

Thermisch-energetische Gebäudesimulation

GEBSIMU



Version 7.31

unter MS Windows

Einführung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Thermisch-energetische Gebäudesimulation <i>GEBSIMU</i>	2
	- Das <i>GEBSIMU</i> Simulationskonzept	3
	- Das Programm <i>RO 101 (thermisch-energetische Gebäudesimulation)</i>	4
	- Das Programm <i>RO 102 (thermische und energetische Analyse)</i>	5
	- Das Programm <i>RO 134 (Anlagensimulation)</i>	5
	- Die Eingabe-Dateien	6
	- Die Ergebnis-Dateien	6
	- Die Testreferenzjahrdati	6
	- Die Direktzugriffs-Datei	6
	- Spezielle Dateien für Zwischenklimazonen	7
	- Grundlagen für den Ablauf einer Gebäudesimulation	7
	- Literaturhinweise	9
3	Arbeiten mit <i>GEBSIMU</i>	11
	- Objektverzeichnis	11
	- Auswahlmenü	11
	- Bearbeiten von Eingabedaten	13
	- Ausgabe von Ergebnisdaten	15
	- Starten eines Berechnungsprogramms	17
	- Durchführen einer Berechnungsfolge	17
4	Kontakte und Impressum	19

1 Einleitung

Eine fachlich einwandfreie, kostengünstige und termingerechte Planung von Gebäuden und haustechnischen Anlagen setzt den Einsatz moderner Planungswerkzeuge und Methoden voraus. Dies betrifft auch Hilfsmittel für die tägliche Planungsarbeit wie z. B. Berechnungsprogramme, Simulationsprogramme und mathematische Werkzeuge zur Systemanalyse und Verifikation von Planungsentscheidungen. Damit wird es möglich, auch bei ungewöhnlichen neuen Konzepten eine hohe Planungssicherheit zu gewährleisten.

Das Programmsystem „**Thermisch-energetische Gebäudesimulation *GEBSIMU***“ ist bereits Anfang der 1970'er Jahre von **Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Rouvel**, Technische Universität München, entwickelt worden und wird seitdem kontinuierlich gepflegt und weiterentwickelt. Bis Anfang der 80'er Jahre war das Programm nur für Großrechner verfügbar. Inzwischen läuft das Programm auf PC unter Windows und hat eine sehr komfortable und zeitsparende Eingabe mit einer umfangreichen Plausibilitätsprüfung. Das Programm *GEBSIMU* hat bereits 1977-1980 im Rahmen der International Energy Agency (IEA) ECBCS-Annex 1 "Establishment of Methodologies for Load/Energy Determination of Buildings" beim ersten internationalen Vergleich von dynamischen Simulationsprogrammen teilgenommen und ist erfolgreich validiert worden. Im Zuge der Bearbeitung der VDI 6020 ist es getestet worden und berechnet die Testbeispiele ohne Abweichungen; d. h. alle Anforderungen der VDI 6020 werden 100 %-ig erfüllt.

Darüber hinaus ist *GEBSIMU* eines der ganz wenigen Programme mit dem auch eine Anlagensimulation für alle Anlagenarten korrekt durchgeführt werden kann.

Ein wesentlicher Programmbestandteil ist die Kopplung zwischen Gebäudesimulation und Anlagensimulation in beiden Richtungen. Werden in der Anlagensimulation Randbedingungen geändert, die die Ergebnisse der Gebäudesimulation beeinflussen, so wird automatisch die Gebäudesimulation aufgerufen und die Ergebnisse richtig gestellt.

Bei den meisten Programmen findet diese Rückkopplung nicht statt. Nur Programme mit dieser Rückkopplung sind in der Lage, die Auswirkung einer zu geringen Anlagenleistung auf die Raumtemperaturen zu berechnen. Auch eine programmgesteuerte Veränderung eines variablen Sonnenschutzes zur Vermeidung von künstlicher Beleuchtung ist nur mit Rückkopplung möglich. Das gleiche gilt für eine automatische Berechnung der Anlagenlaufzeit aufgrund der Anfahrbedingungen mit einer Vorverlegung der Anheizzeit oder Vorkühlzeit.

GEBSIMU ist ferner in der Lage, natürliche Lüftung, transparente Wärmedämmung, Bauteilkühlung, Kühldecken, variable Volumenströme, Beleuchtungsbedarf etc. zu berechnen.

Außer der Raumlufttemperatur wird auch die empfundene (operative) Temperatur ausgewiesen. Auch ist eine Regelung der Raumtemperatur nach der operativen Temperatur vorgesehen.

GEBSIMU hat eine komfortable graphische und alphanumerische Ausgabe, sowie Schnittstellen zu MS-Excel und einer Vielzahl von Graphikformaten.

Für die Ermittlung der thermischen Leistung für einen Raum (Heiz- und Kühllast) sowie für Ermittlung der Raumtemperaturen wird in *GEBSIMU* das **n-Kapazitäten-Modell (von Rouvel)** verwendet.

Alternativ steht in <i>GEBSIMU</i> auch das daraus abgeleitete vereinfachte 2-Kapazitäten-Modell (Raummodell nach VDI 6007-1) zur Verfügung.

GEBSIMU berechnet sowohl den Wärme- und Kältebedarf und den Strombedarf für Beleuchtung und Luftförderung sowie die Raumzustände während eines "Testreferenzjahres" als auch die Leistungswerte während winterlichen und sommerlichen extremen Außenklimaverhältnissen.

Berechnung der Kühllast und der Raumtemperatur nach VDI 2078 (Juni 2015).
--

<i>GEBSIMU</i> führt auch den individuellen sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 durch.
--

2 Thermisch-energetische Gebäudesimulation **GEBSIMU**

Bei der Applikation **GEBSIMU** handelt es sich um ein Programm zur thermisch-energetischen Gebäudesimulation, mit dessen Hilfe der Einfluss aller wesentlichen Parameter auf das thermisch-energetische Verhalten eines Raumes bzw. eines Gebäudes simuliert werden kann.

Die Zielsetzung von **GEBSIMU** besteht darin, den Leistungs- und Energiebedarf für ein Gebäude oder eine haustechnische Anlage - zur Raumheizung, zur Raumkühlung, zur Klimatisierung und zur Beleuchtung - zu berechnen und durch die Variation der verschiedenen Parameter zu minimieren. Weiterhin können die erwartbaren Raumtemperaturen bei unterschiedlicher Bauweise und unterschiedlichen technischen Anlagen ermittelt werden.

Die Einflussparameter, die bei dieser Simulation berücksichtigt werden, umfassen die Gebiete

- Umwelteinflüsse am Standort,
- Bauweise und Bauphysik,
- verwendeten haustechnischen Anlagen und energetischen Systeme sowie
- Nutzerverhalten.

Mittels der rechnergestützten Simulation ist es möglich, die Auswirkungen der Einflussgrößen quantitativ zu erfassen und eine Vielzahl an Variationsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

Die thermisch-energetische Gebäudesimulation **GEBSIMU** ist ein Programmsystem, das eine voll instationäre Berechnung des thermisch-energetischen Raumverhaltens unter Einbezug des Speicher- verhaltens der Raumumschließungsflächen incl. deren Schichtaufbau durchführt.

Zur Ermittlung des Jahresganges und des Jahresbedarfs werden die meteorologischen Daten entweder mit dem Referenzjahr-Verfahren (Testreferenzjahr TRY) oder, wenn dies nicht verfügbar ist, mit dem Tagesgangverfahren nach DIN 4710 berücksichtigt.

