

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen Annex 53: Gesamtenergie- verbrauch in Gebäuden

Analysen und  
Bewertungsmethoden

T. Bednar  
A. Korjenic

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 18/2014

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen Annex 53: Gesamtenergie- verbrauch in Gebäuden

Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Thomas Bednar,  
Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Azra Korjenic  
Technische Universität Wien  
Institut für Hochbau und Technologie  
Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Wien, August 2013

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	8
1.1	Stand der Technik im Forschungsgebiet.....	9
1.2	Vorarbeiten zum Thema.....	11
2.	Annex 53 .....	12
2.1	Subtask-Struktur und Ablaufplan.....	12
2.1.1.	Subtask Struktur .....	12
	Projektziele.....	14
2.2	Verwendete Methodik, Daten und Vorgangsweise .....	15
	Die Daten der Beispielfälle (Case Studies) wurden auch für die Modellentwicklung in Subtask C, für die statistischen Analysen in Subtask D sowie für die dynamische Gebäudesimulationen verwendet. ....	16
3.	Ergebnisse des Projektes.....	16
2.2.1	Subtask A .....	18
	Begriffsdefinition in Bezug auf Energieverbrauch und Einflussfaktoren .....	18
	Definitionen bezüglich des Gesamtenergieverbrauchs .....	20
2.2.2	Task Force Nutzerverhalten .....	26
2.2.3	Subtask B: Beispielfälle und Datensammlung .....	30
	Analyse der Datenerhebung für die Verwaltung eines Gebäudeenergiesystem .....	37
2.2.4	Subtask C: Statistische Auswertung des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden .....	38
2.2.5	Subtask D: Bewertung der Gesamteffizienz .....	40
2.4	Empfänger und Vorteile.....	42
4.	Detailangaben in Bezug auf die Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur (IEA) .....	43
5.	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	44
6.	Ausblick und Empfehlungen.....	48
7.	Literaturverzeichnis .....	50
8.	Abbildungsverzeichnis.....	55
9.	Tabellenverzeichnis.....	55



## KURZFASSUNG

Eine der wichtigsten Hürden für das Erreichen der Ziele zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, ist im Wesentlichen der Mangel an Wissen über die Faktoren, die den Energieverbrauch beeinflussen. Auch politische Vereinbarungen zur Energieeinsparung (z.B. EPBD der EU), sowie über die Begrenzung der Treibhausgasemissionen, beruhen auf dem aktuellen Wissensstand des Energieverbrauchs, bei welchem eine komplexe Reihe von Faktoren, (einschließlich das Nutzerverhalten), eine bedeutende Rolle spielen. Aufgrund des, in der Regel, schlechten Verständnisses der Interaktion der Menschen mit dem Gebäude, kommt es sehr oft zu einer erheblichen Diskrepanz zwischen dem berechneten Energiebedarf und dem realen Energieverbrauch in Gebäuden.

Das Hauptziel des Projekts „IEA Annex 53“ war die Stärkung der Wissensbasis und Beseitigung bestehender Wissenslücken, für eine zuverlässige Vorhersage des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden. Dabei wurden Wohngebäude (Einfamilien- und Mehrfamilienwohnhäuser) und Bürogebäude (große und kleine Bürohäuser) in Bezug auf die relevanten Einflussfaktoren (Außenklima, Bautechnik, Gebäudetechnik, Innenklima, Betriebsführung/Nutzung, Wartung) untersucht. Die Ergebnisse sind für BewohnerInnen/NutzerInnen, PlanerInnen, Bauträger und Investoren, Energie-Contracting- Unternehmen und auch für politische Entscheidungsträger relevant, um ein Verständnis für die Bedeutung der verschiedenen Einflussfaktoren auf den realen Energieverbrauch zu bekommen und in zukünftige Planungsentscheidungen bzw. Anforderungsszenarien einfließen zu lassen.

Der Energieverbrauch von Gebäuden wird insbesondere durch folgende sechs Faktoren beeinflusst: (1) Klima, (2) Gebäudehülle (3) Haustechnik und Energiesysteme, (4) Gebäudebetrieb und Wartung (5) Nutzeraktivitäten und -verhalten, und (6) angestrebte Innenraumluftqualität.

Aktuelle Forschungen konzentrieren sich hauptsächlich auf die ersten drei Umwelt- und Gebädefaktoren, während die menschlichen Faktoren Großteils vernachlässigt und durch die definierten Standardwerte vorgegeben sind. Die Auswertung weltweit gesammelter Mess- und Rechenaten hat gezeigt, dass alle Einflussfaktoren, unter der Verwendung einer Kombination aus Simulationen und gemessenen Verbrauchsdaten, berücksichtigt und herangezogen werden müssen. Eine einheitliche wissenschaftliche Methode zur Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den sechs Einflussfaktoren und dem Energieverbrauch wurde in diesem Projekt entwickelt.

Die wichtigsten Ergebnisse vom Projekt IEA Annex 53 sind die Entwicklung

- einer gemeinsamen Definition des Gesamtenergieverbrauchs sowie der Einflussfaktoren
- von quantitativen Nutzerverhaltensmodellen
- einer Datenbank, in der anhand von bestehenden Case Studies, der Energieverbrauch sowie alle Einflussfaktoren in verschiedenen Ländern dargestellt wird
- von Gebäude-Energie-Monitoring-Methoden und Techniken, einschließlich Hardware- und Software-Plattformen
- der Statistik-Modelle für nationale oder regionale Gebäude-Energie-Daten, einschließlich des Einflusses von Nutzerverhalten

- von Simulationen für die Vorhersage des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden und zur Beurteilung der Auswirkungen von energiesparenden Maßnahmen und Techniken

Fünf unterschiedliche Forschungsgebiete wurden definiert: 1) Definition und Reporting, 2) Beispielfälle und Datenerhebung, 3) statistische Analyse, 4) Energie-Performancebewertung und 5) Nutzerverhaltensanalyse. Es wurden drei Gebäudegruppen definiert: einfach, mittel und komplex. Eine gemeinsame Vorlage für die Erfassung und Darstellung von Gebäuden wurde entwickelt. Eine umfangreiche Literaturrecherche der treibenden Kräfte vom Nutzerverhalten, in Bezug auf Nutzerinteraktion mit Gebäuden, wurde durchgeführt. Der Stand der Technik, betreffend der Nutzerverhaltensmodelle in Bezug auf den Gebäudeenergieverbrauch in der Psychologie, Soziologie und Ingenieurwissenschaften wurde erhoben und dokumentiert. Detaillierte Informationen über die internationalen 13 Büro- und 12 Wohnhäuser, die als Beispielfälle dienen, wurden anhand der aufgestellten Definitionen dokumentiert. Gebäude-Energie-Monitoring- und Datenerfassungsmodelle wurden entwickelt und zusammengestellt. Statistische Methoden wurden anhand der Informationen in der Beispielfall-Datenbank weiterentwickelt. Die Datenbank kann auch für die aktuellen Entwicklungen, im Bereich der Gebäudeenergiesimulationstechnik, angewendet werden.

Österreich hat insgesamt sieben Case Studies eingebracht. Drunter zählen sechs Wohngebäude und ein Bürohaus. Mit Hilfe von Fallstudien Daten wurde ein neues, zweistufiges, statistisches Modell entwickelt. Das Modell basiert auf einer großen Anzahl von Nutzerverhaltensvarianten aus der Gebäudesimulation für eine statistische Verteilung der Energienutzung. In der Nutzerverhaltens-Task-Force wurde auch für Österreich eine Literaturrecherche über verschiedenen Arten von Nutzerverhalten und den Unterschieden zwischen verschiedenen Mittelwertmodellen durchgeführt.

Annex 53 konzentriert sich stark auf die Nutzeraktivitäten und deren Einfluss auf den Energieverbrauch. Die treibenden Kräfte der Nutzeraktionen müssen noch genauer untersucht werden, insbesondere in Bezug auf die Gebäudesteuerung, um die Genauigkeit der Berechnungs-Modelle erhöhen zu können. Auf die Überprüfung der entwickelten Modelle mit Monitoring-Daten für verschiedene Nutzungsgruppen, in verschiedenen Gebäudetypen wird sich die zukünftige Forschung konzentrieren.

## ABSTRACT

One of the most significant barriers for achieving the goal of substantially improving energy efficiency of buildings is the lack of knowledge about the factors determining the energy use. Often a significant discrepancy between the designed and real total energy use in buildings exists due to generally poorly understanding of the interaction of people with the building. This report is a part of the Annex 53 Implementing Agreement of the International Energy Agency ECBCS (Energy Conservation in Buildings and Community Systems).

The focus of this project is the human interaction with buildings and the impact on a building and its total energy use within Austria. The goals of the project are to create a common set of energy use definitions and their influencing factors on an international level, establish quantitative occupant behaviour models, create an international case study database of energy use, create new statistic models for national and regional building energy data considering the influence of occupant behaviour, and assess simulations for energy use predictions and for impact assessments.

Two building types were considered: residential buildings (detached houses and multi-family apartments) and office buildings (large scale high rise offices, and small scale offices). Five distinct areas of research have been established: 1) definition and reporting, 2) case studies and data collection, 3) statistical analysis, 4) energy performance evaluation, and 5) occupant behavior analysis.

State of the art models of occupant behavior in psychology, sociology, and engineering sciences relating to building energy use have been developed and documented on an international level. Detailed information about 13 office and 12 residential international case studies have been documented using the established definitions. Building energy monitoring and data collection models have been developed and summarized. Using the information gathered in the case study database, statistical methods have been elaborated. The database has also been applied to latest developments in building energy simulations.

Austria provided a total of seven case studies, one office and six residential buildings. Using the case study data in a newly developed two-step statistical model, a statistical distribution for a population is generated. The two-step model, based on a large number of occupant behavior variants interacts with a whole building simulation to produce a statistical distribution of energy use values.

Energy use varies significantly in different psychosocial scenarios, especially on an international scale. Occupant behaviour models have advanced to model actions within buildings with great accuracy. When coupled with building energy simulations, increased accuracy in energy use predictions and energy assessments can better reflect real situations.

## 1. Einleitung

Eines der wichtigsten Hindernisse für die effektive Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden ist das mangelnde Wissen über die Faktoren, die den Energieverbrauch bestimmen. Auch politische Vereinbarungen über die Energieeinsparung (z. B. EPBD der EU) sowie über die Begrenzung der Treibhausgasemissionen beruhen auf dem aktuellen, wissenschaftlichen Wissensstand über den Energieverbrauch, der durch eine Reihe von komplexen Faktoren, einschließlich der Nutzerverhalten, beschrieben wird. Es wird sehr oft eine erhebliche Diskrepanz zwischen dem modellierten und dem realen Energieverbrauch in Gebäuden festgestellt. Die Gründe dafür sind generell schlecht bzw. unzureichend gut verstanden, sollten eher in dem Nutzerverhalten gesehen werden. Die Umsetzung von energiesparenden Maßnahmen wird über Normen und Vorschriften durchgesetzt. Betreffend Nutzerverhalten und Aktivitäten in Gebäuden beziehen sich diese immer auf eine durchschnittliche Situation und konzentrieren sich hauptsächlich auf das Gebäude. Solche Standards wie Energy Performance Rating (EPR) verlieren mehr und mehr an der Glaubwürdigkeit in der Öffentlichkeit, weil sie nicht den tatsächlichen Energieverbrauch eines Gebäudes widerspiegeln. Für Investoren im Bereich Energie fehlen Instrumente, mit denen die reale Beurteilung der Energienutzung in Gebäuden, sowie Informationen über tatsächliche Kosten-Nutzen-Verhältnisse zwischen Investitionen in Energie, Sparmaßnahmen und Gewinne ableitbar sind.

Das "Energy Conservation in Buildings and Community Systems"-Programm (ECBCS) der IEA führt gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte durch, die sich auf die Integration von energieeffizienten und nachhaltigen Technologien und Prozesse in Gebäuden und Gemeinden konzentrieren. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten beinhalten die Maßnahmen zur Verwirklichung des Ziels, auf nahe Null Energieverbrauch für Heizen und Kühlen sowie Kohlenstoff-Emissionen in der gebauten Umwelt, zu gelangen. Annexes 53 ist ein internationales Kooperationsprojekt im Implementierung Agreement EBC – Energy in Buildings and Communities (vormals ECBCS) mit dem Titel „Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden – Analysen und Evaluierungsmethoden.

Das Ziel des Annexes 53 ist die Stärkung der Wissensbasis und Entwicklung von neuen Methoden zur Analyse des Gebäude-Energieverbrauchs unter Berücksichtigung möglichst aller Einflussfaktoren, für eine zuverlässige Vorhersage des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden, um die Beurteilung und Planung der kurz- und langfristigen energiepolitischen Maßnahmen, Strategien und Technologien zu ermöglichen. Die Forschung konzentriert sich hier auf zwei Gebäudetypen: Wohn- und Bürogebäude.

Österreich ist beim Annex 53-Projekt vom Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, Institut für Hochbau und Technologie der Technischen Universität Wien im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, vertreten. Das österreichische Engagement umfasst die Mitwirkung bei der Ausarbeitung von Begriffsbestimmungen, Sammlung und Übermittlung von Rechen- und Messdaten von sechs Case Studies (Beispielobjekte) für die Datenbank, Einträge und Partizipation bei der Nutzerverhalten-Arbeitsgruppe und die Entwicklung von statistischen Auswertungen und Evaluationsmethodik unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens in Gebäuden.

