die Heizung im Winter minimal wird. Dabei muss der mit dem zeitlichen Ausbau einer Zentrale einhergehende Anstieg der Verlustleistung berücksichtigt werden. Die Minimierung des Energieaufwandes würde bei grösseren Zentralen im allgemeinen geringere Isolationen der Gebäudehülle erfordern als die heute verwendeten (Wärmedurchgangszahl k von etwa $0,5 \text{ W}/[\text{K} \cdot \text{m}^2]$). Da aber wegen der höheren Lebensdauer der Gebäudehülle (etwa 70 Jahre) gegenüber den elektronischen Ausrüstungen (etwa 20 Jahre) Unsicherheit in bezug auf den Energieverbrauch künftiger Vermittlungselektronik besteht und Nachisolationen nicht einfach und billig sind, sollte die Isolation eher besser sein als dem Energieverbrauchsminimum entsprechend. Da der Einfluss der thermischen Isolation auf den Energieverbrauch einer Zentrale nicht gerade dramatisch ist

(*Fig. 5*), kann man einen k -Wert akzeptieren, der den gegenwärtig geltenden Bauvorschriften genügt und damit eine energetisch nicht optimale Lösung in Kauf nehmen.

5 Kühlungsmöglichkeiten für eine Telefonzentrale

51 Allgemeines

Der Aufwand für die Kühlung wird um so geringer, je höher die maximal zulässige Temperatur des Kühlmittels (Luft, Wasser, Freon usw.) für die Ausrüstungen ist. Diese steigt im allgemeinen gleich wie die maximal zulässige Betriebstemperatur am Wärmezeugungsort

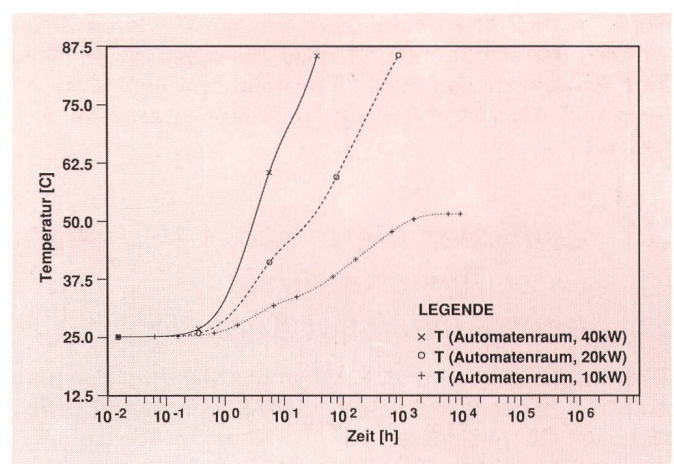


Fig. 4 Berechnetes zeitliches Verhalten der Raumlufttemperatur im Betriebsraum der Vermittlungstechnik (Automatenraum) beim Ausfall der Kühlung

Die drei Kurven sind (von unten nach oben) für eine anfallende Verlustleistung von 10, 20 bzw. 40 kW berechnet.

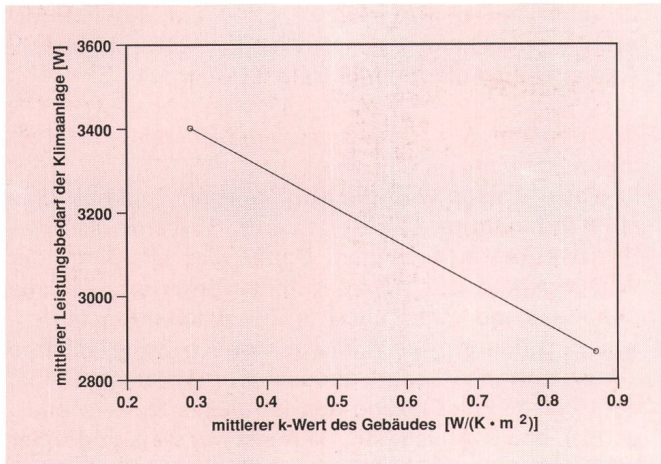


Fig. 5 Einfluss der Wärmeisolation auf den Energieverbrauch

Als Mass für die Wärmeisolation dient die mittlere Leistung, die auf der gesamten Gebäudehülle pro Quadratmeter und Grad Celsius Temperaturdifferenz zwischen Innenraumlufttemperatur und Umgebungstemperatur an die Umgebung übertragen wird (k-Wert).