Für die Auslegungsverhältnisse im Sommer und Winter werden *extreme* Wetterperioden in Anlehnung an die Angaben in VDI 2078 und DIN EN 12831 unter Einbezug der DIN 4710 zugrunde gelegt.

In **GEBSIMU** ist die Berechnung der Kühllast und der Raumtemperaturen nach VDI 2078 (Juni 2015) enthalten.

Die Auslegung Sommer wird mit der Cooling Design Period (CDP) und dem Cooling Design Day (CDD) entsprechend VDI 2078 berechnet.

GEBSIMU führt auch den individuellen sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 durch.

Mit **GEBSIMU** kann auch die differenzierte Ermittlung des Nutzenergiebedarfs entsprechend DIN V 18599 zum Nachweis der Energieeffizienz des Gebäudes vorgenommen werden.

Bei **GEBSIMU** können Standorte auf der ganzen Welt berücksichtigt werden

GEBSIMU ist **validiert** nach VDI 6020, VDI 6007-1, VDI 2078, ASHRAE 140 (BESTEST) , DIN EN 15265 und DIN EN ISO 13792.

Das **GEBSIMU** Simulationskonzept

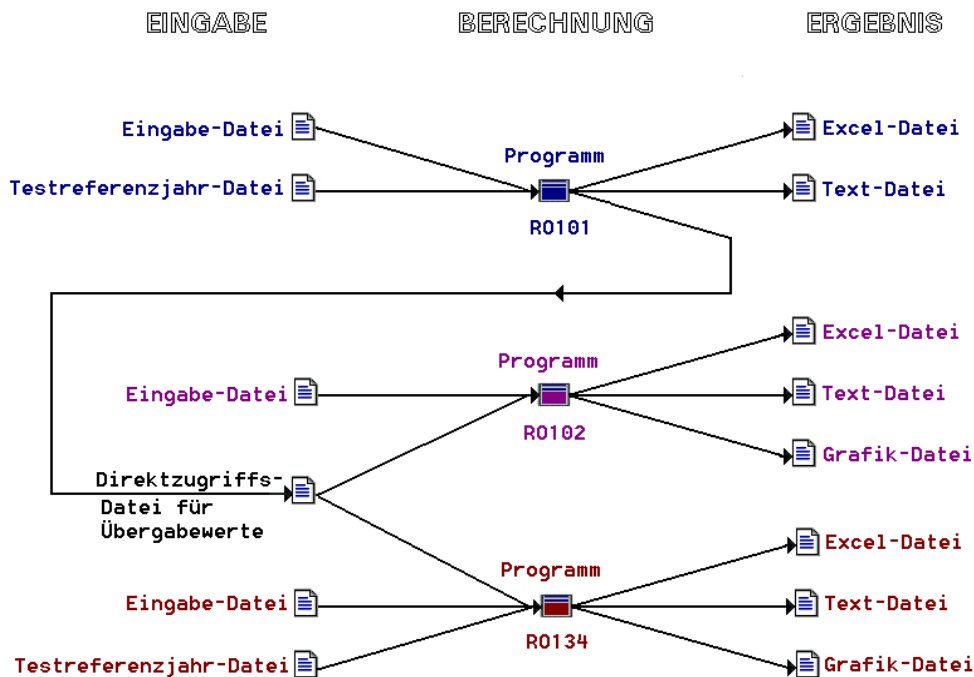
Die thermisch-energetische Gebäudesimulation **GEBSIMU** besteht im Kern aus drei Berechnungsprogrammen

- **RO 101** **Gebäudesimulation mit Berechnung der Heiz- und Kühllast von Räumen sowie der Raumtemperaturen,**
- **RO 102** **Analyse der Raumtemperaturen (inkl. Sommerlicher Wärmeschutz) sowie thermische und energetische Analyse des Heiz- und Kühlbedarfs für einer Anlage ohne Klimatisierung**
- **RO 134** **Anlagensimulation mit Berechnung der Leistungen und des Energiebedarfs von Raumluftechnischen Anlagen unter Berücksichtigung vorgegebener Regelstrategien**

Diese drei Programme sind in der Programmiersprache FORTRAN entwickelt und unter der MS-WINDOWS-Oberfläche in der Applikation **GEBSIMU** zusammengefasst sind.

Jedes der drei Programme benötigt für einen Simulationslauf zusätzlich zu den speziellen Eingabe-Dateien für jedes Programm eine Testreferenzjahr-Datei, eine Direktzugriffs-Datei und - wenn eine Zwischenklimazone wie Wintergarten, Atrium u.ä. betrachtet werden - spezielle Dateien mit den berechneten Werten für das Raumklima in dieser Zwischenklimazone.

Das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten wird mit der folgenden Grafik verdeutlicht:



Das **GEBSIMU** Simulationskonzept

Das Programm **RO 101** (thermisch-energetische Gebäudesimulation)

Das Programm **RO 101** berechnet die Heiz- und Kühllast eines Raumes bzw. eines Raumtyps. Darunter versteht man in Anlehnung an VDI 2078 die thermische Leistung, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einem Raum zugeführt bzw. aus einem Raum abgeführt werden muss, um eine vorgegebene Raumtemperatur einhalten zu können.

Entsprechend lässt sich auch die erwartbare Raumtemperatur ermitteln, wenn die thermische Leistung vorgegeben bzw. begrenzt wird.

Da ein Gebäude aus mehreren Raumtypen, wie z.B. Mittelräumen, Eckräumen, Dachräumen oder Innenräumen besteht, ist die Berechnung der Lasten entsprechend oft durchzuführen.

Dabei werden alle vorhandenen *Zonen*, d.h. alle Räume des gleichen Raumtyps, mit unterschiedlicher Sonneneinstrahlung in jeweils *eine* Berechnung miteinbezogen (jeweils *ein* Raumtyp). Das können Räume sein, die sich in ihrer Ausrichtung in Bezug auf die Himmelsrichtung unterscheiden oder die, auf verschiedenen Stockwerken gelegen, auf Grund eines Nachbargebäudes oder wegen eines Berges in der näheren Umgebung nicht die gleiche Menge an Sonneneinstrahlung erhalten.

In den für einen Raum ermittelten Heiz- und Kühllasten sind folgende Einflüsse berücksichtigt:

- Außenklima
- Raumklima
- Bauweise und Bauphysik
- äußere und innere Wärmelasten
- Nutzungsanforderungen
- Luftwechsel durch die Fensterfugen und durch geöffnete Fenster
- Art der haustechnischen Anlage

Berechnungsmodell für die Heiz- und Kühllast eines Raumes bzw. eines Raumtyps:

Für die Ermittlung der thermischen Leistung für einen Raum (Heiz- und Kühllast) sowie für Ermittlung der Raumtemperaturen wird in **GEBSIMU** das **n-Kapazitäten-Modell (von Rouvel)** verwendet.

Ab der Programmversion **GEBSIMU** 7.00 steht darüber hinaus das daraus abgeleitete vereinfachte **2-Kapazitäten-Modell - (Raummodell nach VDI 6007-1)** zur Verfügung.

n-Kapazitäten-Modell (n-K-Modell) nach **GEBSIMU** :

Das n-Kapazitäten-Modell ist abgeleitet aus der Differentialgleichung für die Wärmeleitung. Wie von Beuken bereits 1936 mit dem sogenannten "Beuken-Modell" gezeigt wurde, lässt sich aus der Analogie zwischen der Differentialgleichung der Wärmeleitung und den Vorgängen in einem idealisierten elektrischen Kabel ein detailliertes elektrisches Modell für instationäre thermisch-energetische Vorgänge in Bauteilen und Räumen herleiten.