Derzeit gängige Berechnungsmethoden des Gesamtenergiebedarfs, die in erster Linie die Gebäudehülle, das Klima, das Standard Heiz-/Kühlsystem sowie eine Standardnutzung berücksichtigen, erfordern aufgrund IEA Annex 53

der Abweichungen der Rechenergebnisse von der Realität, neue Ansätze und Methoden. Vor allem beim Gebäudebestand (dieser trägt wesentlich zum Gesamtenergieaufkommen bei) nach einer Sanierung wurden extrem große Differenzen zwischen berechneten Energiebedarf und tatsächlichen Energieverbrauch festgestellt. Auch bei Bürobauten, insbesondere diejenigen, die mit neuen innovativen Heiz-/Kühlsystemen ausgestattet sind, integrierte erneuerbare Energiequellen oder keine Standardnutzung aufzeigen, weichen die Rechenergebnisse von der Realität gravierend ab. Trotz der Tatsache, dass die Anforderungen der Bauvorschriften in vielen Ländern im Hinblick auf Energieeinsparung gestärkt wurden, wird der tatsächliche Energieverbrauch in vielen Fällen sogar erhöht.

Die Gründe für diese Diskrepanz zwischen dem geplanten und dem realen Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden werden im Allgemeinen schlecht verstanden, und haben oft mehr mit der Rolle des Nutzerverhaltens als mit dem Gebäude-Design zu tun. Die Gebäudenutzung und Tätigkeiten in Gebäuden können zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs führen, obwohl das Gebäude und deren Systeme ständig verbessert werden.

## **1.1 Stand der Technik im Forschungsgebiet**

Derzeit sind die PlanerInnen, Bauträger, Entscheidungsträger, Energie-Contracting-Unternehmen, Geldgebern etc. auf verschiedene Planungsinstrumente bzw. Rechenverfahren (z.B. PHPP, Energieausweis-Berechnungstools bzw. andere Programme) angewiesen. Dass die Rechenergebnisse erfahrungsgemäß von den tatsächlichen Energieverbräuchen abweichen, ist es allgemein bekannt. Auch die Suche nach anderen besseren Programmen endet logischerweise erfolglos. Der Grund dafür ist, dass es bis dato keine Rechenmodelle für den Gesamtenergiebedarf, die alle Einflussfaktoren richtig abbilden, gibt. Auch die facheinschlägigen Softwarehersteller kommen nicht weiter, da es für die offenen Fragestellungen noch keine erforschten Grundlagen gibt.

Insbesondere für das Nutzerverhalten existiert kein Modell, das die Realität nachbildet. Es wird einfach mit den Standarddaten gerechnet bzw. eine Standardnutzung, die in Wirklichkeit selten auftritt, angenommen.

Mit den Rechenverfahren wird der Energiebedarf, basierend auf einer Standardnutzung, ermittelt. Der Energieverbrauch eines Gebäudes ist aber sehr stark vom angestrebten Komfort sowie von der benutzten Gebäudetechnik und deren Wartung und Instandhaltung, abhängig (siehe Abb. 1, a).

In der Realität ist der Energieverbrauch vor allem durch folgende sechs Faktoren beeinflusst: (1) Klima, (2) Gebäudehülle, (3) Gebäude- und Energiesysteme, (4) Gebäude-Betrieb und –Instandhaltung, (5) Nutzer-Tätigkeiten und -Verhalten sowie (6) angestrebte Innenraumluftqualität, Abb. 1, b).

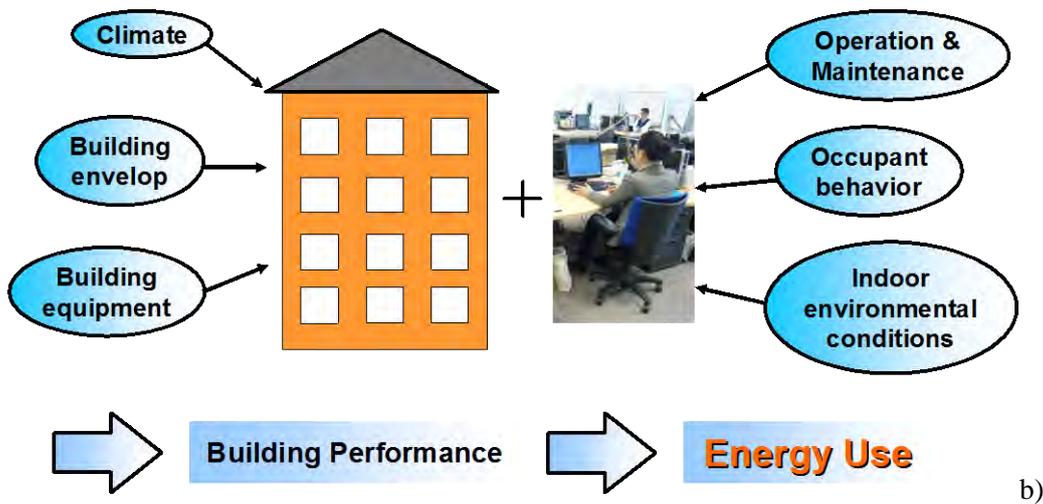
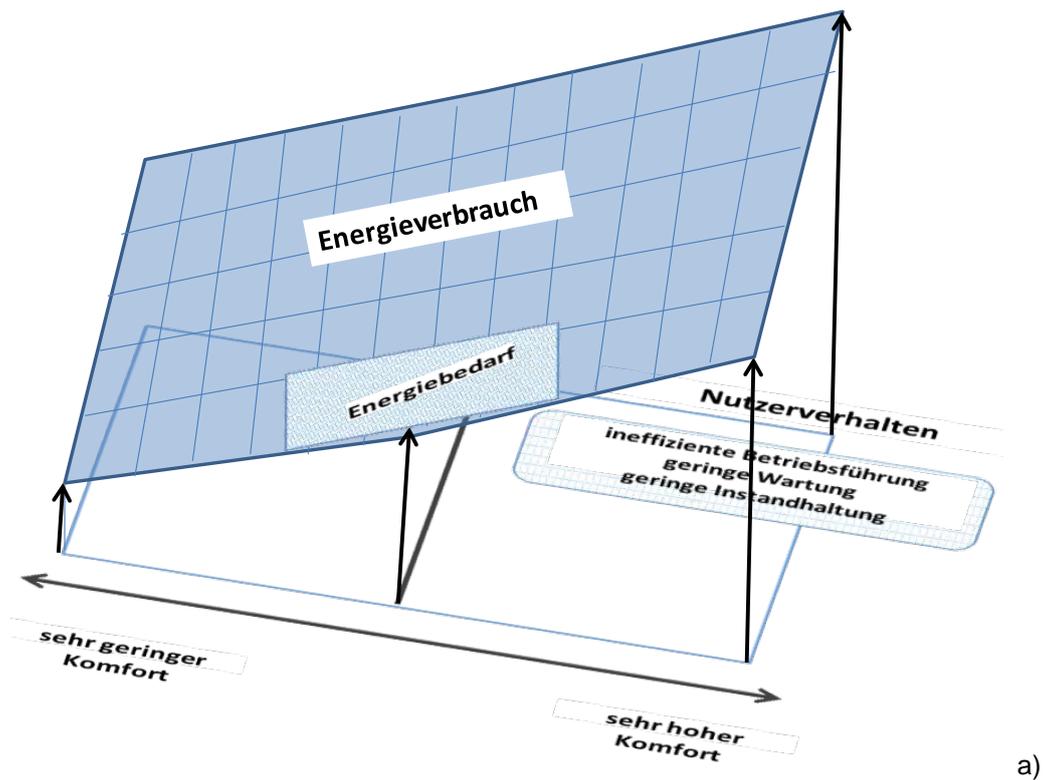


Abb. 1: Differenz zwischen dem Energiebedarf und dem Energieverbrauch a)  
 Die sechs Faktoren, die den Gesamtenergieverbrauch in Gebäude beeinflussen b) [54].

Letztere drei Faktoren beziehen sich auf das menschliche Verhalten und können einen größeren Einfluss auf den Energieverbrauch haben, als die ersten drei. Deswegen müssen alle sechs Faktoren gekoppelt untersucht werden, um den Gebäude-Energieverbrauch richtig zu erfassen bzw. vorhersagen zu können. Detaillierte vergleichende Analysen der Energieverbrauchsdaten in Gebäuden, unter Berücksichtigung dieser sechs genannten Faktoren stellen eine wesentliche Orientierungshilfe bei der Ermittlung der Einsparpotentiale und -Möglichkeiten dar.

Die aktuelle Forschung beschränkt sich im Wesentlichen auf die ersten drei Faktoren (Klima, Gebäudehülle, Haustechnik und Energie-Systeme). Da alle Einflussfaktoren nicht richtig berücksichtigt werden bzw. dafür  
 IEA Annex 53

keine Modelle vorhanden sind, wird der reale Energieverbrauch in einer Standardberechnung sowie in einer Simulation ohne genauen Eingangsdaten, nicht reflektiert.

Diese Diskrepanz führt zu Missverständnissen und Fehlerkommunikation zwischen den beteiligten Parteien:

- Der tatsächliche Energieverbrauch nimmt nicht proportional zu den immer strengeren Anforderungen an die Energieeinsparung ab und wird in vielen Fällen sogar erhöht. Obwohl die Gebäude und die Gebäudetechnik ständig verbessert werden, können die Gebäudenutzung sowie die Nutzeraktivitäten zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs führen.
- Die Umsetzung der Energiesparmaßnahmen wird stark mit Hilfe von verschiedenen Normen und Vorschriften unterstützt. Betreffend des menschlichen Verhaltens und Aktivitäten in Gebäuden beziehen sich diese Normen und Vorschriften auf eine durchschnittliche Situation. Da sie den tatsächlichen Energieverbrauch eines Gebäudes nicht optimal reflektieren, verlieren die Standardbewertungsinstrumente, wie z.B. die Energieeffizienz Bewertung und andere Gebäudebewertungen oft ihre Glaubwürdigkeit.
- Für Investoren (Bauträger, Banken, Versicherungsunternehmen, sowie öffentliche und private Dienstleistungs-Kapitalgesellschaften) im Bereich der Energie, fehlen die Instrumente, zur Beurteilung der Energienutzung in Gebäuden und für Informationen über tatsächlichen Kosten-Nutzen-Verhältnis zwischen Investitionen in Maßnahmen zur Energieeinsparung und Gewinne.

## 1.2 Vorarbeiten zum Thema

Die Aktivitäten und die Zwischenergebnisse aus den Projekt „ÖNORM Plus-Energie“ (Erstes rechtssicheres Nachweisverfahren für Plus-Energie Gebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN - Haus der Zukunft) sowie aus dem Projekt „PEB – Plus Energie Büro“ (FFG Projektnummer 822247) wurden in die internationale Kooperation in Rahmen des Annexes 53 eingebracht.

Die österreichische Projektpartner haben sowohl die Zwischenergebnisse der laufenden Projekte wie, „Seestadt Aspern“ „Smart City“, „Leitprojekt PlusBüro Getreidemarkt“, „Presence ZukunftStromnetz“ etc. in die Ausarbeitung des Projektes IEA Annex 53 eingebracht als auch die Ergebnisse des Annexes 53 bzw. die dort entwickelten Modelle in die laufenden sowie alle anstehenden Projekte integriert.

Im Projekt “ACRP3 - PRESENCE - Power through Resilience of Energy Systems: Energy Crises, Trends and Climate Change - K10AC1K00035” wurden die im Annex 53 definierten Energiegrenzen und Einflussfaktoren auf den Gesamtenergieverbrauch verwendet.

Im Rahmen des Projektes „USC -URBAN SUMMER COMFORT“ (gefördert vom ZIT) wird zusammen mit der Firma A-NULL (Softwarehersteller) ein neues Simulationsprogram entwickelt bei dem das im Annex 53 entwickeltes Modell für das Nutzerverhalten integriert wird.

In folgenden Kapiteln werden die Arbeiten und die Ergebnisse des IEA Annex 53 Projektes auf eine internationale Ebene beschrieben. Im Kapitel 2 folgt eine Einleitung mit einer detaillierten Beschreibung des Projektes. Die statistischen Modelle und Evaluationen sind im Kapitel 3 zu finden. Die Relevanz des Projektes für den österreichischen Markt ist im Kapitel 4 dargestellt. Die Schlussfolgerungen dieses Projektes sowie der Ausblick sind im Kapitel 5 und 6 zu finden.

## 2. Annex 53

Das "Energy Conservation in Buildings and Community Systems"-Programm (ECBCS) der IEA führt gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte durch, die sich auf die Integration von energieeffizienten und nachhaltigen Technologien und Prozesse in Gebäuden und Gemeinden konzentrieren. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten beinhalten die Maßnahmen zur Verwirklichung des Ziels, auf nahe Null Energieverbrauch für Heizen und Kühlen sowie Kohlenstoff-Emissionen in der gebauten Umwelt, zu gelangen.