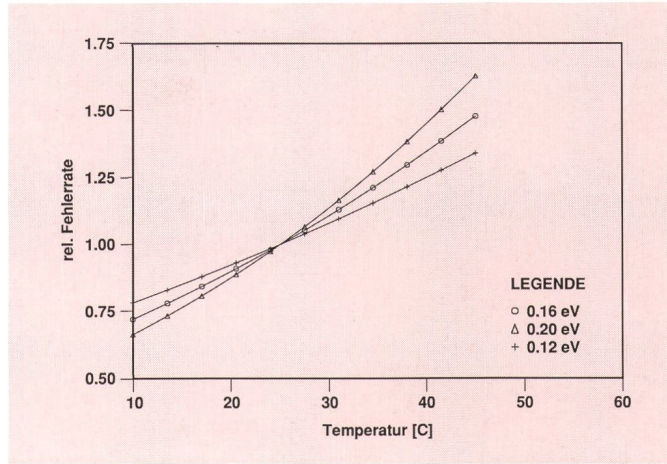


Fig. 7 Qualitative Abhängigkeit der relativen Ausfallrate einer Telefonzentrale von der Temperatur für eine Fehleraktivierungsenergie von 0.12, 0.16 bzw. 0.20 eV

(Halbleiterbauelemente usw.). Bei einer bestimmten maximalen Betriebstemperatur T_{imax} und einer Verlustleistung P_i am Element i wird die maximal zulässige Kühlmitteltemperatur $T_{Kühlmittelmax}$ durch den thermischen Widerstand R_{thi} zwischen dem Kühlmittel und dem Element i beschränkt. Es gilt näherungsweise:

$$T_{Kühlmittelmax} = T_{imax} - P_i \cdot R_{thi}$$

Die Verringerung des thermischen Widerstandes zwischen Wärmequelle und Kühlmittel ist im Fernmeldebereich denn auch das Ziel verschiedener Arbeiten [1].

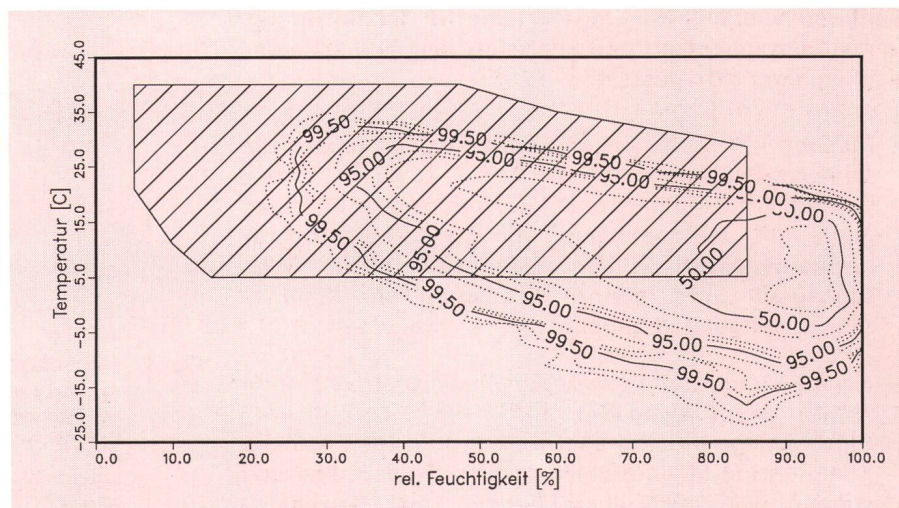
Die Möglichkeiten, den thermischen Widerstand zu verringern, d.h. die Bauweise der elektronischen Ausrüstungen auf der Komponenten- oder Leiterplattebene zu beeinflussen, sind allerdings stark eingeschränkt, nicht kurzfristig durchführbar und nicht Gegenstand dieser Betrachtung. Dagegen wurde untersucht, wie man rationell eine genügend tiefe Temperatur des Kühlmittels – meist Luft – erreichen kann und welche zeitliche Temperaturverteilung des Kühlmittels erlaubt ist.