Daraus ist von ROUVEL (siehe Literatur [1] , [2] und [3]) eine elektrische Ersatzschaltung (Ersatz-Modell) für das thermisch-energetische Verhalten von Bauteilen mittels einer diskreten RC-Schaltung hergeleitet worden. Dieses Verfahren ist auch in die europäische Normung (DIN EN 13 786) aufgenommen.

Das thermisch-energetische Verhalten jedes Bauteils im Raum wird dabei durch je zwei "Ersatz-Kapazitäten" sowie drei "Ersatz-Widerstände" beschrieben. Diese lassen sich je Art des Bauteils zu einer "Ersatz-Kapazität" und zwei "Ersatz-Widerständen" zusammenfassen.

Die einzelnen Bauteile des Raumes werden dann zu einem n-Kapazitäten-Modell (n-K-Modell) zusammen geschaltet.

Dieses n-K-Modell zeigt nach den Testberechnungen zu VDI 6020 die besten Übereinstimmung mit dem detaillierten Beuken-Modell (siehe Literatur [4]), auch gegenüber Programmen nach den unterschiedlichen Differenzenverfahren.

Das n-Kapazitäten-Modell nach **GEBSIMU** erfüllt alle Anforderungen nach VDI 6020, VDI 6007-1, VDI 2078, ASHRAE 140 (BESTest) , DIN EN 15265 und DIN EN ISO 13792.

2-Kapazitäten-Modell (2-K-Modell) nach VDI 6007-1 :

Die diskrete analytische Lösung mittels des 2-K-Modells stellt eine zulässige und ausreichend genaue Vereinfachung des n-K-Modells dar (siehe Literatur [4] und [5]).

Alle Außenflächen (einschließlich der Flächen zu anders temperierten Nebenräumen) werden zusammengefasst und durch eine RC-Schaltung beschrieben.

Entsprechend werden auch alle Innenflächen (Flächen zu Nebenräumen mit gleichen thermischen Verhältnissen) zu einer RC-Schaltung zusammengefasst.

Das 2-K-Modell zeigt nach den Testberechnungen zu VDI 6020 sehr gute Übereinstimmung mit dem detaillierten Beuken-Modell.

Das 2-Kapazitäten-Modell nach VDI 6007-1 erfüllt die Anforderungen nach VDI 6020, VDI 6007-1, VDI 2078, ASHRAE 140 (BESTest) und DIN EN 15265.

Weitere Informationen zum **GEBSIMU**-Berechnungsverfahren sowie zum n-K-Modell und zum 2-K-Modell finden sich in der PDF-Datei:

[GEBSIMU-Berechnungsverfahren.pdf](#)

Das Programm RO 102 (Thermische und energetische Analyse)

Bei Anlagen ohne Klimatisierung - also in der Regel bei reinen Heizungsanlagen - werden im Folgeprogramm **RO 102** die mit **RO 101** ermittelten Heiz- und Kühllasten der einzelnen Räume unter Berücksichtigung der Häufigkeit ihres Vorkommens zeitgleich aufsummiert.

Zusätzlich werden mit dem Programm **RO 102** sowohl für Heizungsanlagen als auch für raumlufttechnische Anlagen die erwartbaren Raumtemperaturen hinsichtlich maximal erwartbarer Werte, Tagesgang, Häufigkeitsverteilung und Übertemperaturgradstunden analysiert.

Die Ergebnisse werden auch grafisch ausgewertet.

Das Programm RO 134 (Anlagensimulation)

Bei Gebäuden mit Klimaanlage oder mechanischen Lüftungen berechnet das Programm **RO 134** ausgehend von den Heiz- und Kühllasten der einzelnen Räume (**RO 101**) die erforderlichen Zuluftmengen und den Bedarf für das Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten der Zuluft.

Dabei werden die Anforderungen und Auswirkungen unterschiedlicher Anlagensysteme, Anforderungen an das Raumklima und die Regelstrategie berücksichtigt.

Unter Einbeziehung verschiedener Möglichkeiten zur Energierückgewinnung kann der Wärme- und Kältebedarf sowie der Beleuchtungs- und Ventilatorstrombedarf für das Gebäude bzw. die raumlufttechnische Anlage ermittelt werden.

Die Ergebnisse werden auch grafisch ausgewertet.

Die Eingabe-Dateien

Die Eingabe-Dateien für die einzelnen Berechnungsprogramme **RO 101**, **RO 102** und **RO 134** enthalten die für die Simulationsläufe nötigen Daten und liegen im ASCII Format vor. Die Erstellung der Eingabe-Dateien erfolgt vom Benutzer mit Hilfe der Eingabemasken der **GEBSIMU**-Oberfläche.

In diesen Eingabe-Dateien sind auch die bereits erwähnten Rückkopplungen zwischen Gebäudesimulation und Anlagensimulation implementiert. Diese Kopplung ist beispielsweise für Leistungsbegrenzung, Regelungsstrategien, zeitweises Abschalten von Anlagen und Anlagenfunktionen, Vorgaben von Zuluftmengen und Zuluftzuständen u.v.m. gegeben.

Die Ergebnis-Dateien

Jedes der drei Programme **RO 101**, **RO 102** und **RO 134** erzeugt eine Text-Datei, in der die Ergebnisse einer Berechnung gespeichert werden.

Weiterhin können die Ergebnisse von allen drei Programmen jeweils in eine Excel-Datei geschrieben werden. Damit ist eine individuelle Weiterbearbeitung der Ergebnisse möglich.

Zusätzlich zu den Text-Dateien wird von den Programmen **RO 102** und **RO 134** jeweils eine Grafik-Datei erzeugt.

Die Testreferenzjahr-Datei

Eine Testreferenzjahr-Datei enthält alle für die Simulation relevanten meteorologischen Daten eines Ortes bzw. eines Gebietes über ein *typisches* Jahr als Stundenwerte mit 8760 Stunden pro Jahr.

Die Kennwerte für die Testreferenzjahre des Deutschen Wetterdienstes DWD sowie von Meteonorm für das Gebiet der BRD sind bereits in **GEBSIMU** implementiert.

Weiterhin sind in **GEBSIMU** die Klimadaten für die Auslegungsverhältnisse im Sommer und Winter enthalten.

Für **Standorte außerhalb der BRD** wird als Dienstleistung angeboten:

- o Erstellen des Testreferenzjahres nach Meteonorm im Datenformat für **GEBSIMU**
- o Implementieren der zugehörigen Kennwerte für das Außenklima einschließlich der Auslegungsverhältnisse in **GEBSIMU**

Die Direktzugriffs-Datei

Ein Simulationslauf mit dem Programm **RO 101** bezieht sich immer auf einen einzelnen Raum, Raumtyp oder nur auf einen Teil eines Raumes.

Die Programme **RO 102** und **RO 134** sind Folgeprogramme von **RO 101** und summieren die Heiz- und Kühllast mehrerer Räume bzw. liefern Ergebnisse, die sich auf das gesamte Gebäude bzw. auf eine haustechnische Anlage beziehen.