Das Vorhaben der Annex 53 Arbeitsgruppe war die Stärkung der Wissensbasis und Entwicklung der neuen Methode zur Analyse des Gebäude-Energieverbrauchs unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren, für eine zuverlässige Vorhersage des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden, um die Beurteilung und Planung der kurz- und langfristigen energiepolitischen Maßnahmen, Strategien und Technologien zu ermöglichen. Die Forschung des Projektes IEA Annex 53 hat sich auf zwei Gebäudetypen, Wohn- und Bürogebäude, konzentriert.

15 Partnerländer haben im Annex 53 teilgenommen: Belgien, China, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Japan, Kanada, die Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Spanien, und die Vereinigten Staaten. Das „Operating Agent“ des Projektes, Prof. Hiroshi Yoshino, ist aus Japan.

Das IEA Annex 53 Projekt wurde im Zeitraum von Januar 2009 bis März 2013 durchgeführt.

In folgenden Kapiteln wird ein Überblick über das Projekt gegeben.

### 2.1 Subtask-Struktur und Ablaufplan

Der Aufgabenbereich des Annexes 53 wurde in vier sogenannten „Subtasks“ und ein „Task Force“, aufgeteilt.

#### 2.1.1. Subtask Struktur

Das Ablaufdiagramm (Abb. 2) zeigt die Verknüpfung zwischen den einzelnen Subtasks. Die Ergebnisse der Subtasks sind ebenfalls in der Abbildung 2 dargestellt.

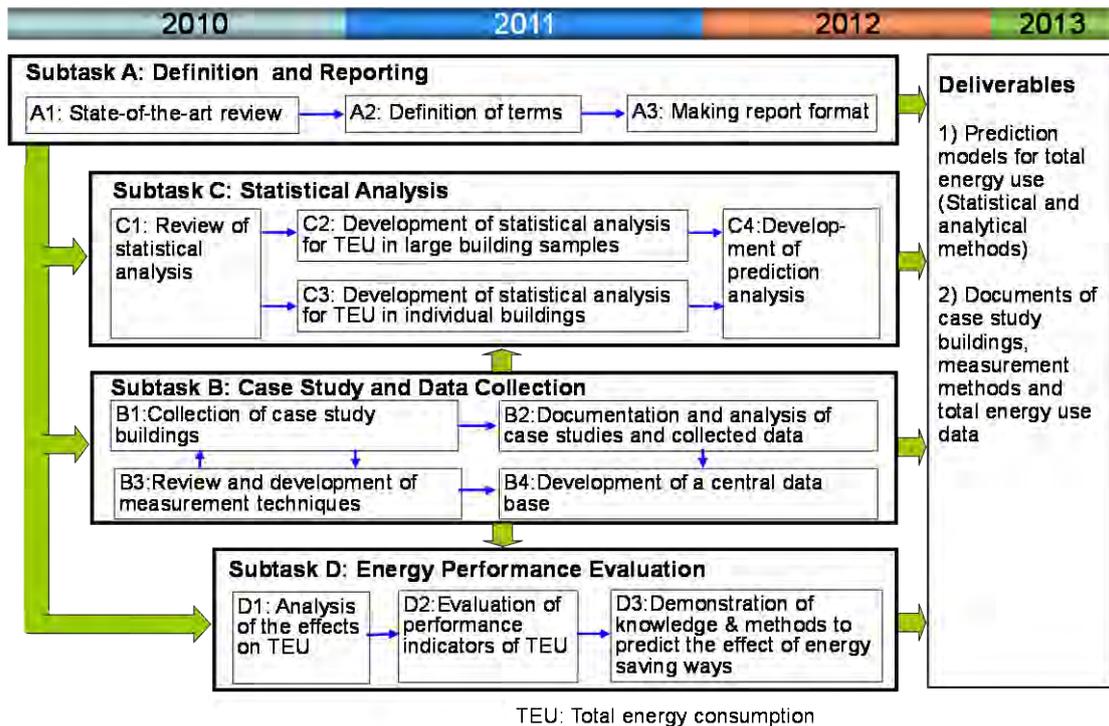


Abb. 2: Annex 53 Ablaufdiagramm der Subtasks [54].

Das Annex 53 Working Programm umfasste folgende Schwerpunkte (Subtasks):

### Subtask A: Definition und Reporting

Subtask Leader: Mark Levine, USA und Hiroshi Yoshino, Japan

- A1: Überblick des Standes der Technik
- A2: Festlegung der Energiegrenzen, Gebäudeenergieverbrauchsbegriffe (Energieverbrauch der verschiedenen Endnutzern, usw.) und Konversionsfaktoren
- A3: Festlegung der Einflussfaktoren, Gesamteffizienzindikatoren und Endberichtsformatierung

### Task Force: Nutzerverhalten

Task Force Leaders: Ad van der Aa, Niederlanden, und Bjarne Olesen, Dänemark

Die Arbeiten im Rahmen der Task Force Nutzerverhalten wurden in zwei Teile gegliedert:

- Literaturrecherche in Bezug auf Verhaltensweise der NutzerInnen im Zusammenhang mit verschiedenen gebäudebezogenen Energieverbrauchsarten (Heizen, Kühlen, Lüften, Kochen, usw.)
- Modellentwicklung für energiebezogene Nutzerverhalten sowie ein zusammenfassender Bericht mit Beschreibungen der verschiedenen Modelltypen

### Subtask B: Beispielfälle und Datensammlung

Subtask Leaders: Yi Jiang, China und Jorma Pietilainen, Finnland

- B1: Case Study Sammlung, Review, und Auswertung
- B2: Auswahl der Beispielfälle und Dokumentation der gesammelten Daten
- B3: Analyse und Weiterentwicklung der benutzten Messverfahren
- B4: Entwicklung einer zentralen Datenbank mit einem Informationsmodell

### **Subtask C: Statistische Auswertung**

Subtask Leaders: Stefano Paolo Corgnati, Italien und Christian Giaus, Frankreich

- C1: Beurteilung der statistischen Fälle und Analyse
- C2: Entwicklung der statistischen Auswertungsmethode für globale, landesweite und regionale Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden
- C3: Entwicklung der statistischen Auswertungsmethode für Gesamtenergieverbrauch in Einzelgebäuden
- C4: Entwicklung der prädiktiven Verfahren und Identifizierung der relevanten Faktoren für Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden

### **Subtask D: Bewertung der Gesamteffizienz**

Subtask Leaders: Philippe Andre, Belgien und Ad van der Aa, Niederlanden

- D1: Auswertung der Auswirkungen der gebäude- und nutzerbezogenen Faktoren auf den Gesamtenergieverbrauch
- D2: Evaluierung der bestehenden und neuen Performanceindikatoren des Gesamtenergieverbrauchs, unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren
- D3: Demonstration von in diesem Annex entwickelten Wissen und Verfahren, um die Wirkung der energiesparenden Technologien, Nutzerverhalten, und Lebensstil auf den Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden vorhersagen zu können

## **Projektziele**

Ziel des Annexes 53 war es, die Grundlagen für die Anpassung und Weiterentwicklung der vorhandenen Rechenregeln sowie der Messmethodik, damit international validierte Rechen- und Messverfahren für die Bestimmung des Gesamtenergieverbrauchs im Gebäudebereich zur Verfügung stehen.

Es wurden alle Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch definiert und die genaue Abbildung dieser in die Rechenmodelle ausgearbeitet. Zusätzlich wurde für die fehlenden Faktoren ein neues Modell entwickelt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Abbildung des Nutzerverhaltens gelegt, da dieser bis dato in den Rechenregeln gefehlt hat.

Für eine realistische Vorhersage des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden ist es dringend erforderlich zu verstehen, wie das Nutzerverhalten den Gebäudeenergieverbrauch beeinflusst. Um

dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig einen neuen Ansatz betreffend Nutzerverhalten zu entwickeln bzw. die Einflussfaktoren dieses Verhaltens quantitativ zu beschreiben.

Die wichtigsten Ziele dieses Projektes waren:

- Die klare Definition von Nutzerverhalten sowie Abbildung dieser in einem Model
- Entwicklung einer neuen Methode zur Analyse vom Gebäudeenergieverbrauch unter Berücksichtigung aller wichtigsten Einflussfaktoren
- Darlegen, wie diese Daten verwendet werden, um aussagekräftige Indikatoren für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zu entwickeln
- Entwicklung einer Methode zur Vorhersage der Wirkung energiesparender Maßnahmen und Technologien, die den Einfluss einer Reihe von Faktoren berücksichtigt
- Entwicklung von Methoden und Technologien für die langfristige Überwachung des Energieverbrauchs in Gebäuden
- Entwicklung von Methoden und Techniken für die Überwachung des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden, einschließlich Hardware und Software-Plattformen
- Entwicklung einer Datenbank für Energieeinsatz im Gebäudebereich

## **2.2 Verwendete Methodik, Daten und Vorgangsweise**

Das Projekt wurde in zwei Abschnitte geteilt: eine Vorbereitungsphase und eine Forschungsphase.

Zuerst wurde der Umfang der geplanten Untersuchungen überprüft und auf die Sub-Gruppen bzw. die thematische Subtasks aufgeteilt. Die Methoden für die Erreichung der Ziele wurden bestimmt und mit den Forschungsgruppen vereinbart.

Der Arbeitsablauf folgte chronologisch in Subtasks von A bis D, begleitet wurde er von der Task Force Forschung. Während der Vorbereitungsphase hat sich erwiesen, dass die Abbildung des Nutzerverhaltens sehr komplex und schwierig ist. Dadurch, dass das Nutzerverhaltensthema sehr häufig in den Subtasks vorkommt, wurde im ersten Jahr der Arbeitsphase eine Task Force Gruppe, als Hilfe für die Subtasks- Arbeit, etabliert. Die genaue Erforschung des Themas „Wie das Nutzerverhalten den Energieverbrauch in Gebäuden beeinflusst“, stellte einen wichtigen Teil des Projektes dar, um das Nutzerverhalten richtig beschreiben und in die Energiebedarfsberechnungen einzubringen. Die Entwicklung der Energieforschung, -Praxis, -Gesetze, usw. können dadurch näher an die Realität gebracht werden.

Unter Verwendung von Begriffen und Energiegrenzen aus Subtask A wurden die gesammelten Beispiel- Wohn- und Bürohäuser für entwickelte Datenbank genau dokumentiert. Die Energieverbrauchsdaten zwischen verschiedenen Gebäuden wurden anschließend verglichen und ausgewertet (Siehe Tab. 1). Es wurde auch festgestellt, dass trotz gleichen Energieangaben (Einheiten) die Auswertungsparameter und Berechnungsmethoden, die in den verschiedenen Ländern verwendet werden, sehr unterschiedlich sind. Die Unterschiede wurden zur Kenntnis genommen und für die Ausarbeitung von internationalen Definitionen verwendet.

Tab. 1: Daten der verwendeten Beispielfälle (A1-N2) aufgeteilt in sechs Kategorien [54].

	A1	B1	C1	C2	C3	C4	F1	I1	J1	J2	J3	N1	N2
<b>Climate</b>													
HDD	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•
CDD	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•
<b>Whole building characteristics</b>													
Year built	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
No. of floors	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
GFA	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Building envelope</b>													
Material	•		•	•			•	•					
U-value	•		•	•			•	•					
Window to wall ratio			•	•	•	•	•						
<b>Building services and energy systems</b>													
Heating system		•			•	•		•					•
Air-conditioning system		•	•	•	•	•							•
Ventilation			•	•	•	•							•
Lighting			•	•	•	•	•						•
Office appliances	•		•	•	•	•	•						•
<b>Building operation</b>													
Business hours	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
Occupancy schedule	•	•		•	•	•	•	•			•		•
Space heating					•	•							•
Space cooling		•	•	•	•	•							•
Ventilation		•	•	•	•	•							•
Lighting	•	•		•	•	•							•
Office appliances	•	•		•	•	•							•
<b>Energy indicator</b>													
Energy carrier	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•		•
Aggregation of energy	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•		•
Normalized energy use	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•		•

• Related information is collected and provided by contributors.

Die Daten der Beispielfälle (Case Studies) wurden auch für die Modellentwicklung in Subtask C, für die statistischen Analysen in Subtask D sowie für die dynamische Gebäudesimulationen verwendet.

### 3. Ergebnisse des Projektes

Die Projektergebnisse sind sowohl für die Forschung, als auch für die praktische Umsetzung in den kommenden Jahren und Jahrzehnten interessant und äußerst relevant. Alle beteiligten Forschungsgruppen haben ihre vorhandene Kompetenz im Bereich „Gesamtenergieeffizienz im Gebäudebereich“ weiterentwickelt und einen besseren Einblick in die anderen Fachdisziplinen (z.B. Haustechnik, Gebäudeautomatisation etc.) bekommen. Das ist sowohl in der Ausbildung, als auch bei derzeitigen und zukünftigen nationalen und internationalen Forschungsprojekten von hoher Relevanz.

Die Projektbeteiligten beabsichtigen, auch in der Zukunft verstärkt miteinander zu kooperieren und die Forschungslücken in diesem Bereich gemeinschaftlich zu schließen. Interdisziplinarität ist,

insbesondere bei so komplexen Themen wie die Gesamtenergieeffizienz im Gebäudebereich, der Schlüssel zum Erfolg.