52 Klimatische Randbedingungen

In dem in *Figur 6* dargestellten Klimatogramm müssen die Einrichtungen der Telefonzentralen gemäss der CEPT-Norm T/TR 02-12 (Class 3.1: Telecommunications Environment for Stationary Installation [weather-protected, temperature controlled, normal operating conditions]) innerhalb des schraffierten Gebietes betrieben werden. Die Häufigkeit der Aussentemperatur und Luftfeuchtigkeit im schweizerischen Mittelland (Bern) ist ebenfalls dargestellt und zeigt, dass ganzjährig die höchste Aussentemperatur tiefer ist als die höchste zulässige Innentemperatur, ebenso wie die relative Luftfeuchtigkeit aussen immer über der minimal zulässigen gemäss Klimatogramm liegt. Die Aufgabe der Kühl- oder Lüftungsanlage besteht nun darin, die Innenluft der Zentrale so zu kühlen, dass bei der jeweiligen Verlustleistung die Temperatur und Luftfeuchtigkeit innerhalb der schraffierten Fläche zu liegen kommt. Der Einfluss der Temperatur auf die Ausfallrate einer Telefonzentrale, qualitativ in *Figur 7* dargestellt, ist ebenfalls zu berücksichtigen. Um tiefe Ausfallraten zu erreichen, sollten die

Fig. 6 Klimatogramm für elektronische Ausrüstungen in Telefonzentralen (schraffierte Fläche) und Häufigkeit der stündlich in Bern gemessenen Luftfeuchtigkeit und Temperatur (Höhenlinien)

Quelle: Schweizerische Meteorologische Anstalt, Messungen von 1979 bis 1989. Die Zahlen auf den Höhenlinien geben den von dieser Linie umschlossenen Prozentsatz der Temperatur- und Feuchtigkeitswerte an.



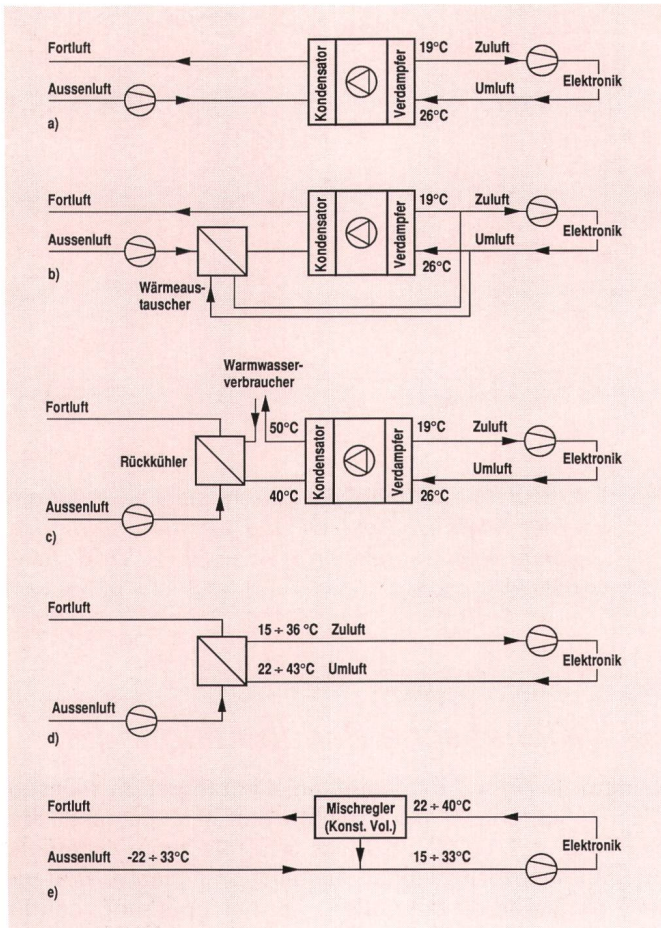


Fig. 8 Kühlungssysteme für Telefonzentralen

- a) Kühlung mit Kompressionskühlmaschine
- b) Kühlung mit Kompressionskühlmaschine und *indirekter freier Kühlung*
- c) Kühlung mit Kompressionskühlmaschine und Wärmerückgewinnung
- d) *indirekte freie Kühlung*
- e) *direkte freie Kühlung*

Betriebstemperaturen nicht bloss innerhalb des Klimogramms von Figur 6 liegen, sondern zusätzlich möglichst tief sein.