Dazu benötigen diese Folgeprogramme Ergebnisdaten vom Programm **RO 101**, die in der Direktzugriffs-Datei abgelegt sind. In einer Berechnungsserie werden in dieser Datei nach jedem Simulationslauf mit dem Programm **RO 101** mit dem bereits bestehenden Dateiinhalt verkettet. Die Direktzugriffs-Datei beinhaltet somit auch Informationen über eine Folge von Berechnungen.

Spezielle Dateien für Zwischenklimazonen

Speziellen Dateien werden erzeugt, wenn es sich bei dem Raum, der mit **GEBSIMU** simuliert werden soll, um eine Zwischenklimazone (Wintergarten, Atrium o.ä.) handelt. Die Ergebnisse über das Klima in dieser Zwischenklimazone werden während des Simulationslaufes in diesen Dateien abgespeichert.

Wenn im weiteren Verlauf der Gebäudesimulation ein Raum betrachtet wird, der hinter dieser Zwischenklimazone liegt, greift **GEBSIMU** auf diese Dateien automatisch zu.

Grundlagen für den Ablauf einer Gebäudesimulation

Eine **Eingabe-Datei** für das Programm **RO 101** enthält Daten für die Berechnung der Heiz- und Kühllasten **eines Raumes** bzw. **eines Raumtyps**. Dabei werden alle Räume gleichen **Raumtyps**, aber unterschiedlicher Sonneneinstrahlung (sogenannte "**Zonen**") in einer Berechnung (**ein Raumtyp**) zusammengefasst. Maximal 99 **Raumtypen** können berücksichtigt werden, die jeweils wieder bis zu 9 **Zonen** aufweisen können.

Typische Räume (**Raumtypen**, Raumzellen oder **Module**) sind beispielsweise :

- Mittelraum in einem Zwischengeschoss
- Eckraum in einem Zwischengeschoss
- Mittelraum unter dem Dach (Dach-Mittelraum)
- Eckraum unter dem Dach (Dach-Eckraum)
- Mittelraum im Erdgeschoss (EG-Mittelraum)
- Eckraum im Erdgeschoss (EG-Eckraum)
-

Unter dem Begriff **Zone** (Zone 1 bis max. 9) wird eine Variation *eines* Raumes (*eines* **Raumtyps**, *einer* Raumzelle oder *eines* **Moduls**) verstanden, bei dem folgende Eigenschaften gleich sind :

- Art und Größe der Raumumschließungsflächen
- wärmetechnischer Aufbau der Raumumschließungsflächen
- Fensterart und -größe
- Wärmedurchgangszahl der Fenster
- Fensterlüftung
- Nutzung
- Personenbelegung
- elektr. Anschlussleistung der Beleuchtung
- innere Wärmequellen
- Art und Regelung der haustechnischen Anlage

Folgende Eigenschaften können unterschiedlich sein :

- Sonnenschutzmaßnahmen
- Himmelsrichtung
- Beschattung der Außenwände und Fenster

Typische unterschiedliche **Zonen eines** Raumes (**Raumtyp**, Raumzelle oder **Modul**) sind beispielsweise :

- Raumtyp: Mittelräume in einem Zwischengeschoß mit folgenden Varianten .
 - o Süd
 - o Süd-West
 - o West
 - o
 - o Süd verschattet von Ost her
 - o Süd verschattet von West her
 - o
 - o
 - o Süd im 1. OG
 - o Süd im 5. OG
 - o
 - o Nord-Ost mit Sonnenschutz
 - o Nord-Ost ohne Sonnenschutz
 - o

Beim Programm **RO 101** ist daher eine **feste Reihenfolge** für den Start der einzelnen Berechnungen (*Raumtypen*) vorgeschrieben. Das bedeutet, dass zuerst der Simulationslauf mit der Eingabe-Datei für die **erste** Berechnung (*Raumtyp*) gestartet werden muss, bevor dann ein Simulationslauf für die zweite, dritte ... Berechnung durchgeführt werden kann.

Die Applikation **GEBSIMU** wird es daher unterbinden, dass in einer Berechnungsserie zuerst ein Simulationslauf mit der Berechnung (*Raumtyp*) Nr. 2 gestartet, ohne ein Ergebnis von der Berechnung (*Raumtyp*) Nr.1 vorliegen zu haben.

Die Einhaltung der Reihenfolge ist erforderlich, damit in den Folgeprogrammen **RO 102** und **RO 134** eine eindeutige Zuordnung zu den Eingabedaten gegeben ist.

Die Programme **RO 102** und **RO 134** sind Folgeprogramme von **RO 101** und summieren über mehrere Räume gleichen oder unterschiedlichen *Raumtyps*. Sie liefern Ergebnisse, die sich auf das ganze Gebäude oder auf einzelne Anlagen beziehen.

Diese Restriktionen über die Reihenfolge beim Start von Simulationsrechnungen einer bestimmten Berechnungsserie werden automatisch beim Programmablauf von **GEBSIMU** durch ein **GEBSIMU-MAKRO** beachtet.

Literaturhinweise

- [1] Rouvel, L.: Berechnung des wärmetechnischen Verhaltens von Räumen bei dynamischen Wärmelasten.
FfE-Berichte Nr.2 in BWK 24 (1972), Nr.6, S.245/262
- [2] Rouvel, L.: Raumkonditionierung - Wege zum energetisch optimierten Gebäude.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1978
- [3] Rouvel, L.: Thermische und energetische Optimierung von Gebäuden mittels Computersimulation.
VDI Bericht 1022, S.35/49 VDI Verlag, Düsseldorf 1992
- [4] Rouvel, L. und F. Zimmermann:
Ein Regeltechnisches Modell zur Beschreibung des thermisch dynamischen Raumverhaltens
Teil 1: Theoretische Grundlagen und deren Anwendung auf die Berechnung von Raumtemperaturen
HLH Bd. 48 (1997) Nr. 10 S. 66/75
Teil 2: Vergleich der Berechnungsergebnisse für das regelungstechnische Modell mit anderen Verfahren am Beispiel sommerlicher Raumtemperaturen
HLH Bd. 48 (1997) Nr. 12 S. 24/31
Teil 3: Berechnung von Gewichtungsfaktoren für VDI 2078 und alternatives Verfahren mittels Übergangsfunktionen
HLH Bd. 49 (1998) Nr. 1 S. 18/29
- [5] Rouvel, L. und F. Zimmermann:
Berechnung des instationären thermischen Gebäudeverhaltens
HLH Bd. 55 (2004) Nr. 3 S. 39/46 und Nr. 4 S. 24/30
- [6] L. Rouvel und C. Seifert:
Wärmeeintrag in den Raum aufgrund kurzweiliger Einstrahlung
KI Kälte - Luft - Kältetechnik Juli/August 2007, S. 24/26
und September 2007 S. 34/38
- [7] L. Rouvel , C. Seifert und F. Zimmermann:
Die künftige VDI 2078 im Kontext zur europäischen Normung
HLH Bd. 59 (2008) Nr. 8 - August S. 49/54
- [8] L. Rouvel:
Was bedeutet der Begriff Kühllast ?
- Aspekte der neuen VDI-Kühllastregeln
HLH Bd. 60 (2009) Nr. 9 - September S.44/47
- [9] L. Rouvel und C. Seifert:
Der Begriff Kühllast in der künftigen VDI 2078
HLH Bd. 63 (2012) Nr. 2 - Februar S.24/29
- [10] VDI 2078 Juli 1996:
Berechnung von Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)