Die wichtigsten Projektmeilensteine sind die:

- Analyse und Bewertung des Energieverbrauchs in verschiedenen Gebäudetypen bei verschiedenen Nutzungen und Klimas
- Definition bzw. Beurteilung der Einflussfaktoren, insbesondere des Nutzerverhaltens
- Entwicklung einer Datenbank für Energieeinsatz im Gebäudebereich
- Bewertung der Ergebnisse und Datenvorbereitung für die Modellentwicklung

Die gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam sind: ein besseres Verständnis des Gesamtenergieverbrauchs, Energiegrenzen sowie aller Einflussfaktoren, um die reale und langfristige Gebäude-Performance, inklusive Haustechnik planen, beurteilen und berechnen zu können. Dadurch wird die Bewertung und Entwicklung neuer Maßnahmen zur Energieeinsparung, Entwicklung neuer Technologien, Methoden und Strategien auf einer internationalen Ebene ermöglicht.

Mit den gewonnenen Erkenntnissen ist es möglich, die Energieeinsparung, den erwarteten gebäude- und benutzerbezogenen Energieverbrauch, in neuen und sanierten Gebäuden sowie das Kosten-Nutzen-Verhältnis von energiesparenden Maßnahmen realitätsnahe und unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren zu berechnen. Außerdem wurden die notwendigen Daten für die Aktualisierung und Harmonisierung von internationalen Standards und Benchmarking im Bereich des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden, sowie die Festlegung internationaler Indikatoren, ausgearbeitet.

Die erarbeiteten Ergebnisse werden vom Projektteam bei derzeitigen und zukünftigen Projekten benutzt. Die fehlenden Daten bzw. der identifizierte Forschungsbedarf wird vom Projektteam weiteruntersucht und ausgearbeitet. Beispielsweise wird, basierend auf den Annex 53 Ergebnissen, im Rahmen einer Dissertation ein neuer Algorithmus entwickeln, um Nutzerprofile zu definieren und somit die Genauigkeit der Gebäudesimulationen zu verbessern.

Das gegenständliche Projekt versteht sich als Grundlagenforschung und zielt als solches nicht explizit auf die Erschließung ökonomisch verwertbarer Marktpotenziale.

Verwertbarer Nutzen wird generiert für relevante Sektoren der Softwarehersteller, Immobilienwirtschaft sowie der öffentlichen Gebäudeverwaltung und der Politik (Beratung). Die Nutzungsrelevanz des gegenständlichen Projektes besteht v.a. in der Verfügbarmachung seiner Erkenntnisse für die nationale und regionale Politik und die Immobilienwirtschaft.

Die Energiegrenzen, sowie die unterschiedlichen Energieverbrauchszonen, die im Rahmen des Annex 53 definiert sind, verdeutlichen die Energieverteilung und -verbrauch der Gebäude, was zum besseren Verständnis von Planern, Ausführenden, sowie den Gebäudenutzern führt. Die Definitionen aus Subtask A können universal für die Darstellung in Simulationen und Energieausweis-Berechnungen, sowie für die Ergebnis-Präsentationen des Energieverbrauchs verwendet werden. Die Energieverbrauchsprognosen, zukünftige Szenarien und die statistische Analysen können von

Versorgungsunternehmen, Behörden und Meteorologen durch die Kopplung der Modelle mit Zukunft-Klimaszenarien verwendet und weiter entwickelt werden.

Die vorgestellten Monitoring- und Smart-Metering-Systeme können durch Hardware- und Software-Entwickler über Hausverwaltungen und Haushalte umgesetzt werden.

### **2.2.1 Subtask A**

Für Subtask A, wurden sowohl die österreichische als auch internationale Energieeffizienz-Indikatoren gesammelt, präsentiert und für die globalen Begriffsbestimmungen verwendet. Die berücksichtigten Einflussfaktoren, zusammen mit den Berechnungsmethoden des Gesamtenergieverbrauchs von Gebäuden, wurden zusammengestellt und in die Annex 53-Projekt-Datenbank integriert. Es wurden Analysen des Energieverbrauchs in den verschiedenen Gebäudetypen (Büro- und Wohngebäuden), bei verschiedenen Nutzungen und Klimas, für die Festlegung von internationalen Begriffsbestimmungen und Energiegrenzen durchgeführt und bewertet.

Es wurde festgestellt, dass die Energiegrenzen, sowie die verwendeten Energiebezugsflächen für die Berechnungen, zwischen den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich sind.

Um eine einheitliche, internationale Berechnungsmethode zu etablieren bzw. die Einflussfaktoren, insbesondere das Nutzerverhalten, richtig zu beurteilen wurde von allen Mitgliedstaaten eine gemeinsame Definition vereinbart. Für die Darstellung der Gesamtenergieeffizienz wurden vier Energiegrenzen festgelegt: Ed für die gelieferte Energie, Et für die Gebäudetechnik inklusive Konversionsverluste, Eb für die Endenergieverbräuche innerhalb des Gebäudes und Er für die erneuerbare Energien (wenn vor Ort versorgt). Diese werden derzeit weltweit bei allen neuen Projekten verwendet.

### **Begriffsdefinition in Bezug auf Energieverbrauch und Einflussfaktoren**

Die Ergebnisse der Arbeit des Subtasks A beinhalten die genaue Bestimmung der Energiegrenzen für die Darstellung der Gesamtenergieeffizienz sowie die Beschreibung von verschiedenen Sammlungs- und Berichterstattungsvorgangsweisen (vereinfachte, detaillierte und komplexe Datensätze für die Gebäudesimulation und Diagnostik). Die richtige Beurteilung der Energieverbrauchseinflussfaktoren in Gebäuden erfordert eine Trennung der Einflussfaktoren in sechs Kategorien: (1) Klima, (2) Gebäudehülle, (3) Gebäude- und Energiesysteme, (4) Gebäude-Betrieb und -Instandhaltung, (5) Nutzer-Tätigkeiten und -Verhalten sowie (6) angestrebte Innenraumluftqualität. Einer der Schwerpunkte des Subtasks A war, die Mehrdeutigkeit bei Energieverbrauchsdaten, zu harmonisieren um die Energieeffizienz international einheitlich darzustellen und vergleichbar zu machen.

Die Energieverbrauchsangaben in verschiedenen Volkswirtschaften und sogar innerhalb eines Landes oder Region war extrem unterschiedlich, sodass es oft nicht feststellbar war, welche Energieangabe da gemeint war (z.B. in Österreich, Heizwärmebedarf, Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf etc...).

Im Rahmen des Subtask A wurde festgelegt, dass es ganz wichtig ist bei Energieverbrauchsangaben in kWh/m<sup>2</sup> die Energiegrenze anzugeben bzw. ersichtlich zu machen. Ebenso sollte beachtet werden, IEA Annex 53

dass es auf den verwendeten Brennstoff ankommt, weil die Konversionsfaktoren für verschiedene Stoffe unterschiedlich sind. Die Energieeinheiten in kWh/m<sup>2</sup> oder MJ/m<sup>2</sup>, beziehen sich auf die gebrauchte Energiemenge in einem Jahr. Um die Wirkungen zu messen ist es ratsam, dass man nur gleiche Terminologie zusammenzählt und nicht "Äpfel mit Birnen" vergleicht (wie auch den Energiebedarf und den Energieverbrauch).

### Gelernte Kernpunkte

- Die Mehrdeutigkeit und die verschiedenen Angabearten und Definitionen, betreffend dem Gesamtenergieverbrauch im Gebäude wurden harmonisiert und vereinheitlicht
- Die wichtigsten Definitionen, Begriffe, Gebäude-Energie-Grenzen, Konversionsfaktoren, sowie die Indikatoren der Gesamtenergieeffizienz wurden im Rahmen dieses Projektes festgelegt, um eine einheitliche Sprache, ein besseres Verständnis, das Benchmarking und die Vergleichbarkeit verschiedener Energieverbräuche in Gebäuden schaffen und international durchsetzen zu können
- Für die Abbildung verschiedener Gebäudearten sind erfahrungsgemäß unterschiedliche Daten notwendig, sodass ein gemeinsames Darstellungsformat nicht realistisch wäre. Deshalb wurden für die statistische Analysen, Fallstudien und Simulationen drei verschiedene Stufen der Datenerhebung definiert. Diese ermöglichen eine bessere Konsistenz der Datensätze, sowie den Vergleich zwischen verschiedenen Projekten und Ländern.

Tab. 2: Die drei Ebenen der Case Studies Datenerhebung [54].

Ebenen	Energieverbrauch	Einflussfaktoren Kategorien			
		I	II	III	+(Optional)
Ebene A (Einfach; für Statistik für große Datensätze) Datensätze mit wenig Datenpunkte pro Gebäude	Jährliche oder monatliche Energieverbrauchsdaten	IF1. Klima IF2. Gebäudehülle und andere Eigenschaften IF3. Gebäudetechnik und Energiesysteme	IF4. Gebäudebetrieb		IF7. Indirekte Faktoren-für Wohngebäude
Ebene B (Mittel; für Beispielfälle)	Monatliche oder tägliche Energieverbrauchsdaten	Gleiche Kategorien wie Ebene A, mehr Details	IF4. Mit IF5 Luftqualität in	IF6. Nutzerverhalten	IF7. Indirekte Faktoren-für Wohngebäude

Ebene C:  (komplex; Simulationen oder detaillierte Diagnostik)	täglich oder stündlich		Innenräumen		
--	------------------------	--	-------------	--	--

Ebene B und C umfassen fast die gleichen Daten. Das akzeptable Datenmindestmaß hängt vom Ziel der Gebäudebewertung ab.

In der Regel wird:

- Ebene A für Analysen, von sehr großen Gebäudeensemble und für eine statistische Stichprobenartige Gebäudebewertung,
- Ebene B für ein typisches Bewertungsniveau einer moderaten Gebäudeanzahl (dies ist ein minimales Niveau für einzelne Fallstudien oder Gebäudegruppen), und
- Ebene C für die hohe und sehr detaillierte Analyse der einzelnen Gebäude inklusive einer detaillierten Diagnose, verwendet.

### Definitionen bezüglich des Gesamtenergieverbrauchs

Zuerst war es notwendig einige Grundlagen, einschließlich der Energiegrenze, Umrechnungsfaktoren, Energieperformanceindikatoren sowie den Endverbrauch für Büro- und Wohnbauten, zu definieren.

Für die Energieanalyse ist der erste Schritt, das Definieren einer Energiegrenze. Bei der Kühllast handelt es sich um eine andere Energie die benötigt wird, als diejenige die in der Klimaanlage für die Kühlung verwendet wird (weil der Energieverlust in der Klimaanlage auch in der Kühllast enthalten ist). Durch das Definieren der Energiegrenze ist es möglich, die Energiedaten innerhalb derselben Grenze zu vergleichen.

Die drei Energiebereiche mit den drei Grenzen sind in Abb. 3 dargestellt.

Bereich III heißt, "Eb" und umfasst die tatsächlich benötigte Energie (nämlich Nettoenergieverbrauch) innerhalb des Gebäudes für Raumheizung, Kühlung, Warmwasserbereitung etc. (die theoretische Energie, die erforderlich ist, um die Bedürfnisse der Benutzer zu erfüllen). Dieser Betrag ist sehr schwierig zu schätzen, weil er von der thermischen Behaglichkeit, Nutzung und anderen Faktoren abhängt. Jedoch ist er geeignet um das theoretische Maximalpotential für die Energieeinsparung zu beurteilen.

Bereich II, "Et", umfasst all jene Energie, die zu allen technischen Systemen in einem Gebäude gehören. Hier werden die Wirkungsgrade der Umwandlung der gelieferten Energie, um die Grundbedürfnisse in Bereich III zu erfüllen, angegeben. Da wird auch die Verwendung der Geräte, deren Kapazität sowie energetischen Eigenschaften der Geräte beschrieben. Dieser Wirkungsgrad ist

einer der sechs Einflussfaktoren des Energieverbrauchs in einem Gebäude - ist aber nicht Teil der Gesamtbeschreibung der ganzen Gebäudeenergienutzung.

$E_d$  im Bereich I, zielt besonders auf die energetische Nutzung von Raumheizung, Kühlung und Warmwasser in Fernwärme- und Kühlsystemen. Die Energie, die bei den zentralen Anlagen wie Heizkessel, Kältemaschinen oder BHKWs für Fernwärme, Fernkälte oder Trinkwassererwärmung verwendet wird, sowie die Energie für den Betrieb der Hilfsgeräte wie Hilfspumpen und Hilfsventilatoren in den Kraftwerken wird auch in  $E_d$  berücksichtigt.