53 Kühlungssysteme

Fünf verschiedene Kühlungssysteme für Telefonzentralen wurden modelliert und analysiert. Sie sind schematisch in Figur 8 dargestellt:

- *Kühlung mit Kompressionskühlmaschinen ohne freie Kühlung* (Fig. 8a):
Die Kühlluft kann mit konstanter Temperatur über das ganze Jahr und unabhängig von der Aussentemperatur bereitgestellt werden. Energetisch ist der Wirkungsgrad durch den Wirkungsgrad der Kühlmaschine weitgehend gegeben.
- *Kühlung mit Kompressionskühlmaschinen und indirekter freier Kühlung* (Fig. 8b):
Diese Anlage arbeitet energetisch günstiger, weil die Kompressionskühlmaschinen nur dann eingesetzt werden, wenn nicht ausschliesslich über Wärmeaus-

tauscher mit der Aussenluft genügend Kühlluft erzeugt werden kann. Apparativ ist der Aufwand grösser als bei einer Anlage ohne freie Kühlung.

- *Kühlung mit Kompressionskühlmaschinen und Wärmerückgewinnung* (Fig. 8c):

In dieser Anlage wird die Kompressionskühlmaschine als Wärmepumpe eingesetzt, um z. B. Warmwasser zu Heizzwecken zu erzeugen. Dabei wird allerdings der Wirkungsgrad der Kühlmaschine verringert, und die Kühlmaschine muss auch in Zeitabschnitten laufen, während denen *freie Kühlung* möglich wäre, solange ein Warmwasserbedarf gedeckt werden muss. Selbst bei grossen Telefonzentralen ist dieses System energetisch das ungünstigste, da meist nur wenig oder gar keine Heizenergie benötigt wird. Zusätzlich bedingt es den grössten apparativen Aufwand aller hier betrachteten Systeme.

- *Kühlung ausschliesslich mit freier Kühlung* (indirekte oder direkte, Fig. 8d bzw. 8e):

Diese Kühlungsarten sind apparativ, unterhaltsmässig, energiemässig und von der Zuverlässigkeit her betrachtet am günstigsten. Sie sind aber nur dort einsetzbar, wo eine nicht konstante Kühllufttemperatur von bis zur maximalen Aussentemperatur zulässig ist. Die direkte freie Kühlung für Telefonzentralen kann nur bei Verzicht auf Befeuchtung der Raumluft angewendet werden.

Die energetischen Wirkungsgrade der fünf Klimasysteme sind in Figur 9 dargestellt, mit dem «Coefficient of Performance» (COP) als Mass. Am besten sind erwartungsgemäss die Systeme mit ausschliesslich *freier Kühlung* und deutlich am schlechtesten das System mit Wärmerückgewinnung.