VDI 2078 Juni 2015:

Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen
(Auslegung Kühllast und Jahressimulation)

[11] VDI 6007- Blatt 1 Juni 2015:

Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden
- Raummodell

[12] VDI 6007- Blatt 2 März 2012:

Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden
- Fenstermodell

[13] VDI 6007- Blatt 3 Juni 2015:

Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden
- Modell der solaren Einstrahlung

[14] VDI 6020 Blatt 1 Mai 2001:

Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation
- Gebäudesimulation

VDI 6020 Entwurf September 2016:

Anforderungen an thermisch energetische Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation

[15] ANSI/ASHRAE Standard 140-2007:

Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs

[16] DIN EN ISO 13791 August 2012:

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
- Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik
- Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (ISO 13791:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 13791:2012

[17] DIN EN ISO 13792 August 2012:

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
- Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik
- Vereinfachtes Berechnungsverfahren (ISO 13792:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 13792

[18] DIN EN 15255 November 2007:

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
- Berechnung der wahrnehmbaren Raumkühllast
- Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren;
Deutsche Fassung EN 15255:2007

[19] DIN EN 15265 November 2007:

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
- Berechnung des Heiz- und Kühlenergieverbrauchs
- Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren;
Deutsche Fassung EN 15265:2007

3 Arbeiten mit *GEBSIMU*

Das Arbeiten mit *GEBSIMU* ist übersichtlich gestaltet und ohne längere Einarbeitungszeiten effizient möglich.

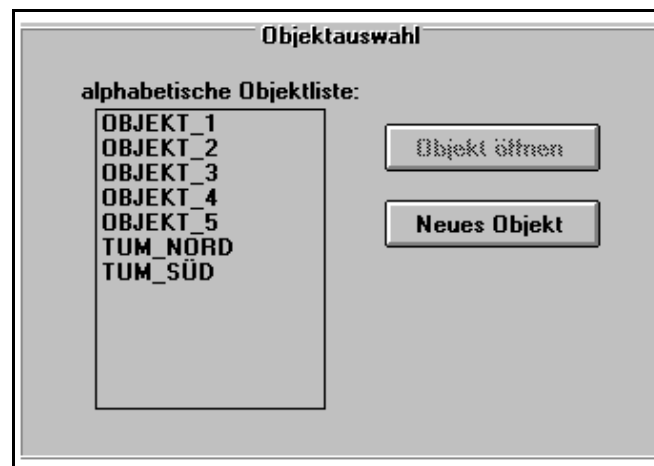
Objektverzeichnis

Zur Berechnung des Energie- und Leistungsbedarf sowie der Raumtemperaturen eines Gebäudes wird in dem Programmpaket "Thermisch-energetische Gebäudesimulation *GEBSIMU*" mit einer Vielzahl von Dateien gearbeitet.

Zur Verwaltung all dieser Dateien werden sogenannte "**Objektverzeichnisse**" angelegt.

Nach dem Start von *GEBSIMU* erscheint in der Bildmitte ein Rahmen für die **Objektauswahl**.

In der Objektliste sind alle bisher verfügbaren (angelegten) Objektverzeichnisse alphabetisch sortiert aufgelistet.

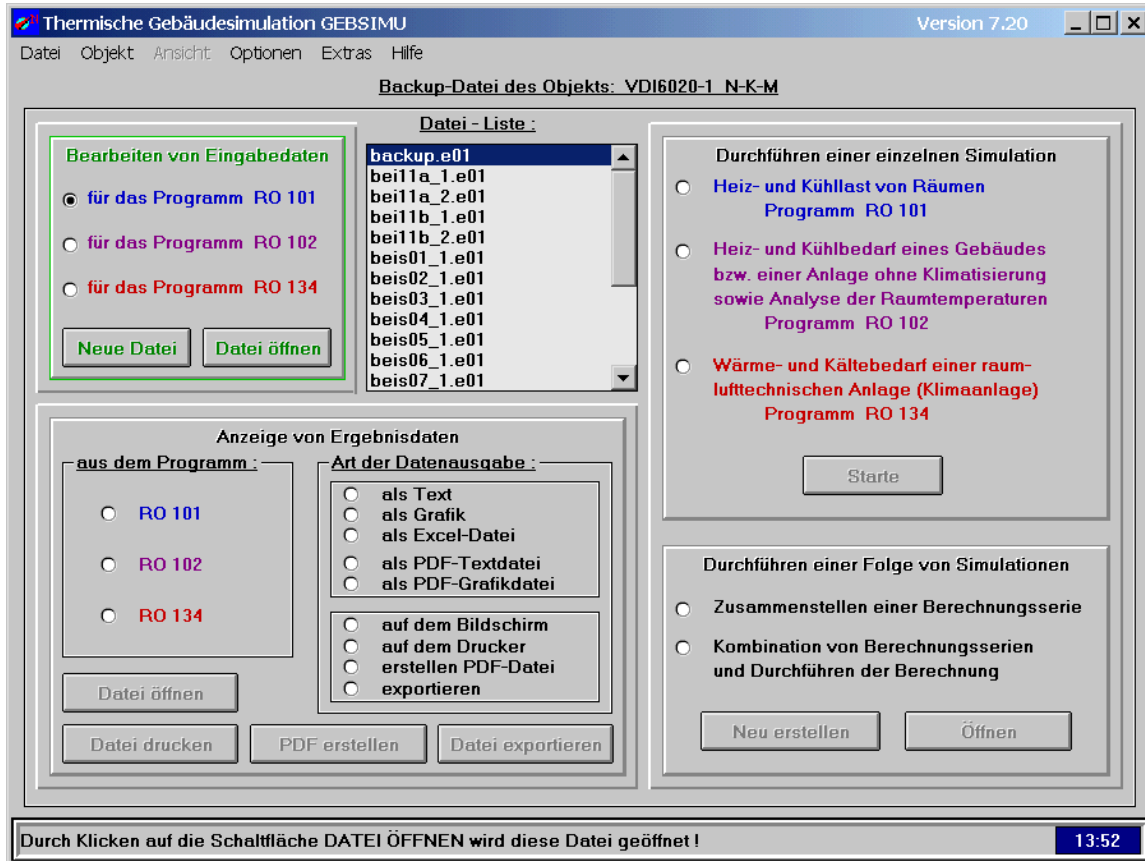


Auswahlmenü

Nach dem Öffnen eines Objektes bzw nach dem Anlegen eines neuen Objektes sieht man das **Auswahlmenü**, das eine **Datei - Liste** und **vier Bearbeitungsblöcke** mit den Überschriften

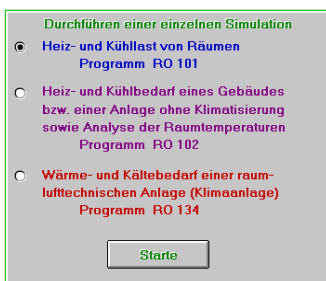
- **Bearbeiten von Eingabedaten**
- **Anzeige von Ergebnisdaten**
- **Durchführen einer einzelnen Simulation**
- **Durchführen einer Folge von Simulationen**

enthält.



Der gerade **aktive Bearbeitungsblock** ist daran zu erkennen, dass die **Überschrift** und der **Rahmen** dieses Blocks **grün** eingefärbt ist - im Gegensatz zu den anderen gerade inaktiven Bearbeitungsblöcken mit der Überschriftenfarbe **schwarz** und **ohne** Rahmenfarbe **grün**.