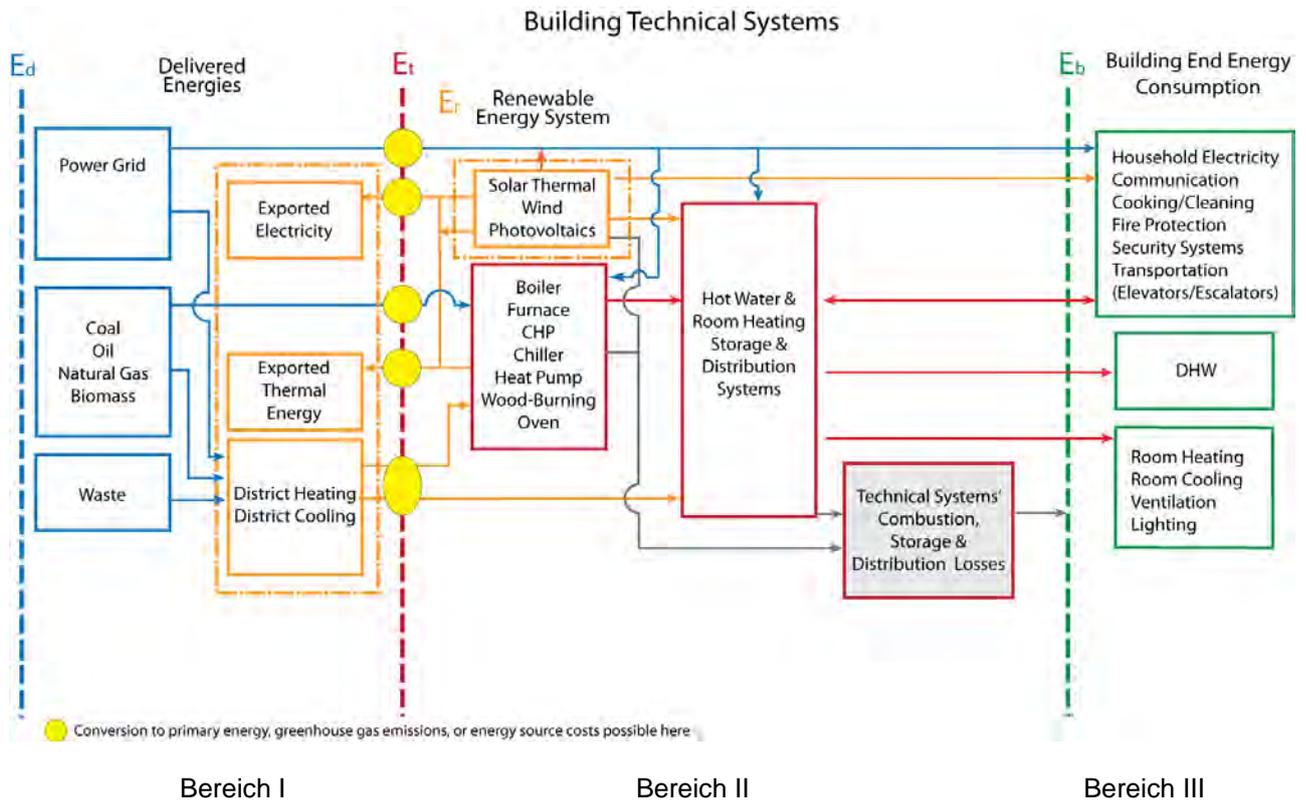


Abb. 3: Energiegrenzen.

Die Definition von Energiegrenzen in diesem Bericht ist eine Kombination aus der Arbeit der ISO 16346, ISO FDIS 12655 und der Systemgrenze Definition für fast Netto-Null-Energie-Gebäude. In ISO FDIS 12655 werden drei Energiegrenzen  $E_b$ ,  $E_t$  und  $E_d$  definiert, wobei  $E_b$  für die Nettowärme und – Kältebedarfe des HKLS- und Warmwasser-Systeme, und  $E_d$  ist für die Energiezufuhr für die Fernwärme- und Kühlsystem verwendet wird. In ISO 16346, sind die Energieberechnungsrahmen und Systemgrenzen für fast Netto-Null-Energie-Gebäude, Energieflüsse und Energiebilanzen unter zwei Systemgrenzen definiert.

Bei der Stromumwandlung in eine gemeinsame Einheit (Primärenergie) werden verschiedene Faktoren abhängig von der Stromquelle, verwendeten Konversionsfaktoren in verschiedenen Ländern und dem Ziel, für den die Ergebnisse benutzt werden, verwendet.

Es ist daher nicht möglich oder wünschenswert, eine Methode zur Umwandlung von Elektrizität in Primärenergie anzuordnen. Wesentlich ist, dass die Annahmen, Konversionsfaktoren und andere Parameter für diese Umrechnung explizit in den Forschungsberichten angegeben werden.

In der

Tab. 3 sind die Definitionen sowie die Endanwendung für Wohn- und Bürogebäude aufgelistet. Es ist zu beachten, dass wenn über Endnutzung angegeben ist, die dementsprechende Energiegrenze der Endnutzung angeführt wird.

Tab. 3: Endnutzungen für Wohn- und Bürogebäude [54].

Endnutzungen	$E_d$	$E_t$	$E_b$	Wohnhaus	Bürogebäude
1. Energie für Raumheizung	gelieferte Energie an die zentrale Anlage für Raumheizung	gelieferte Energie zu dem Heizsystem des Gebäudes für Raumheizung	gelieferte Wärme zu den Innenräumen	X	X
2. Energie für Raumkühlung	gelieferte Energie an die zentrale Anlage für Kühlung	gelieferte Energie zu dem Kühlsystem des Gebäudes für Raumkühlung	gelieferte Kühlenergie zu den Innenräumen	X	X
3. Lüftungsenergie	n/a	Lüftungsenergie	n/a	X	X
4. Beleuchtungsenergie	n/a	Beleuchtungsenergie	n/a	X	X
5. Strom für Haushalte- und kleine Elektrogeräte	n/a	Strom für Haushalte- und kleine Elektrogeräte	n/a	X	X
6. Energie für Warmwasserbereitstellung	gelieferte Energie an die zentrale Anlage für Warmwasserbereitstellung	gelieferte Energie an die Heizungsanlage des Gebäudes für Warmwasserbereitstellung	gelieferte Wärme zum Warmwasserbereitstellung	X	N/A
7. Energie für andere Geräte	N/A	Energie für andere Geräte, zum Beispiel Aufzüge, Rolltreppen, Überwachungsgeräte, usw.		X	N/A
8. Energie für andere Geräte	N/A	Energie für andere Geräte, zum Beispiel Kochen, Warmwasser, Aufzüge, Überwachungsgeräte, usw.		N/A	X

Für die Festlegung internationaler Begriffsbestimmungen wurden die österreichischen Energieeffizienz-Indikatoren gesammelt und präsentiert. Die in Österreich berücksichtigten Einflussfaktoren zusammen mit den Berechnungsmethoden des Gesamtenergieverbrauchs von

Gebäuden, wurden für die Annex 53 Projekt-Datenbank gesammelt und integriert. Analyse sowie die empirische Daten des Energieverbrauchs in verschiedenen Gebäudetypen (Büro- und Wohngebäuden) bei verschiedenen Nutzungen, wurden für die Definition von Begriffsbestimmungen durchgeführt und erhoben.

Es wurde festgestellt, dass die Energiegrenzen sowie die verwendeten Energiebezugsflächen für die Berechnungen, zwischen den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich sind. Um eine einheitliche internationale Berechnungsmethode zu etablieren wurde von allen Mitgliedsstaaten ein gemeinsamer Begriffssatz vereinbart. Vier Energiegrenzen wurden für die Gesamtenergieeffizienz-Gleichungen festgelegt:  $E_d$  für gelieferte Energie,  $E_t$  für Gebäudetechnik inklusive Konversionsverluste,  $E_b$  für die Endenergieverbräuche innerhalb des Gebäudes und  $E_r$  für erneuerbare Energien (wenn Vorort versorgt). Die Darstellung der festgelegten Energiegrenzen ist in der Abb. 4 abgebildet.

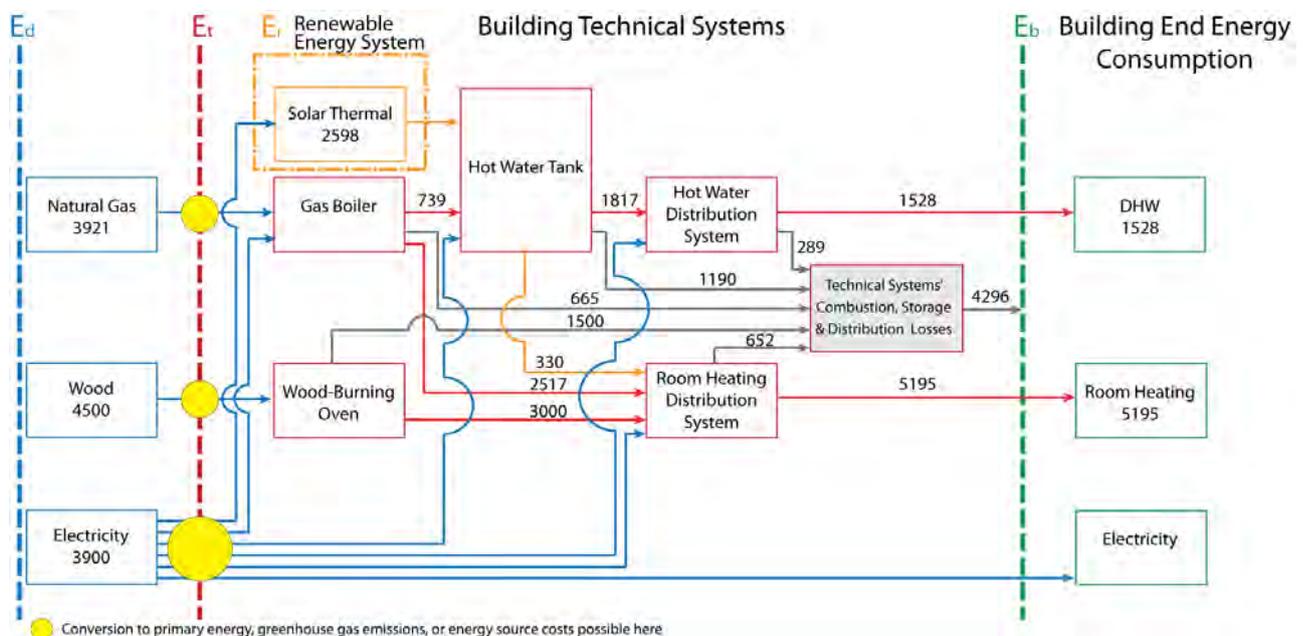


Abb. 4: Festgelegte Energiegrenzen.

Es gibt einige laufende Arbeiten in Zusammenhang mit der Entwicklung der Standard-Definitionen und Randbedingungen für die Energieeffizienz eines ganzen Gebäudes, einschließlich ISO TC 163 (Entwicklung einer ISO-Norm zum Thema "Energieeffizienz von Gebäuden - Vorstellung des realen Energieverbrauchs von Gebäuden"). Es hat sich aber deutlich gezeigt, dass die Entwicklung einer einzigen Definition für den gesamten Energieverbrauch eines Gebäudes, das für alle Anwendungen verwendbar ist, eine große Herausforderung darstellt. Die Arbeitsgruppe des Subtask A hat eine einheitliche und international anwendbare Definition von gesamt Gebäude-Energieverbrauch, einschließlich Energiegrenze, Umrechnungsfaktoren, Gebäudeendnutzung, und Energie Performance-Indikatoren entwickelt. Es wurden außerdem drei verschiedene Ebenen der

Datenerhebung definiert, die eine einheitliche Analyse von Gesamtenergieeffizienz inklusive aller Einflussfaktoren bietet.

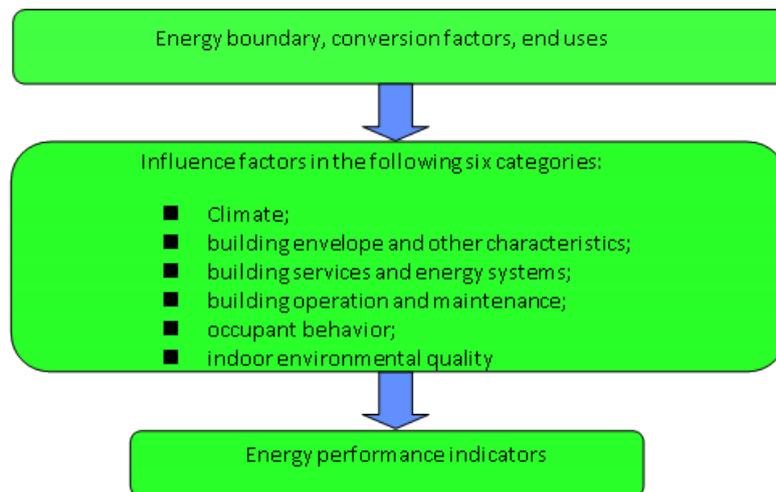


Abb. 5: Die zu definierenden Elemente bei der Analyse des Gesamtenergieverbrauches eines Gebäudes [54].

## 2.2.2 Task Force Nutzerverhalten

Das Thema Nutzerverhalten kommt häufig in den Subtasks vor und ist bei den Gesamtenergieverbrauchsbewertungen unbedingt zu berücksichtigen. Deshalb wurde, im ersten Jahr der Arbeitsphase, eine Task Force Gruppe als Hilfe für die Arbeit in den Subtasks etabliert.