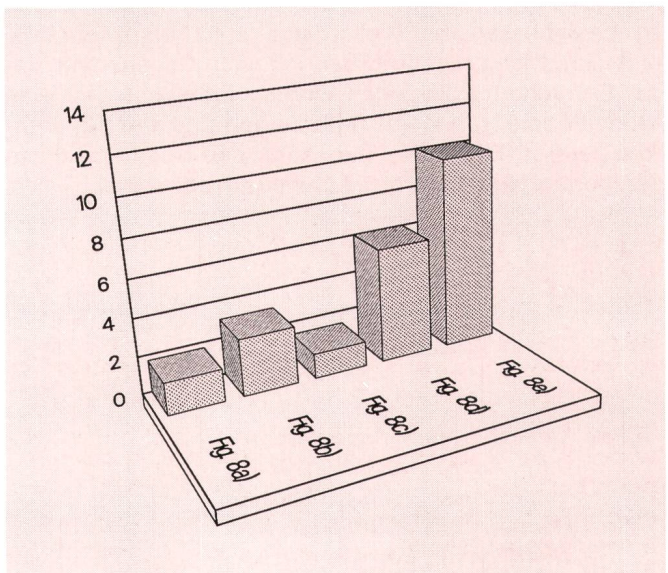


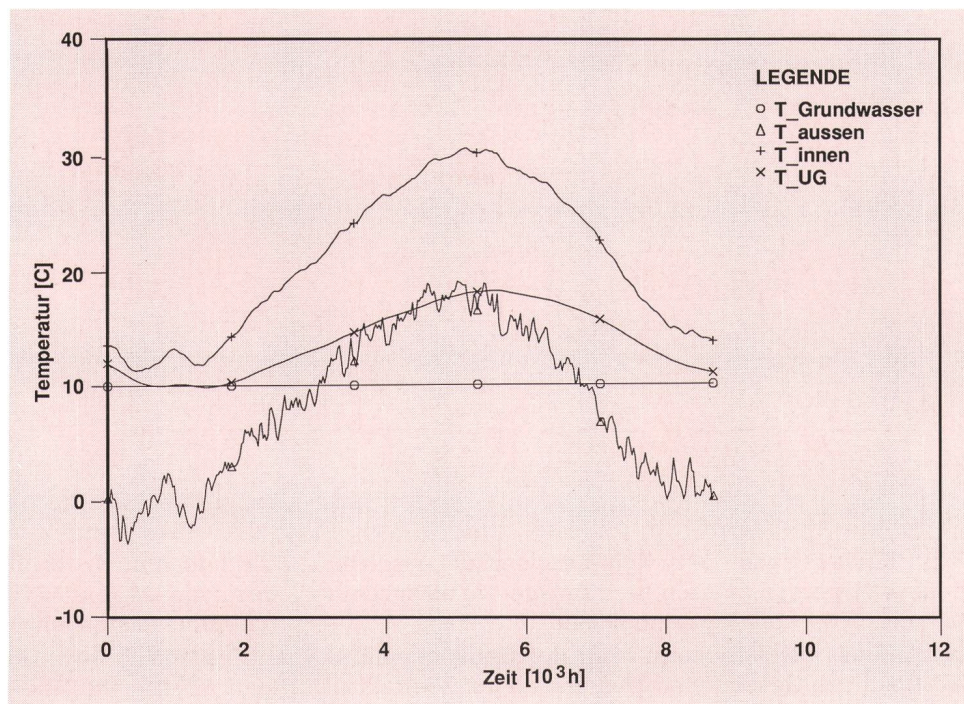
Fig. 9 Wirkungsgrade der fünf Kühlungssysteme

Als Mass dient der «Coefficient of Performance» (COP), d.h. der Quotient aus effektiver Kühlleistung und dem Leistungsbedarf der Kühlanlage. Die deutlich besten Wirkungsgrade werden bei den Systemen mit ausschliesslich *freier Kühlung*, die schlechtesten beim System mit Wärmerückgewinnung erreicht.

Fig. 10 Berechneter jahreszeitlicher Temperaturverlauf in einer Zentrale des Typs D4 (bis 16 000 Teilnehmeranschlüsse) mit 10 kW Verlustleistung bei indirekter freier Kühlung

Die mittlere Kühlleistung bzw. der mittlere Leistungsbedarf der Kühlungsanlage betragen 5960 und 1020 W. Die Zeit 0.00 h entspricht dem 1. Januar 0.00 h.

T_{Grundwasser} Grundwassertemperatur
T_{ausser} Aussentemperatur
T_{innen} Temperatur im Betriebsraum der Vermittlungstechnik
T_{UG} Untergeschosstempertemperatur



54 Freie Kühlung

Da die *freie Kühlung* ohne Kompressionskühlmaschinen trotz wesentlichem Kosten- und Energiesparpotential bisher kaum zur Kühlung von Telefonzentralen eingesetzt wurde, soll im folgenden näher auf die Eigenheiten dieser Kühlungsart eingegangen werden.

Die maximal mögliche Kühlleistung der direkten freien Kühlung beträgt:

$$P_{coolmax} = G \cdot c_p \cdot \Delta T$$

mit G Frischluftdurchsatz

ΔT Temperaturdifferenz zwischen Innenluft und Aussenluft

c_p Wärmekapazität der Luft

Dies bedeutet, dass bei maximaler Kühlleistung die Temperaturdifferenz ΔT konstant ist oder dass beim Bestreben, eine Telefonzentrale ganzjährig maximal zu kühlen (z. B. um die Ausfallraten tief zu halten) die Innentemperatur etwa gleich der Summe von Aussentemperatur und ΔT sein würde. Damit ergäben sich tägliche Temperaturschwankungen, die sich wegen thermischer Spannungen möglicherweise negativ auf die Zuverlässigkeit auswirken würden. Diese täglichen Temperaturzyklen lassen sich vermeiden, wenn bei tieferen Aussentemperaturen während der Nacht nicht weiter abgekühlt wird, als dies zum Zeitpunkt der maximalen Aussentemperatur möglich ist. Dadurch ergeben sich im Mittel etwa 7 °C höhere Innentemperaturwerte, als wenn dauernd maximal gekühlt würde. Trotzdem ist die Zahl der Ausfälle im Jahresmittel nicht höher als bei einer Kühlung auf konstante 25 °C durch eine Klimaanlage mit Kompressionskühlmaschinen, weil erhöhte Ausfallraten im Sommer durch tiefere Temperaturen und damit Ausfallraten im Winter kompensiert werden (gemäss Fig. 7). Die sich mit *freier Kühlung* ergebenden Temperaturen in einer Zentrale mittlerer Grösse (10 kW Verlustleistung,