Klickt man in den Bereich eines Bearbeitungsblocks, so erkennt man, dass dessen Überschrift und Rahmen zur **grünen** Farbe überwechselt und dass die Überschrift und der Rahmen des zuvor aktiven Blocks nun **schwarz** geworden ist.

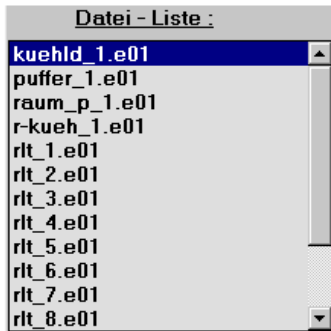


Der Grundstock der Applikation **GEBSIMU** besteht aus den **drei Berechnungsprogrammen RO 101, RO 102 und RO 134**, deren Kurzcharakterisierung im Bearbeitungsblock

"Durchführen einer einzelnen Simulation" aufgeführt ist.

Zu jedem der farbig gekennzeichneten Berechnungsprogramme existiert jeweils eine gleichfarbige Option

- o zum **Bearbeiten von Eingabedaten** (im Auswahlmnü links oben) und
- o zur **Anzeige von Ergebnisdaten** (im Auswahlmnü links unten).



Die Datei - Liste im Zentrum des Auswahlmenüs listet immer diejenigen Dateien des Objektes auf, die gerade bearbeitet bzw. angezeigt werden können.

Anm.: Der Suffix einer Datei kennzeichnet die Art der Datei !

Suffix: Art der Datei:

- e01** Eingabedaten des Programms **RO 101**
- e02** Eingabedaten des Programms **RO 102**
- e34** Eingabedaten des Programms **RO 134**

- a01** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 101** als Text
- x11** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 101** für Excel
- a02** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 102** als Text
- g02** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 102** als Grafik
- x12** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 102** für Excel
- a34** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 134** als Text
- g34** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 134** als Grafik
- x14** Ergebnis-(Ausgabe-)daten des Programms **RO 134** für Excel

- pdf Ergebnis-(Ausgabe-)daten für Texte und Grafiken als **PDF**-Datei

- fol** Einzelmakro - Datei (Zusammenfassen einer einzelnen
Berechnungsserie - Berechnungsfolge)

- sam** **Sammelmakro** - Datei (Start von Berechnungen)

Bearbeiten von Eingabedaten



Für jede der drei Berechnungsprogramme **RO 101, RO 102 und RO 134**

lassen sich Eingabedaten über eine MS-Visual Basic Eingabeoberfläche bearbeiten. Dabei können zum einen vorhandene Daten (Dateien) bearbeitet und zum anderen neue Daten erstellt bzw. übernommen werden (auch von anderen Objekten).

Es öffnet sich dann die entsprechende Eingabemaske zu dem jeweiligen Programm. Damit der Bearbeiter immer weiß, mit welchem Programm er gerade arbeitet, besitzen die Eingabeoberflächen die Farbkennung der Programme als Hintergrundfarbe.

Die Eingabeformulare sind in Themenbereiche zusammengefasst. So gibt es für das Programm **RO 101** acht Themenbereiche (Formulare), die jeweils über die Menüleiste aktiviert werden können: **Allgemeines Ort / Zeiten Raumklima Innenlasten Heizlast Kühllast Flächen Zonen**

Jedes dieser Formulare ist wiederum unterteilt nach Optionen, für die jeweils im rechten Teil des Formulars ein spezielles eigenes **Unterformular** angezeigt wird.

Hierdurch wird die Eingabe sehr übersichtlich, transparent und benutzerfreundlich.

Unterstützt wird die Eingabe auch über die detaillierte **GEBSIMU**-Hilfe.

Ausgabe von Ergebnisdaten

Für die Ergebnisausgabe und -bearbeitung steht eine Reihe von unterschiedlichen Möglichkeiten zur Verfügung.

Art der Datenausgabe :

als Text
 als Grafik
 als Excel-Datei
 als PDF-Textdatei
 als PDF-Grafikdatei

auf dem Bildschirm
 auf dem Drucker
 erstellen PDF-Datei
 exportieren

Ergebnisausgabe als Text

- auf dem Bildschirm
- auf dem Drucker
- als PDF-Datei

GEBSIMU-Editor
Datei Bearbeiten Einstellungen Suchen Hilfe

Dateiname: E:\GebSimu\TEST_OBJ_N-K-M\rtl_1.a01

Z O N E 1 : RAUMTYP 1 (EINE ACHSE) * NORMALGESCHOSS * ZWISCHENRAUM * N N W

BERECHNUNG (RAUMTYP) NR. 1 : RAUMTYP 1 (EINE ACHSE) * NORMALGESCHOSS * ZWISC

D I M E N S I O N I E R U N G D E R K U E H L L A S T I M S O M M E R

K L A R E R T A G

DIE RAUMTEMPERATUR WIRD AM TAG GLEITEND NACH DER AUSSENTEMPERATUR GEREGLT

FORTSETZUNG

UHRZEIT	J U L I				A U G U S T				S E P T E			
	TEMPERATUR		TEMPERATUR		TEMPERATUR		TEMPERATUR		TEMPERATUR		TEMPERATUR	
h	AUSSEN	LUFT	EMPF.	Watt	AUSSEN	LUFT	EMPF.	Watt	AUSSEN	LUFT	EMPF.	Watt
	GRAD C	GRAD C			GRAD C	GRAD C			GRAD C	GRAD C		
0- 1	20.6	24.9	25.0	0	20.2	24.1	24.1	0	15.5	21.6	21.	
1- 2	18.9	24.6	24.6	0	18.7	23.8	23.9	0	14.1	21.3	21.	
2- 3	17.5	24.2	24.3	0	17.4	23.5	23.6	0	12.9	21.0	21.	
3- 4	16.6	24.0	24.1	0	16.3	23.2	23.3	0	12.0	20.7	20.	
4- 5	16.1	23.8	23.9	0	15.6	23.0	23.1	0	11.4	20.5	20.	
5- 6	16.1	23.6	23.7	0	15.2	22.8	22.9	0	11.0	20.3	20.	
6- 7	16.7	22.0	22.7	-106*	15.3	22.0	22.4	-45*	11.1	22.0	21.	
7- 8	17.8	22.0	22.6	-105*	16.2	22.0	22.3	-52*	12.2	22.0	21.	
8- 9	19.4	22.0	22.8	-207*L1	17.8	22.0	22.6	-160*L1	14.2	22.0	21.	

