



**Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden**

Forschung und Anwendung GmbH

Prof. Oschatz - Dr. Hartmann - Dr. Werdin - Prof. Felsmann



**Universität Kassel**

Fachgebiet Bauphysik

# **Gesamtanalyse**

## **Energieeffizienz von Hallengebäuden**

### **Kurzbericht**

Auftraggeber: FIGAWA  
Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V.  
Marienburger Straße 15  
50968 Köln

Auftragnehmer: ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden  
Forschung und Anwendung GmbH  
Bayreuther Str. 29 in 01187 Dresden  
Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz  
Dipl.-Ing. Bettina Mailach  
Dr.-Ing. Ralf Gritzki  
Dipl.-Ing. Jens Kaiser  
Dr.-Ing. Alf Perschk  
Dr.-Ing. Markus Rösler  
Dr.-Ing. habil. J. Seifert  
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz  
  
Universität Kassel  
Fachgebiet Bauphysik  
Gottschalkstraße 28a in 34127 Kassel  
Dr. Frank Otto

Dresden, 30. Juni 2011

Dieser Bericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7 – 09.45 / II 3 – F20-09-047)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

**Projektdaten**

Langtitel:	Untersuchung von Hallengebäuden mit ihrer charakteristischen Gebäudestruktur und HLK-Anlagentechnik zur zielgerichteten Erschließung des gesamten Potentials der Energieeinsparung und Emissionsminderung im Zuge der Fortschreibung der Normenreihe DIN V 18599 / EnEV 2012
Kurztitel:	Gesamtanalyse Energieeffizienz Hallengebäude (GAEEH)
Projektleitung:	ITG Dresden Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH Bayreuther Straße 29 in 01187 Dresden  Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz
Bearbeitung:	ITG Dresden:  Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz Dipl.-Ing. Bettina Mailach Dr.-Ing. Ralf Gritzki Dipl.-Ing. Jens Kaiser Dr.-Ing. Alf Perschk Dr.-Ing. Markus Rösler Dr.-Ing. habil. J. Seifert Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz  Universität Kassel:  Prof. Dr.-Ing. Anton Maas Dr. Frank Otto
Gesamtkosten:	192.999,00 Euro
Anteil Bundeszuschuss:	114.999,00 Euro
Projektlaufzeit:	16.12.2009-30.06.2011

## 1 Problem und Ziele

Für die energetische Bewertung von Hallengebäuden steht bisher kein zufriedenstellendes Verfahren zur Verfügung. Am ehesten geeignet ist die DIN V 18599, die jedoch bei einer diesbezüglichen Berechnung einige Probleme offenbart, da Baukörper, Nutzungsstruktur sowie die teilweise besonderen HLK-Anlagentechnik nicht gänzlich adäquat abgebildet werden. Mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben sollen Grundlagen für eine Weiterentwicklung der DIN V 18599 in diesem Bereich geschaffen und Vorschläge zur Erschließung von Energiesparpotenzialen im Bereich von Hallengebäuden erarbeitet werden.

## 2 Durchführung

Das Forschungsvorhaben *Gesamtanalyse Energieeffizienz Hallengebäude* (GAEEH) beinhaltet eine Reihe von Untersuchungen zu einer Vielzahl von Schwerpunkten und Teilproblemen, welche sich mit der Beheizung von Hallen im Allgemeinen sowie einer Abbildung von Hallen und hallentypischen Heizsystemen nach DIN V 18599 im Speziellen befassen. Nachfolgend werden die wesentlichen Arbeitsinhalte aufgelistet und kurz beschrieben.

Anhand von Auswertungen statistischer Daten erfolgt eine Bewertung der Gesamtsituation in Deutschland. Diese umfasst einen Vergleich von Verbrauchswerten realer Hallengebäude mit korrespondierenden Energiebedarfswerten sowie eine aufwendige qualifizierte Schätzung des auf Hallen entfallenden Gesamtheizenergieverbrauchs. Im Weiteren wird das Gesamt-Einsparpotenzial für den Bereich der Hallenbeheizung ermittelt. Neben Betrachtungen zum derzeitigen Hallenbestand erfolgt eine Verbrauchsprognose für die Zukunft, welche eine Verschärfung – Umsetzung der EPBD-Richtlinie bis ~2020 – des Anforderungsniveaus an (Hallen-)Neubauten abbildet. Das Einsparpotenzial von Maßnahmen am derzeitigen Hallenbestand wird dem einer stetigen Verschärfung der Neubau-Anforderungen auf Niedrigstenergiehaus-Niveau vergleichend gegenübergestellt.