Gebäudegrösse D4, d.h. bis 16 000 Teilnehmeranschlüsse) sind in *Figur 10* dargestellt. Dabei wurde mit *indirekter freier Kühlung*, d. h. Kühlung über einen Wärmetauscher nach *Figur 8d* gearbeitet. Die daraus folgende Häufigkeit der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit in den Betriebsräumen der Vermittlungstechnik ist aus *Figur 11* ersichtlich. Wird mit *direkter freier Kühlung* nach *Figur 8e* gekühlt, lassen sich im Mittel und besonders im Hochsommer 3 bis 6 °C tiefere Temperaturen in den Betriebsräumen erreichen.

Bei einem Ausfall der öffentlichen Stromversorgung werden die Anlagen im allgemeinen durch eine Batterie oder durch einen Dieselgenerator mit elektrischer Energie versorgt. Bei ausschliesslicher Notspeisung von der Batterie ist nicht genügend Energie vorhanden, um Kompressionskühlmaschinen von Klimaanlage zu betreiben. Wird ausschliesslich *freie Kühlung* eingesetzt, eröffnet sich wegen deren geringen Energiebedarfs die Möglichkeit, die Kühlung mit Ventilatoren auch ohne Netzspannung über die Zentralenbatterie zu gewährleisten.

6 Schlussfolgerungen

Durch den Einsatz ausschliesslich *freier Kühlung* in Telefonzentralen können erhebliche Erstellungs- und Unterhaltskosten sowie 25 % des Energiebedarfs eingespart werden. Auf die Raumluftbefeuchtung wird dabei verzichtet, damit mit *direkter freier Kühlung* gearbeitet werden kann. Zusätzliche Probleme, die durch höhere elektrostatische Personenaufloadungen wegen fehlender Raumluftbefeuchtung verursacht werden können, werden durch strikte Einhaltung bestehender Vorschriften (Armbänder, leitfähige Bodenbeläge) vermieden. Wegen der einfacheren Kühlungsanlagen wird insgesamt eine bessere Zuverlässigkeit erreicht. Die Temperaturen in den Betriebsräumen erreichen bei direkter freier Kühlung im Sommer etwa 30 °C und im Winter 15 °C.

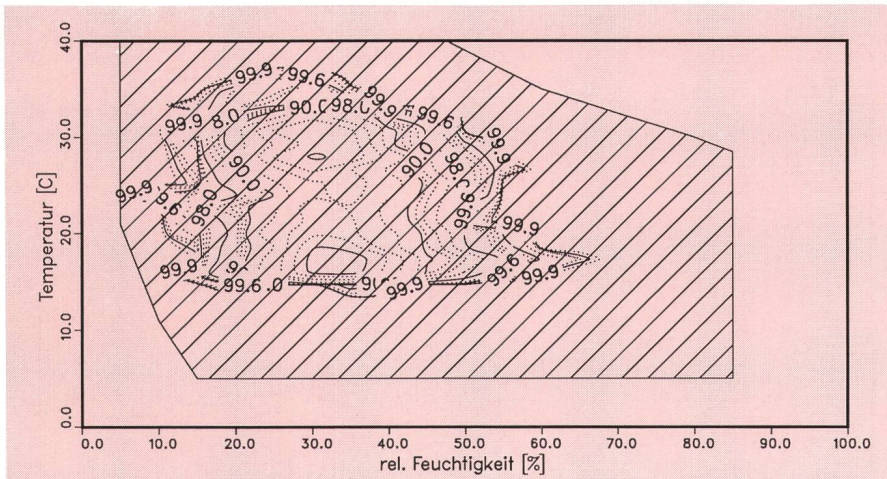


Fig. 11 Klimatogramm nach CEPT wie Figur 6 sowie Häufigkeit der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit in Vermittlungstechnikbetriebsräumen von Telefonzentralen im schweizerischen Mittelland bei indirekter freier Kühlung. Die Zahlen auf den Höhenlinien geben den von dieser Linie umschlossenen Prozentsatz der Temperatur- und Feuchtigkeitswerte an

Falls Klimaanlage mit Kompressionskühlmaschinen eingesetzt werden müssen, sind Anlagen zu bevorzugen, die auch *freie Kühlung* ermöglichen.