Nach einer aufwendigen Literaturrecherche betreffend „heizungsbezogenes Nutzerverhalten“ wurde im Rahmen dieses Projektes ein zweistufiges Nutzerverhalten-Modell entwickelt. Das Modell ist teilweise im Task Force Nutzerverhalten und auch im Subtask C beschrieben. Abb. 6 zeigt verschiedene Einflussfaktoren auf das Nutzerverhalten. Es gibt viele mögliche Einflussfaktoren, die die Interaktionen der Nutzer mit Gebäuden beeinflussen können. Auch wenn die Vorhersage des Nutzerverhaltens herausfordernd ist, ist es notwendig die Nutzer zu berücksichtigen, um den tatsächlichen Energieverbrauch in Gebäuden richtig darzustellen. Wenn sich die psychologischen, biologischen oder soziologischen Faktoren ändern, kann der Nutzer in der gleichen Umgebung unterschiedliche Verhaltensweisen aufweisen. Das Gebäude Energieverbrauchsprofil reflektiert die unterschiedlichen Nutzeraktionen.

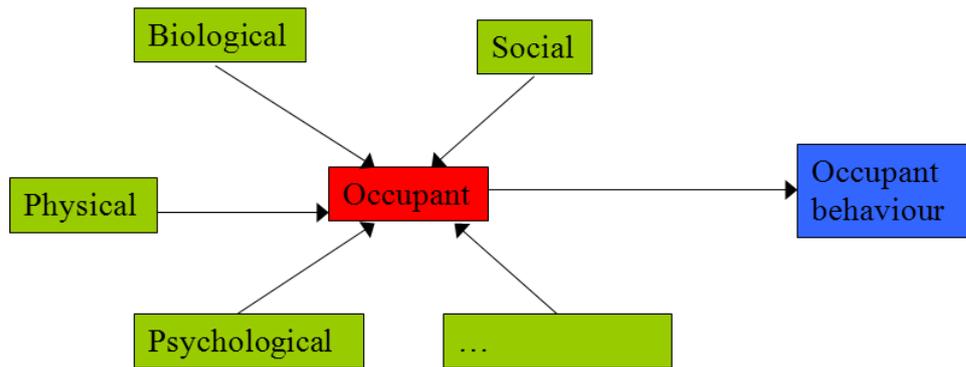


Abb. 6: Einflussfaktoren des Nutzerverhaltens [54].

Abb. 7 stellt die Zusammenhänge der treibenden Kräfte des energiebezogenen Nutzerverhaltens dar. Auf der linken Seite sind die innere und auf der rechten Seite die äußere treibenden Kräfte der Menschen. Die Komplexität der treibenden Kräfte liegen außerhalb des Projektrahmens. Die wichtigsten davon wurden in der Literatur für verschiedene Gebäude Wechselwirkungen gesucht, um die Korrelationen zwischen den Einflussfaktoren und die energiebezogene Aktionen der Menschen besser zu verstehen. Dieses Annex konzentriert sich auf die tatsächliche Aktionen des Nutzers in der gebauten Umwelt.

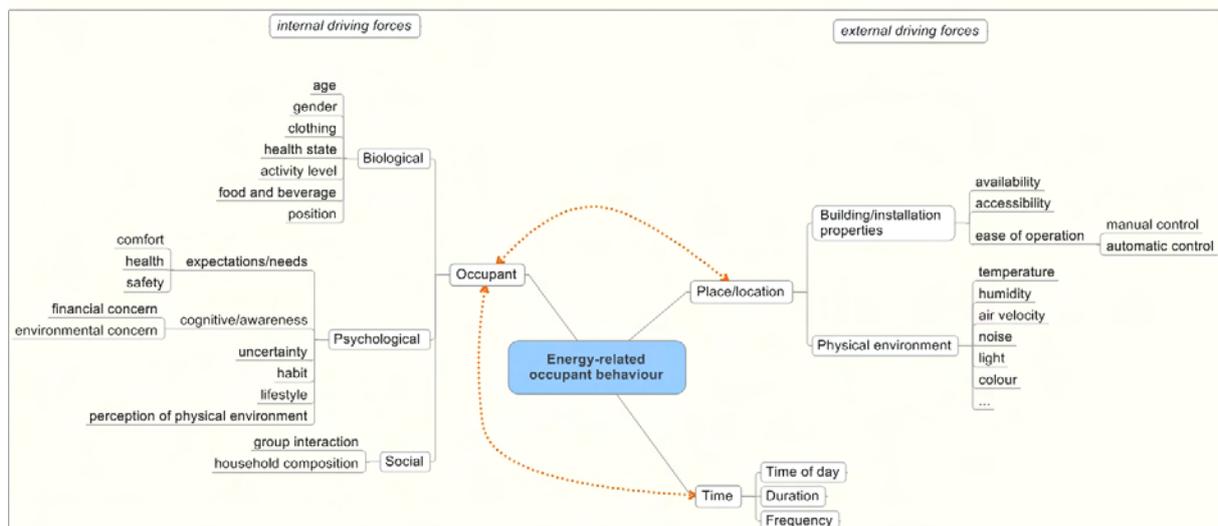


Abb. 7: Treibende Kräfte des energiebezogenen Nutzerverhaltens [54].

Die Arbeiten im Rahmen der Task Force Nutzerverhalten wurden in zwei Teile gegliedert:

- Literaturrecherche in Bezug auf Verhaltensweise der NutzerInnen im Zusammenhang mit verschiedenen gebäudebezogenen Energieverbrauchsarten (Heizen, Kühlen, Lüften, Kochen, usw.)
- Modellentwicklung für energiebezogene Nutzerverhalten sowie ein zusammenfassender Bericht mit Beschreibungen der verschiedenen Modelltypen.

Die Schlussfolgerungen der österreichischen Literaturrecherche über Nutzer-Heizungsverhalten bestimmen die folgenden Zusammenhänge.

Die Aktivitäten der Bewohner beeinflussen den Heizenergieverbrauch extrem. Studien haben gezeigt, dass das Nutzerverhalten und die Lebensweise des Menschen den Energieverbrauch um bis zu einem dreifachen Faktor erhöhen können, wie in [50][51] angegeben ist. Auch die Monitoring-Daten über das Nutzerverhalten wurden in verschiedenen Studien gesammelt. Oft werden die Sollwert-Temperatur und Heiz-Zeitplan eines Gebäudes als sekundäre Faktoren kombiniert angegeben.

Niedrigenergie-, Passiv- und Nullenergiehäuser werden so konzipiert, dass die Heizlast minimiert wird. Die Häuser liefern nur die benötigte Wärme, die nicht anderweitig, durch passive solare und interne Wärmegegewinne gewonnen werden, wenn Bewohner anwesend sind. Studien haben gezeigt, dass die Verbesserung der Effizienz der Gebäudehülle und Gebäudetechnik, den gesamten Energieverbrauch deutlich reduziert, wodurch die Bedeutung der Nutzer-Rolle oder -Aktionen zunehmen [52][53].

Im zweiten Teil des österreichischen Beitrags wird das im Rahmen des Annexes 53-entwickelte Modell präsentiert. Abb. 8 stellt das am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz an der TU Wien entwickelte Mittelwert-Modell dar.

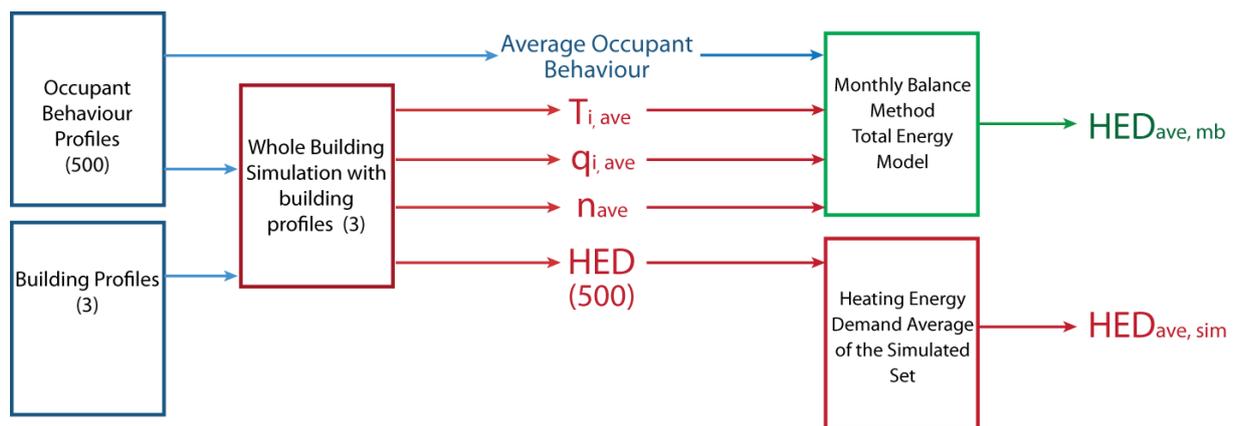


Abb. 8: Verfahrensschema für Bestimmung und Ermittlung der durchschnittlichen Werte für den Heizwärmebedarf [55].

Die komplexe Beziehung zwischen Bewohner und ihrer Umgebung ist in Abb. 9 dargestellt. Diese Methode basiert auf der Anwesenheit des Nutzers zu einer bestimmten Zeit an einer bestimmten Stelle, mit einem Zugang zur bestimmten Gebäudesteuerung.

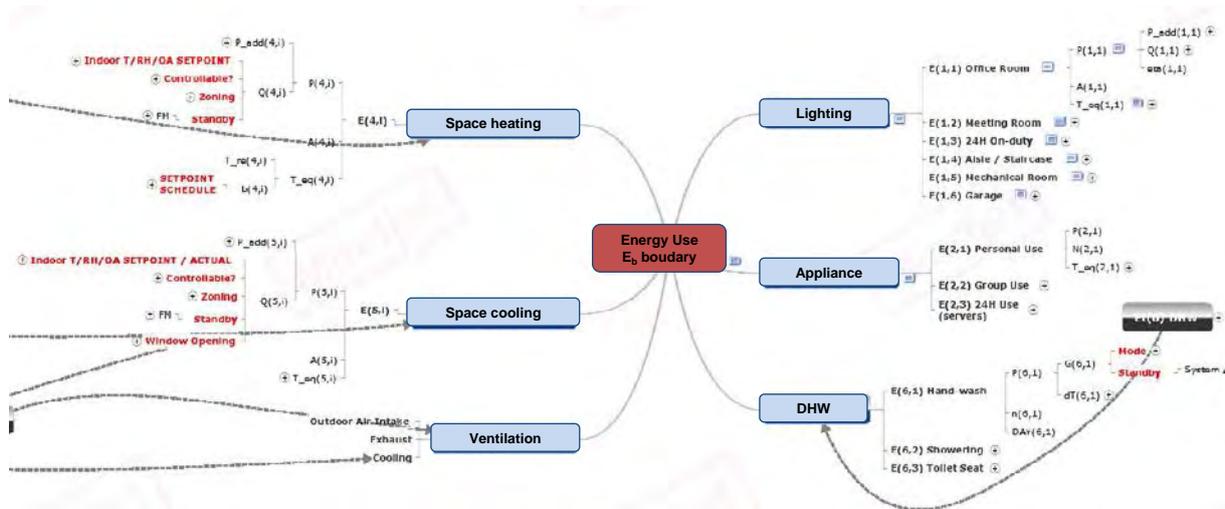


Abb. 9: Treibende Kräfte der energiebedingten Nutzerverhalten in Bürogebäuden [54].

Der Energieverbrauch in Wohnhäusern und Bürogebäuden wird durch das Verhalten der Bewohner in vielfältiger Weise beeinflusst. Um zu einem besseren Verständnis des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden zu kommen, ist die Identifikation der relevanten Einflussfaktoren des Nutzerverhaltens mit einem quantitativen Ansatz zur Modellierung erforderlich. Energiebezogene Nutzerverhalten bezieht sich auf Aktionen oder Reaktionen einer Person auf äußere oder innere Impulse. Diese Aktionen können durch verschiedene Antriebskräfte ausgelöst werden. Diese Antriebskräfte wurden basierend auf einer Literaturanalyse identifiziert und überprüft. Quantitative Modellierungsansätze zur Beschreibung der energiebedingten Nutzerverhalten und Energieverbräuche wurden auch hier untersucht.

Um realistische Energieverbräuche eines Gebäudes vorherzusagen, ist das Kenntnis des Nutzerverhaltens wesentlich. Um dieses Ziel zu erreichen wurde ein Ansatz für die Abbildung des Nutzerverhaltens und deren Einflussfaktoren entwickelt. Neben der reinen Berechnung des Energieverbrauchs haben die Nutzerverhaltensmodelle mehrere praktische Anwendungen, wie z. B.:

- die Übereinstimmung zwischen Gebäudebetrieb und Nutzerverhalten,
- die Verwendung von Nutzerverhalten als Basis für den Gebäudebetrieb und Optimierung,
- die Verwendung von Nutzerverhalten als Grundlage für Interventionen, wie die Bereitstellung von Informationen über die Steuerung und Energienutzung.