In einer Literaturrecherche wird der derzeitige Kenntnisstand zur energetischen Bewertung der Beheizung hoher Räume herausgearbeitet.

Auf Basis eines im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstellten Gebäudekatalogs, welcher die wesentlichen Anwendungsfälle für Hallengebäude repräsentativ erfasst, erfolgen weitere Untersuchungen, unter anderem:

- Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599:2007/2009 (Dokumentation des aktuellen Normstands)
- Thermische Gebäudesimulationen ohne Einbeziehung der Anlagentechnik
- jeweils Parametervariationen zu:
  - Luftwechsel
  - Wärmespeichervermögen
- Bewertung der Abbildbarkeit typischer Hallennutzungen mit Nutzungsprofilen nach DIN V 18599-10

Parallel erfolgen theoretische Untersuchungen zu wesentlichen Teilproblemen des Berechnungsablaufs von Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599; besonderes Augenmerk gilt unter anderem den Teilproblemen:

- Einflussgrößen bei Bewertung hallentypischer Wärmeübergabesysteme
  - Lufttemperaturprofil/-anstieg
    - Herleitung eines Ansatzes zur Berechnung von Verlusten durch vertikale Lufttemperaturschichtung unter Verwendung systemspezifischer Lufttemperaturanstiege
    - Auswertung umfangreicher Mess- sowie Simulationsergebnisse; Erarbeitung von Vorschlagswerten vertikaler Lufttemperaturanstiege zur Verwendung in o.g. Ansatz
  - Strahlungsanteil der Wärmeabgabe
    - Untersuchung/Erarbeitung eines Berechnungsansatzes zur Bestimmung des in DIN V 18599-5 gegebenen Faktors für den Strahlungseinfluss ( $f_{\text{Radiant}}$ ) für Hell-/Dunkelstrahler, sodass eine differenzierende Bewertung unterschiedlich effizienter Geräte möglich wird
- Bewertung der Erzeugerverluste dezentraler Hallenheizsysteme
  - Korrektur eines Fehlers des Normstands 2007/2009 (Brenn-/Heizwertbezug)
  - Erweiterung des bestehenden Ansatzes, sodass zeitgemäße marktgängige Systeme besser abgebildet werden können
- Lüftungswärmeverluste großer/kompakter Gebäude (Hallen)
  - Hinterfragen des in DIN V 18599:2007/2009 implementierten Berechnungsansatzes zur Bestimmung des Infiltrationsluftwechsels
  - Erarbeitung eines alternativen (physikalisch korrekteren) Ansatzes
  - Erarbeitung eines Vorschlages für Luftdichtheits-Kennwerte zur Verwendung im vorgeschlagenen alternativen Berechnungsansatz

Bereits in einem frühen Bearbeitungsstadium werden aus der Arbeit gezogene Erkenntnisse, welche aus Sicht der Autoren bei einer Überarbeitung der DIN V 18599 einbezogen werden sollten, in Form von Norm-Änderungsvorschlägen herausgezogen und den entsprechenden DIN-Ausschüssen zugänglich gemacht. Diese Norm-Änderungsvorschläge werden während der gesamten Projektlaufzeit fortgeschrieben und dem jeweils aktuellen Erkenntnisstand angepasst. Die erarbeiteten Vorschläge beinhalten insbesondere wesentliche Änderungen der Bewertung der Anlageneffizienz (DIN V 18599-5). Teil- sowie Schwerpunktergebnisse werden fortlaufend innerhalb einer Projektbegleitgruppe, welche sich aus Experten im Bereich von Hallenheizsystemen sowie der Bauphysik zusammensetzt, beraten und auf Plausibilität geprüft.

Unter Verwendung einer umfangreich überarbeiteten Version der kommerziellen Simulationssoftware TRNSYS werden für ausgewählte Gebäudekonstellationen äußerst aufwendige instationäre energetische Gebäudesimulationen unter Einbeziehung hallentypischer Wärmeübergabesysteme durchgeführt. Hierbei werden erstmals komplette Jahres- bzw. Heizperiodenverläufe abgebildet. In einem Abgleich zwischen den so erzielten

Simulationsergebnissen und Berechnungsergebnissen nach DIN V 18599 – unter Einbeziehung aller im Rahmen des Projekts erbrachten Änderungsvorschläge – erfolgt eine teils iterative Anpassung der anlagentechnischen Bewertung nach DIN V 18599, z.B. durch Überarbeitung von Berechnungsansätzen bzw. hierin verwendeten Parametern.