Der Einfluss der Wärmeisolation der Gebäudehülle (k-Wert) auf den Gesamtenergieverbrauch der Zentralen ist gering ($< 3\%$).

Die Isolation der Gebäudehülle der Telefonzentralen sollte aus Energiespargründen nicht besser als die minimal (kantonal) vorgeschriebene sein.

Bei mittleren und grösseren Anlagen (3000 bis 16 000 Teilnehmeranschlüsse) ist bei einer spezifischen Wärmelast über etwa 30 W/m^2 im Betriebsraum eine Kühlanlage nötig.

Die Interventionszeit beim Kühlausfall in Zentralen des Typs D4 (bis 16 000 Teilnehmeranschlüsse) beträgt für Verlustleistungen von 10, 20, 40 bzw. 80 kW etwa 100, 10, 2 bzw. 1 h. Sie ist von der Raumgrösse, jedoch kaum vom k-Wert der Gebäudehülle, der Leistungsdichte in den Gestellen und der Wärmekapazität der Wände abhängig.

Bibliographie

- [1] Zimmer Ch. Eine flexible Bauweise mit guter Wärmeableitung. Bulletin SEV/VSE ASE/UCS 78 (1987) 21 p. 1322

Zusammenfassung

Kühlung neuer Telekommunikationsanlagen

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde ein thermisches Modell für Telekommunikations-Gebäude entwickelt, das die Berechnung des thermischen und energetischen Verhaltens in Abhängigkeit verschiedener Parameter (Isolation, Klimaanlageart, Temperaturgang, Leistungsdichte usw.) erlaubt. Mit diesem Modell wurde untersucht, wie das thermische Verhalten durch bauliche Parameter beeinflusst wird und welche technischen Massnahmen ergriffen werden können, um die Kosten der Kühlanlagen zu senken. Es wird gezeigt, dass insbesondere durch den Einsatz ausschliesslich *freier Kühlung* in Telekommunikationsgebäuden beträchtliche Energie-, Erstellungs- und Unterhaltskosten eingespart werden können.

Résumé

Refroidissement des nouvelles installations de télécommunications

Dans le cadre d'un projet de recherche, on a développé un modèle thermique pour les bâtiments de télécommunications, destiné à l'étude du comportement thermique et énergétique des équipements compte tenu de différents paramètres (isolation, genre d'installation de climatisation, variation de puissance, densité de puissance, etc.). Ce modèle a permis également de déterminer l'influence des mesures de construction sur les conditions techniques des immeubles et à définir les mesures techniques susceptibles de diminuer les frais des installations de refroidissement. L'utilisation exclusive de systèmes de conditionnement d'air du type '*free cooling*' pour climatiser les bâtiments de télécommunication permet de réduire la consommation d'énergie, ainsi que d'autres coûts.

Riassunto

Raffreddamento dei nuovi impianti di telecomunicazione

Nell'ambito di un progetto di ricerca è stato sviluppato un modello termico che permette di calcolare il comportamento termico ed energetico degli edifici delle telecomunicazioni in funzione di parametri diversi (isolamento, genere di impianto di aria condizionata, variazione di temperatura, densità di potenza ecc.). Con questo modello si è esaminato in che modo i parametri di costruzione influiscono sul comportamento termico e quali provvedimenti tecnici si possono adottare per ridurre i costi di raffreddamento. Dall'impiego esclusivo di un sistema di raffreddamento del tipo '*free cooling*' in edifici adibiti alle telecomunicazioni, possiamo dedurre un risparmio considerevole dei costi energetici, di installazione e di manutenzione.

Summary

Cooling of Modern Telecommunications Installations

In the course of a research project, a thermal model for telecommunications buildings has been developed which allows to calculate the thermal and energetic behaviour of telecommunications buildings in relation to various parameters (isolation, type of airconditioning equipment, temperature variation, power density, etc.). By means of this model, the influence of constructional parameters on thermal behaviour, as well as the technical measures which lead to a reduction of cooling costs have been investigated. The computer simulation shows that exclusive use of airconditioning cabinets with *free cooling* for Telecom buildings reduces energy consumption and results in cost savings for installation and maintenance.