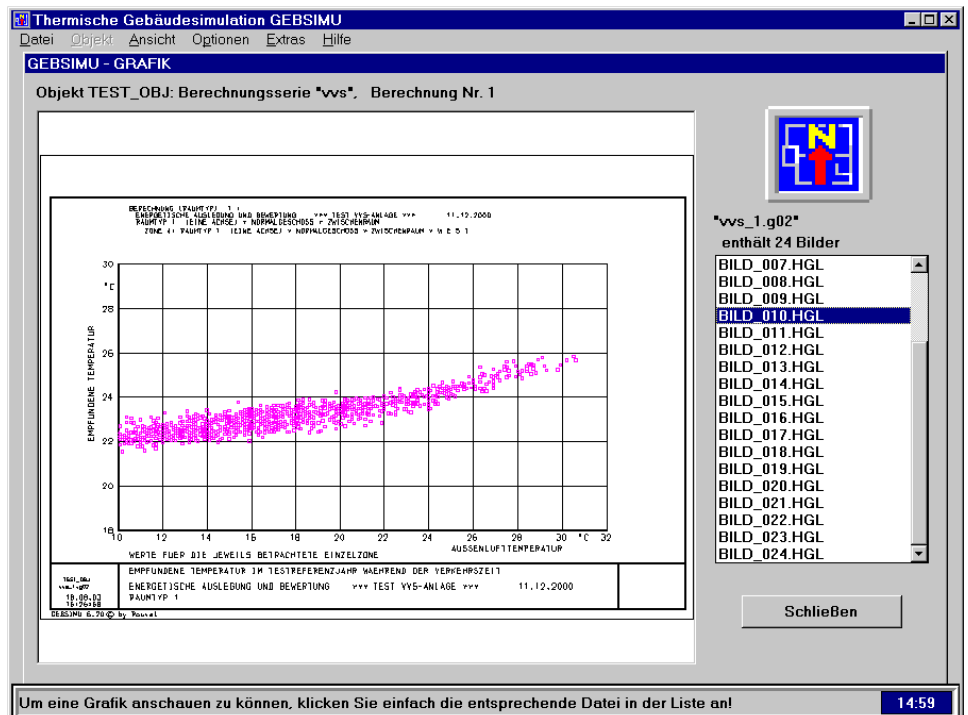
Art der Datenausgabe :

als Text
 als Grafik
 als Excel-Datei
 als PDF-Textdatei
 als PDF-Grafikdatei

auf dem Bildschirm
 auf dem Drucker
 erstellen PDF-Datei
 exportieren

Ergebnisausgabe als Grafik

- auf dem Bildschirm
- auf dem Drucker
- als PDF-Datei
- exportieren



Art der Datenausgabe :

- als Text
- als Grafik
- als Excel-Datei
- als PDF-Textdatei
- als PDF-Grafikdatei

- auf dem Bildschirm
- auf dem Drucker
- erstellen PDF-Datei
- exportieren

Grafik-Datei *kuehld_1.g02* exportieren

Als Direktexport ins ...

- ... Portable Document Format - Adobe-PDF (*.PDF)
- ... Encapsulated PostScript Format - Adobe-PS (*.EPS)
- ... PostScript Format - Adobe-PS (*.PS)
- ... Hewlett Packard HPGL-Plotter Format (*.HGL)
- ... Hewlett Packard HPGL-Plotter Format (*.PLT)

Als Sekundärexport (mit einer HPGL-Zwischenumwandlung) ins ...

- ... Adobe Illustrator Format (*.AI)
- ... Microsoft Windows Device Independent Bitmap Format (*.BMP)
- ... Computer Graphics Metafile Format (*.CGM)
- ... Clear Text Computer Graphics Metafile Format (*.CTM)
- ... Harvard Graphics 3.0 Drawing Format (*.HG3)
- ... Micrografx Drawing Format (*.DRW)
- ... AutoCAD Drawing Interchange File Format Version 12 (*.DXF)
- ... Digital Research Graphics File Format (*.GEM)
- ... CompuServe Graphics Interchange File Format (*.GIF)
- ... OS/2 PM Metafile Format (*.MET)
- ... NAPLPS Graphics File Format (*.NAP)
- ... Macintosh Quickdraw File Format (*.PCT)
- ... ZSoft PC Paintbrush Bitmap Format (*.PCX)
- ... Truevision TARGA File Format (*.TGA)
- ... (TIFF) Tag Image File Format (*.TIF)
- ... Microsoft Windows Metafile Format (*.WMF)
- ... WordPerfect Graphic File Format (*.WPG)

OK

Abbrechen

Art der Datenausgabe :

- als Text
- als Grafik
- als Excel-Datei
- als PDF-Textdatei
- als PDF-Grafikdatei

- auf dem Bildschirm
- auf dem Drucker
- erstellen PDF-Datei
- exportieren

Microsoft Excel - r-temp_1.xls

DATEI Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten RoboPDF Fenster ? Adgbe PDF Frage hier eingeben

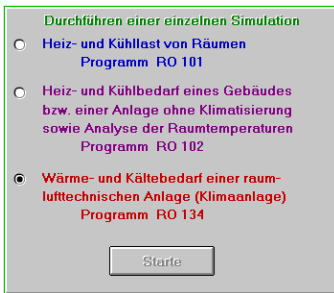
A1 HEIZ- UND KUEHLLAST VON RAEUMEN

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
141	DIMENSIONIERUNG DER KUEHLLAST IM SOMMER									
142	KLARER TAG									
143	DIE RAUMTEMPERATUR WIRD AM TAG GLEITEND NACH DER AUSSENTEMPERATUR GEREGLT									
144	ERMITTELT FUER DIE MONATE APRIL BIS SEPTEMBER									
145										
146										
147										
148										
149	ZONE	TAGART	MONAT		UHR-	LFD.	AUSSEN-	RAUM-	EMPF.	HEIZLAST
150					ZEIT	STD.	TEMP.	LUFTTEMP.	TEMP.	
151					h	h	°C	°C	°C	Watt
152										
153	1	1	4		0 bis 1	1	13,4	22	22,6	
154	1	1	4		1 bis 2	2	11,9	22	22,4	
155	1	1	4		2 bis 3	3	10,6	22	22,2	
156	1	1	4		3 bis 4	4	9,5	22	22	
157	1	1	4		4 bis 5	5	8,8	22	21,8	
158	1	1	4		5 bis 6	6	8,4	22	21,7	10
159	1	1	4		6 bis 7	7	8,5	22	21,7	8
160	1	1	4		7 bis 8	8	9,4	22	21,9	
161	1	1	4		8 bis 9	9	11	26,2	25,3	
162	1	1	4		9 bis 10	10	13,2	29,7	28,3	
163	1	1	4		10 bis 11	11	15,7	30,9	29,2	
164	1	1	4		11 bis 12	12	18,4	32,7	30,4	

Bereit

**Ergebnisausgabe als
Excel-Datei
- auf dem Bildschirm**

Starten *eines* Berechnungsprogramms

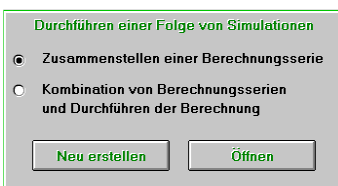


Für jede einzelne Eingabedatei kann direkt eine Simulationberechnung durchgeführt werden.

Da dabei die richtige Reihenfolge bei einer Berechnungsfolge eingehalten werden muss, überprüft die Applikation **GEBSIMU** automatisch die formale Richtigkeit.