Der Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Gebäuden wurde bisher in verschiedenen Bereichen untersucht: Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften sowie Wirtschaftswissenschaften. Eine Übersicht und Klassifizierung der treibenden Kräfte, die energiebedingten Nutzerverhalten beeinflussen können, ergab sich aus einer detaillierten Literaturrecherche. Die Klassifizierungen wurden in sechs Kategorien unterteilt: biologischen, psychologischen und sozialen Kontexten, Zeit, Gebäude- und Haustechnik-Eigenschaften und

physischen Umwelt. Die Ziele der Modellierung des Nutzerverhaltens in diesem Projekt waren: (1) die Modellierung des Nutzerverhaltens, um die treibende Kräfte des Verhaltens zu verstehen, und (2) Modellierung des Nutzerverhaltens, um die Beziehung zwischen Energieverbrauch und Nutzung zu entdecken, wie auch die treibenden Kräfte für deren Veränderungen. Dieses Annexes, fokussiert sich auf dem zweiten Ziel. Die Modellierung des Nutzerverhaltens in Bezug auf den gesamten Energieverbrauch in Gebäuden ist bei verschiedenen Anwendungen erforderlich, wie z.B. Entwurf (konzeptionelle, vorläufige und endgültige), die Inbetriebnahme (anfängliche - laufende Betreuung) und Betrieb (Steuerung). Die Auswahl eines Modells ist stark von der Zahl der Gebäude, dem Nutzerprofil und der Zeitskala abhängig. Die verschiedenen Modelltypen, die im Rahmen des Annexes beschrieben werden, sind psychologischen, Mittelwert, deterministischen, probabilistischen und agentenbasierten Modellen.

### 2.2.3 Subtask B: Beispielfälle und Datensammlung

Subtask B1 konzentriert sich auf die folgenden drei Aspekte:

1. Energieverbrauch von Büro- und Wohngebäude weltweit zu vergleichen;
2. typische Nutzung der Geräte / Systeme in Büro- und Wohngebäude zu untersuchen
3. Auswirkungen des typischen Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Büros und Wohnhäusern zu untersuchen.

Aus der Literaturrecherche und den Zielen des Subtasks B1, wird der Schluss gezogen, dass physiologische und psychologische Triebkräfte über den Rahmen dieser Subtask hinausgehen (Abb. 10). Deshalb konzentriert sich dieser Bericht auf das Verhältnis zwischen Nutzerverhalten und Energieverbrauch durch die Analyse der folgenden drei Aspekte:

1. Bauplanung mit einer Bauweisenbeschreibung, die Art des Systems und der Service-Level,
2. Energie Praxis, mit einer Beschreibung des Stromverbrauchs von Elektrogeräte
3. Kognitive Normen, die, die Umwelтанforderungen und Energiebewusstsein der Nutzer auslegen.

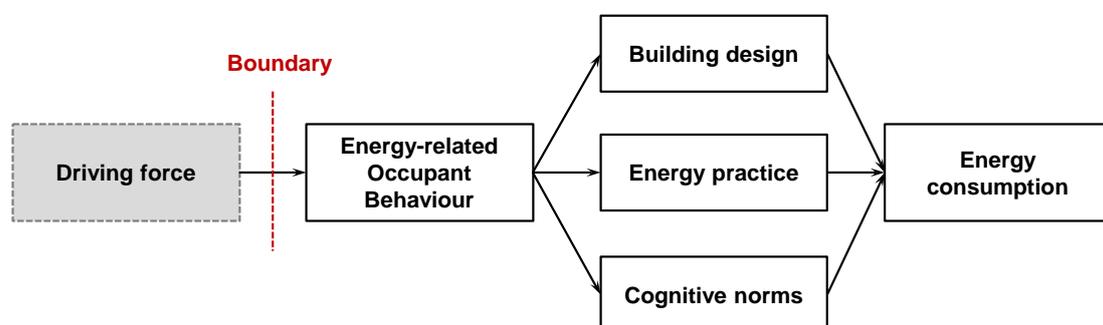


Abb. 10: Grenze der energiebezogenen Nutzerverhaltensforschung [54].

Die Methoden dieser Subtask basieren auf Interviews, Beobachtungen, Monitoring Ergebnissen und Datenauswertungen. Diese Methode wurde ausgewählt, weil eine ganzheitliche eingehende Untersuchung erforderlich ist. Folgende sieben Schritte wurden durchgeführt:

1. Es wurde eine einheitliche Gebäude-Typologie definiert. Nach Diskussionen, wurden in Subtask B1 vier Gebäudetypen untersucht: Kleines Bürogebäude (O1), große Bürogebäude (O2), Einfamilienhäuser (R1) und Mehrfamilienhäuser (R2). Eine detaillierte Beschreibung dieser vier Gebäudetypen ist in Abb. 11 angegeben.
2. Die Beitragspartner und Beispiel-Vorlage wurden definiert. Sieben Beitragsländern (Österreich, Belgien, China, Frankreich, Italien, Japan und Norwegen), haben die Fallstudien (aufgeteilt nach Gebäudetypen) für den Forschungszweck geliefert.
3. Ein Informationssammlungsformat wurde definiert. Eine Muster-Excel-Datei wurde für Informationssammlung (mit Gebäude-Basisinformation, Klimabedingungen, Energieverbrauchsanalyse, Geräte-Nutzerverhalten, usw.) entwickelt, so dass die zu analysierenden Daten in einem standardisierten Format ersichtlich sind. Die einheitlichen Definitionen für die grundlegenden Elemente des Energieverbrauchs wurden in Subtask-A definiert. Drei Energieverbrauchsgrenzen einschließlich Eb, Et und Ed (siehe Abb. 4) und drei Datenebenen (einfache, mittlere und komplexe Ebenen) wurden festgelegt.
4. Fälle für die weiteren Untersuchungen sind ausgewählt worden. 24 Beispielfälle aus sieben beteiligten Ländern wurden zum Vergleich ausgewählt. Die Beispielfälle sind in Abb. 12 dargestellt.
5. Datenerfassung und Auswertungsmethoden wurden bestimmt. Sowohl quantitative als auch qualitative Ansätze und verschiedene Datenerhebungsinstrumente, inklusive Fragebogen, Hausverwalter- und Bewohner-Interview, Energie-Monitoring und Benchmarking-System, Monitoring usw. wurden verwendet.
6. Datenanalyse und Datenbankerfassung: die sieben Beitragspartnern haben die gesammelte Energieverbrauchs- und Nutzerverhalten-Daten analysiert, die Daten in die Excel-Datei eingegeben und die vorbereiteten Daten der Beispielfälle den anderen Forschern zu Verfügung gestellt.
7. Ein internationaler Datenvergleich wurde durchgeführt. Energieverbrauch und Nutzerverhalten wurden international verglichen.

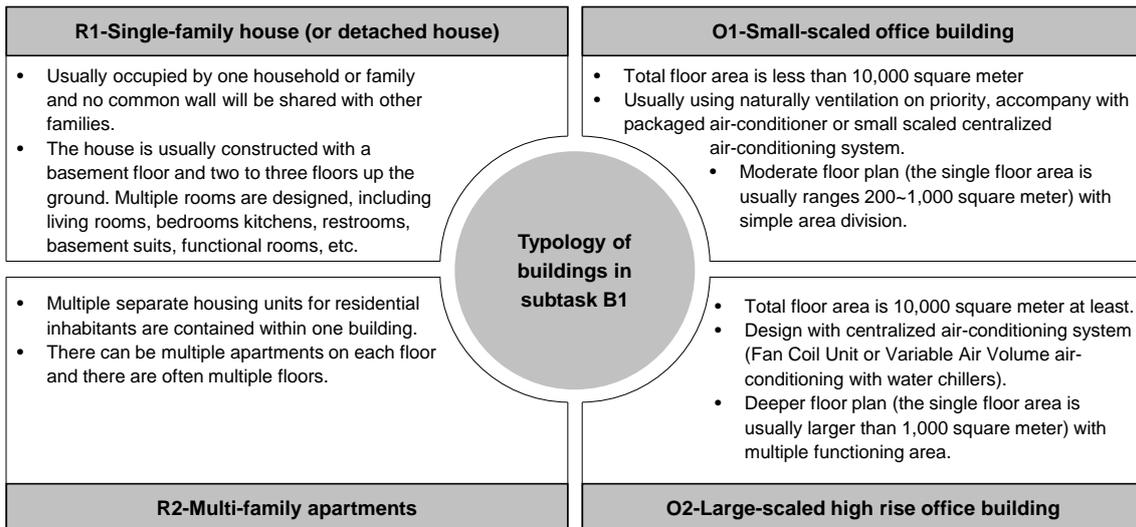


Abb. 11: Büro- und Wohngebäudetypologien aus Subtask B1 [54].

Detaillierte Gebäudeeigenschaften, Energieverbrauchsdaten und Monitoring Daten (getrennt nach Energiequelle, Energiegrenze und Verbrauch) von sieben österreichischen Case Studies sind gesammelt worden. Die verschiedenen Häuser bestehen aus einem Bürohaus, fünf Einfamilienhäuser und ein Wohnhaus. Die Beispielfälle wurden für folgende Zwecke verwendet:

- B1: Beispielfall Sammlung, Review und Auswahl für die Auswertung
- B2: Dokumentation und Auswahl der Beispielfälle und gesammelte Daten
- B3: Review und Entwicklung der Messverfahren
- B4: zentrale Datenbank-Entwicklung mit einem Informationsmodell (Datenbank)

Die Beispielfälle sind auch zur Überprüfung der statistischen Auswertungen in Subtask C und für die Bewertung der Energieeffizienz angewandt.

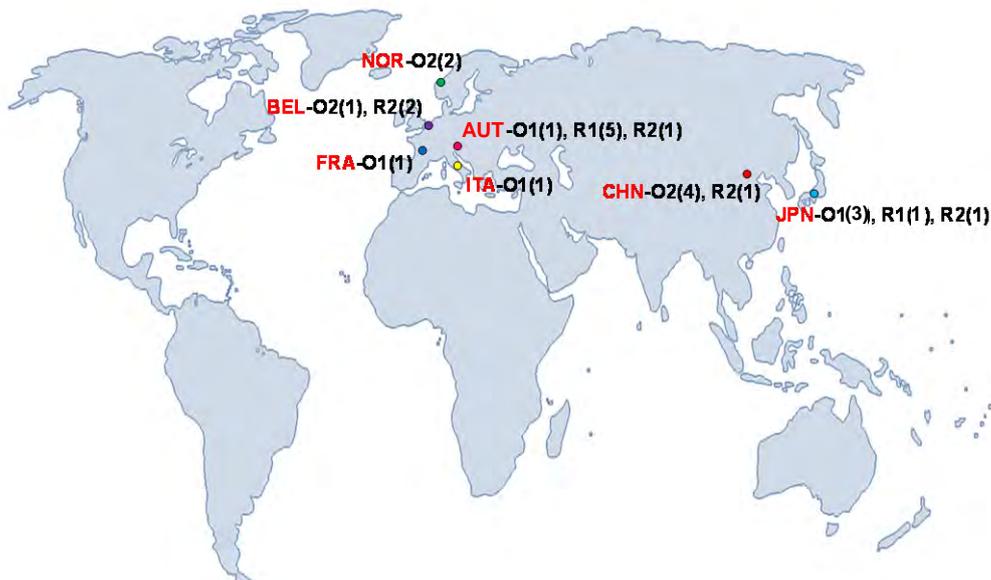


Abb. 12: Orte der 24 Fallbeispiele-Gebäuden der sieben beitragenden Länder [54].

Dreizehn Bürogebäude (darunter sechs Einzel- und sieben Große) wurden von Forschern aus sieben Ländern beigetragen. Die Bruttogeschossfläche reicht von 1.000 bis 150.000 Quadratmeter. Davon überschreiten zwei prestigeträchtige Bürogebäude. Nur zwei einzelne Bürogebäude nutzen natürliche Lüftung statt zentrale mechanische Klimaanlage. Österreich hat ein Bürogebäude beigetragen.

Insgesamt wurden zwölf Wohngebäude aus Österreich, Belgien, China und Japan beigetragen. Davon sind sechs Einfamilienhäuser und sechs Mehrfamilienhäuser. Einfamilienhaus-Bruttogeschossflächen bewegen sich im Bereich von 159 bis 389 Quadratmetern. „O“ bezeichnet Bürogebäude (auf Englisch „Office“) und „R“ bezeichnet Wohngebäude (auf Englisch „Residence“).

Internationale Bürogebäude und Wohnhaus Typologien wurden in den Fallstudien vorgestellt. Die Informationen folgen der Definition aus Subtask-A (einschließlich Büro- und Wohngebäude) und die wesentlichen Ergebnisse des Gesamtenergieverbrauchs und Nutzerverhaltens in Büro- und Wohngebäuden werden dargestellt.

Tab. 4: Österreichische Beispiele für die Beispielfälle-Datenbank.