### 3 Wesentliche Ergebnisse und Fazit

Die Bewertung der Gesamtsituation des Bereichs Hallengebäude Deutschland bestätigt zum einen die bekannte Tendenz der Überbewertung realer Energieverbrauchswerte in Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599. Zum anderen zeigt sie auf, dass wesentlicher Heizenergieverbrauch auf Hallengebäude entfällt und hier erhebliches Einsparpotenzial vorhanden ist. Zudem wird klar herausgestellt, dass Maßnahmen am Hallenbestand ein deutlich größeres Einsparpotenzial bergen als eine zukünftige Verschärfung des Neubau-Anforderungsniveaus.

Im Ergebnis vielfältiger Untersuchungen zum Berechnungsablauf von Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599, bzw. hierbei verwendeten Größen und Parametern, wurden umfangreiche Änderungsvorschläge für die Norm erarbeitet und in den Entwurf für DIN V 18599:2011 eingebracht. Hinsichtlich der energetischen Bewertung von Hallen nach DIN V 18599 kommt die Studie unter anderem zu folgenden Ergebnissen:

- Wesentliche Hallennutzungen werden durch die DIN V 18599 nach Normstand 2007/2009 – mit Einschränkungen – bereits erfasst. Durch Anpassungen sowie Ergänzungen im Bereich der Nutzungsprofile konnte die Abbildbarkeit von Hallen hinsichtlich der Nutzungsparameter verbessert werden.
- Die Bestimmung der speicherwirksamen Masse beruht gemäß DIN V 18599 auf einem sehr groben und ungenauen Ansatz. Ein alternativer und wesentlich genauerer Ansatz wurde im Rahmen des Projektes erarbeitet und untersucht. Da der Einfluss der speicherwirksamen Masse (Gebäudebauteile und Inventar) innerhalb realistischer Bereiche von Hallengebäuden und -nutzungen jedoch relativ gering ist, kann auch mit dem bisherigen Ansatz hinreichend genau gearbeitet werden.
- Ein im Rahmen des Projektes untersuchter alternativer Ansatz zur Bestimmung der Bilanzinnentemperatur liefert geringfügig bessere Ergebnisse als der aktuell in DIN V 18599 implementierte Ansatz. Auch hier ist der Einfluss jedoch als gering einzustufen. Von einem diesbezüglichen Überarbeitungsvorschlag wurde daher abgesehen.
- Der in DIN V 18599 verwendete Ansatz zur Bestimmung des Infiltrationsvolumenstroms auf Grundlage pauschalierter Luftwechsel-Kennwerte ist für große Gebäude generell ungeeignet. Ein physikalisch plausiblerer Ansatz wurde erarbeitet und als Normänderungsvorschlag formuliert.
- Die anlagenseitige Bewertung von Hallenheizsystemen nach DIN V 18599-5:2007/2009 ist in mehreren Punkten als überarbeitungswürdig anzusehen. Entsprechende Vorschläge wurden erarbeitet, wie z.B.:
  - Korrekturen, da aktueller Normstand teilweise fehlerbehaftet (z.B. Brenn-/Heizwertbezug bei dezentralen Hallenheizungen)
  - Überarbeitung der Kategorisierung hallentypischer Wärmeübergabesysteme, sodass marktübliche Systeme besser oder überhaupt abbildbar werden, z.B.:

- Aufnahme kondensierender dezentraler Wärmeerzeuger
- Hinterfragen und ggf. Überarbeitung der hiermit verbundenen Berechnungsansätze sowie der verwendeten -parameter, z.B.:
  - stärkere Differenzierung zwischen unterschiedlich effizienten Systemen bzw. Systemvarianten
- Vereinfachung und Vereinheitlichung der Berechnungsansätze für Hilfsenergie von Hallenheizungen und Erzeugerverlusten dezentraler Hallenheizsysteme

Die eingebrachten Normänderungsvorschläge betreffen vorwiegend die Bewertung der Anlageneffizienz nach DIN V 18599-5. Jedoch wurden auch hinsichtlich einer möglichst korrekten Bewertung bedeutsame Änderungen in den Normteil 2 (Überarbeitung Lüftungswärmeverluste) und 10 (Nutzungsprofile bzw. -parameter) eingebracht.

Schwerpunktmäßig ergeben sich durch die eingebrachten Normänderungen

- in vielen Fällen geringere Energiebedarfswerte als bisher (bessere Korrelation Bedarf/Verbrauch)
- eine bessere Erfassung hallenüblicher Nutzungen
- eine bessere Abbildbarkeit hallentypischer Wärmeübergabesysteme, einschließlich sinnvoller Differenzierung hinsichtlich energetisch relevanter Anlagenparameter.

Die erarbeiteten Vorschläge zur Weiterentwicklung der DIN V 18599 sind von den zuständigen Normenausschüssen angenommen worden.