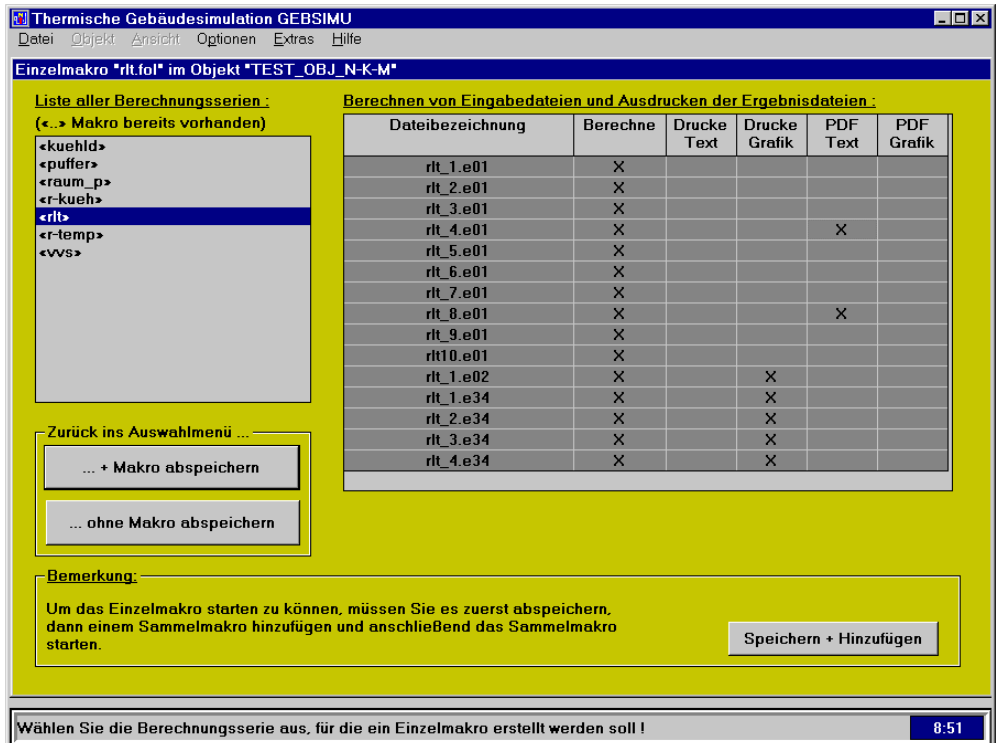
Einfacher geht es unter Verwendung des **GEBSIMU**-Einzelmakros.

Durchführen einer Folge von Simulationen

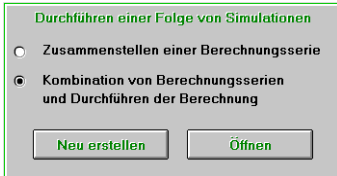


Zusammenstellen *einer* Berechnungsreihe

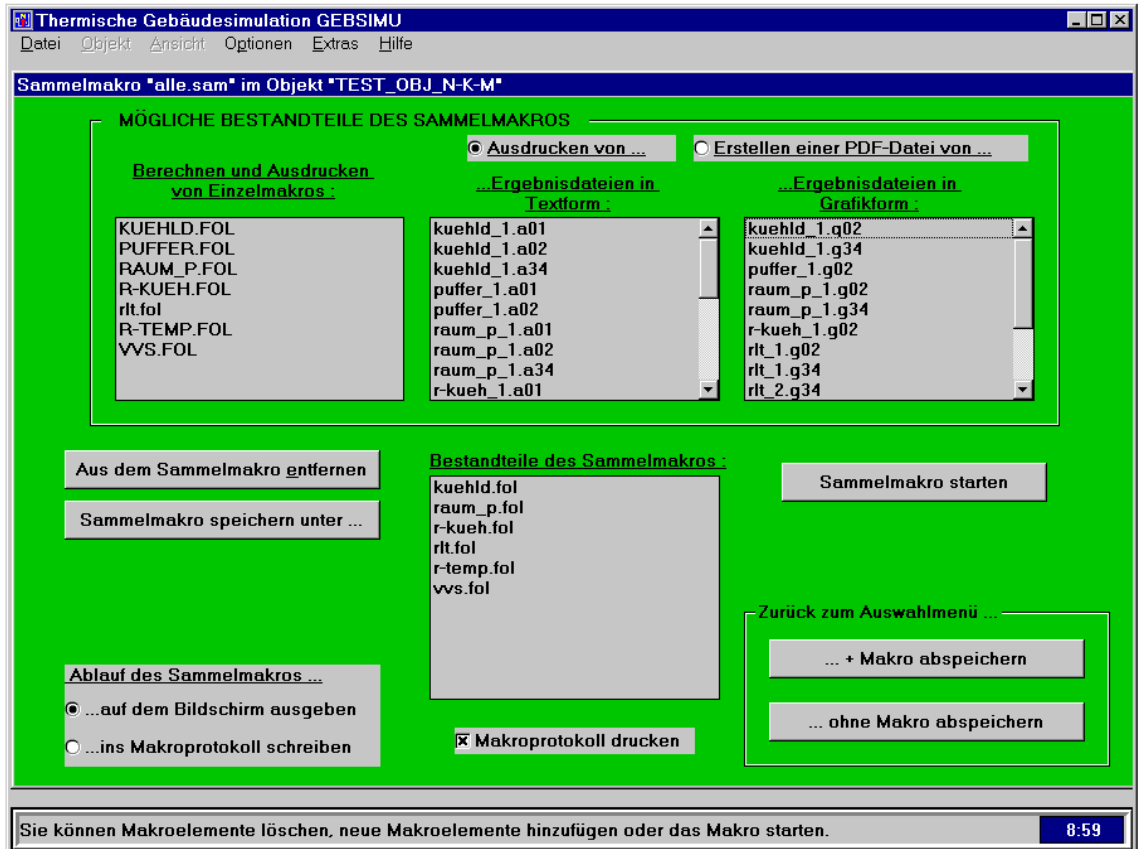
(Erstellen und Öffnen eines *Einzelmakros*)



Über das **GEBSIMU**-Einzelmakro wird eine Berechnungsfolge automatisch formal richtig zusammengestellt. Da nur bestimmte Kombinationen sinnvoll sind, überprüft die Applikation **GEBSIMU** gleich nach dem Klicken in eine Zelle, ob diese Aktion bei dem gegenwärtigen Kontext erlaubt ist. Beim Zusammenstellen eines Einzelmakros wird die formale Richtigkeit der Berechnungsabfolge von der Applikation **GEBSIMU** automatisch überprüft.



Kombination von Berechnungsreihen und Durchführen einer Berechnung (Erstellen eines *Sammelmakros*)



Aus den verfügbaren Berechnungsreihen lässt sich per Mouse-Klick ein Sammelmakro zur Durchführung einer Berechnung zusammenstellen. Dabei können auch bereits vorhandene Text- und Grafik-Ergebnisdaten automatisch ausgedruckt oder in PDF-Dateien konvertiert werden. Der Benutzer braucht sich dabei keine Gedanken über die formale Richtigkeit der Berechnungsabfolge machen, da diese automatisch von der Applikation *GEBSIMU* vorgenommen wird.

4 Kontakte und Impressum

Kontakte für weitere Informationen zum Programmsystem

“Thermisch-energetische Gebäudesimulation **GEBSIMU**”

sowie Bezugsquellen:

Lothar Rouvel

Prof. Dr.-Ing. habil.

Säulingstraße 4

D 80686 München

Tel.: 089 / 576804

E-Mail: rouvel@gebsimu.de

Internet: www.gebsimu.de

www.rouvel.eu

Frank Zimmermann

Beratender Ingenieur

ZB Zimmermann + Becker GmbH

Systemanalysen, thermisch-energetische und
fluiddynamische Simulationen

Frankfurter Straße 8

D 74072 Heilbronn

Tel.: 07131 / 96500

E-Mail: f.zimmermann.weinsberg@t-online.de

Internet: www.zimmermannundbecker.de