Nummer	Foto	Basisinformation
AUT-O01		Kategorie: O1 Datenebene: B Ort: Melk, Österreich BGF: 4.811 m <sup>2</sup> Geschosse: 3 Baujahr: 2007 Kältequelle: mechanische Lüftung mit einem Erdreich-Wärmetauscher, dezentrale Klimaanlage für Serverräume Wärmequelle: Fernwärme aus Biomasse, mechanische Lüftung mit einem Erdreich-Wärmetauscher
AUT-R01		Kategorie: R1 Datenebene: B Ort: Vorarlberg, Österreich Geschosse: 2 BGF: 280,6 m <sup>2</sup> Baujahr: 1987
AUT-R02		Kategorie: R1 Datenebene: B Ort: Vorarlberg, Österreich Geschosse: 2 BGF: 185.2 m <sup>2</sup> Baujahr: 1965

AUT-R03		Kategorie: R1 Datenebene: B Ort: Vorarlberg, Österreich Geschosse: 3 BGF: 164,4 m <sup>2</sup> Baujahr: 1957
AUT-R04		Kategorie: R1 Datenebene: A Ort: Wien, Österreich Geschosse: 2 BGF: 100 m <sup>2</sup> Baujahr: 1930
AUT-R05		Kategorie: R1 Datenebene: A Ort: Wien, Österreich Geschosse: 2 BGF: 389,4 m <sup>2</sup> Baujahr: 2004
AUT-R06		Kategorie: R2 Datenebene: B Ort: Wien, Österreich Geschosse: 13 BGF: 1.330 m <sup>2</sup> Baujahr: 2007

Der gesamte Stromverbrauch ist relativ zu den Bruttogeschossflächen des Gebäudes. In Abb. 133 vergleicht man den gesamten Stromverbrauch von Gebäuden und trennt die Gebäude mit weniger als 30.000 Quadratmetern von den Gebäuden mit mehr als 30.000 Quadratmetern. Der gesamte Stromverbrauch der Bürogebäude mit weniger als 5.000 Quadratmetern (AUT-01, FRA-01, JPN-01, JPN-02) ist kleiner als 500 MWh<sub>e</sub> pro Jahr. Der von den Bürogebäuden mit rund 17.000 Quadratmetern (BEL -01, NOR-02) liegt bei circa 700 bis 1.200 MWh<sub>e</sub> pro Jahr. Der gesamte Stromverbrauch der Bürogebäude mit mehr als 30.000 Quadratmetern ist höher als 5.000 MWh<sub>e</sub> pro Jahr.

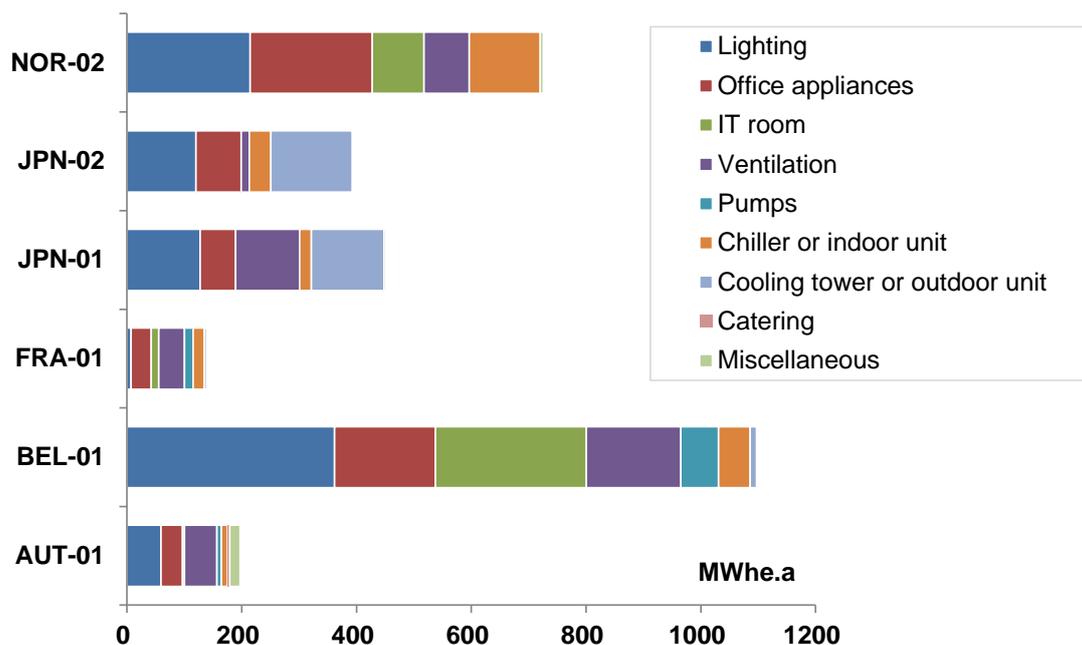


Abb. 13: Gesamtstromverbrauch der Büro-Beispielfälle (weniger als 1.200 MWh<sub>e</sub> pro Jahr) [54].

Die Fallstudien zeigen, dass der gesamte Energieverbrauch in Bürogebäuden von Land zu Land unterschiedlich ist. Der Heizungsverbrauch in Österreich, Belgien, Nord-China und Norwegen sind ähnlich. Große Abweichungen des Stromverbrauchs wurden bei Klimaanlage, Lüftungs- und Beleuchtungsanlagen gefunden. Größere Bürogebäude verbrauchen deutlich mehr Strom als einzelne Bürogebäude.

Der Beleuchtungs-Zeitplan in Bürogebäuden ist an Wochentagen und Wochenenden von vier Gebäuden in China, Norwegen und Belgien verglichen worden. Mehr als 60% der künstlichen Beleuchtung ist während den Arbeitsstunden, in den vier Gebäuden, eingeschaltet. Die 20% der Überreste sind während unbesetzten Stunden eingeschaltet, bei allen Objekten, außer in dem Gebäudefall aus Belgien.

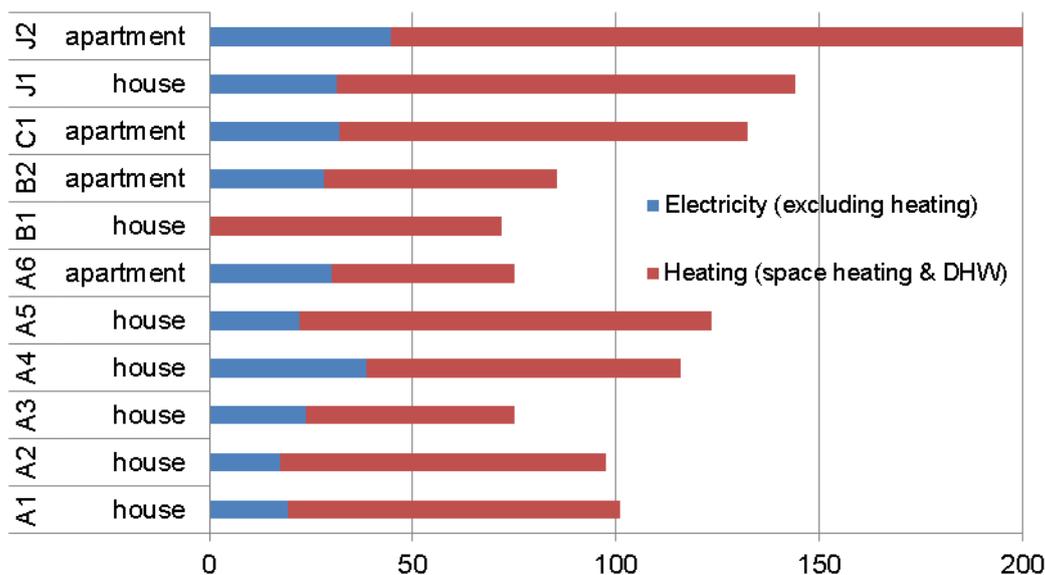


Abb. 14. Strom- und Wärmeverbräuche der Wohnhäuser (Einheit: kWh/m²·a; Stromnutzung für Raumheizung wird direkt an Wärme, durch den Heizwert umgewandelt) [54].

Abb. 14 vergleicht die Heizenergie- und Stromverbräuche in den zwölf Wohnhäusern. Die Stromverbräuche Chinas (in der nördlichen Stadt, Peking), Österreichs, Belgiens und Japans liegen zwischen 17,5 und 44,6 kWh<sub>e</sub>/(m²·a). Der Heizenergieverbrauch dieser Gebäude reicht von 45,0 bis 155,4 kWh/(m²·a). Es gibt keinen großen Unterschied in dem Gesamtenergieverbrauch, für die Fallstudien-Gebäude aus den oben genannten vier Ländern. Es gibt auch keinen starken Beweis, dass ein Mehrfamilienhaus weniger verbraucht als ein Einfamilienhaus.

Beträchtliche Unterschiede bei der Energienutzung in Wohngebäuden sind aufgrund der unterschiedlicher Nutzerverhalten möglich. Tab. 5 zeigt mehrere Heizverhalten und Heizenergieverbräuche aus der japanischen Wohnhaus-Datenbank. Die Heizverfahren sind aus Einfamilienhäusern erfasst worden. "Alle Räume" bedeutet; inklusiv der Wohn- und Schlafzimmer. „Einige Zimmer“ sind entweder nur das Wohn- oder Schlafzimmer. Eine Heizperiode von '24h' bedeutet kontinuierliche Heizung für den ganzen Tag. „Besetzt“ bedeutet periodische Heizung, wenn die Räume besetzt sind. Der gemessene Heizenergieverbrauch weicht, aufgrund der vier verschiedenen Verhalten, um einen Faktor von 5 bis 20 ab.

Tab. 5: Heizverhalten in Wohngebäuden [54].

Heizverhalten	Zeit und Ort
1	Alle Räume beheizt für 24 Stunde im Winter
2	Alle Räume beheizt wenn besetzt
3	Nur einige Zimmer beheizt für 24 Stunden im Winter
4	Nur einige Zimmer erwärmt, wenn im Winter besetzt

Das Nutzerverhalten in Mehrfamilienhäusern zeigt, dass die Reduzierung der Arbeitszeit der Anlage oder der Größe der Raumheizung- und Warmwasseraufbereitungseinrichtung den Energieverbrauch um 40% bis 46% verringern kann (im Vergleich zum "Energieverschwendung"-Szenario).

Die Fallstudien waren reale Situationen, in denen die Definitionen aus Subtask-A angewendet, überprüft und verifiziert wurden. Der direkte Zusammenhang zwischen dem Energieverbrauch und dem Nutzerverhalten wurde in diesem Subtask untersucht. Die Energieverbrauch- und Nutzerverhaltensdaten wurden, in weiterer Folge, als Eingangsdaten für Simulationen in Subtask-D verwendet.

### **Analyse der Datenerhebung für die Verwaltung eines Gebäudeenergiesystem**

Subtask B2 konzentriert sich auf die Analyse der Gebäude Monitoring-Systeme. Der Mangel an gemessenen Energieverbrauchsdaten war bis jetzt ein großes Hindernis für eine umfassende Analyse und Überprüfung der realen Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Mit der aktuellen und raschen Einführung der neuen Technologie, „Automated Meter Reading“ (AMR) kombiniert mit modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), ändert sich diese Situation wesentlich. Millionen von sogenannten „Smart Meter“-Systeme, werden auf der ganzen Welt installiert.

Das Ziel dieses Subtasks war die Auswertung des Standes der Technik von Online-Datenerhebung und -technologien sowie von einigen entwickelten Anwendungen für Monitoring, Analyse und Management von Energie-, Wasser- und anderen Gebäudeverbräuche in verschiedenen Ländern. Fünf online Datensammlungssysteme aus Finnland, China, Japan, Deutschland und Spanien, sind bisher überprüft worden. Die Systeme wurden analysiert, um die wichtigsten Merkmale und Eigenschaften der verschiedenen Messstrategien für Online-Datenerhebung, Gebäude-Monitoring-Systeme und die Luftqualität in Innenräumen zu identifizieren.

Es wird festgestellt, dass alle Online-Systeme zur Datenerfassung fünf Funktionen besitzen: Messung, externe Datenabfrage (z. B. Wetterdaten), Datenübertragung, Datenanalyse und Berichterstellung. Zwei Arten von Monitoring-System werden derzeit in verschiedenen Länder verwendet: eine individuelle Online-Datenerhebung und einen „Open Access-System“. In einer individuellen Online-Datenerfassung, führt ein einzelnes Unternehmen mit exklusivem Zugang zu einem geschlossenen System, diese fünf Funktionen aus. Ein System mit offenem Zugang ermöglicht bidirektionale Datenübertragung über das Internet. Das offene Sammlungssystem kann auch mit anderen Systemen zusammenarbeiten.

Ein Monitoring-System sollte in der Lage sein, unterschiedliche Einflussfaktoren auf Messungen aufzuzeigen und das ev. notwendige Ersatz von Meter aufzudecken oder sie sogar automatisch anzuzeigen. Online Smart-Meter-Systeme schaffen neue Möglichkeiten für die weitere Entwicklung von Monitoring-Systemen. Das System bietet eine genaue und nahezu Echtzeitinformationen für verschiedene Interessengruppen. Serienproduktionen von neuen Sensoren, die oft für drahtlose Kommunikation gebaut sind, bieten ein günstiges und flexibles Mittel für ergänzende Messungen von verschiedenen Umweltfaktoren und Gebäudebelegungen.

Gebäudeautomation Systeme werden auch immer mehr bevorzugt, vor allem in Büro- und Gewerbebauten. Dazu gehören auch viele Funktionen von Monitoring-Systemen. Manche werden sie von großen internationalen Unternehmen entwickelt und vermarktet und sind daher nicht allzu kompatibel mit anderen Firmen. Damit gestaltet sich die Integration und gemeinsame Nutzung etwas schwieriger.

## 2.2.4 Subtask C: Statistische Auswertung des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden

Eine Zusammenfassung der statistischen Methoden für die energetische Analyse und Vorhersage-Methodik wurde in Subtask C verfasst. Mit den sechs Einflussfaktoren wurde ein Flussdiagramm, das die Schritte zum Erstellen neuer statistischer Modelle für die Energie-Analyse, erstellt (Abb. 15).

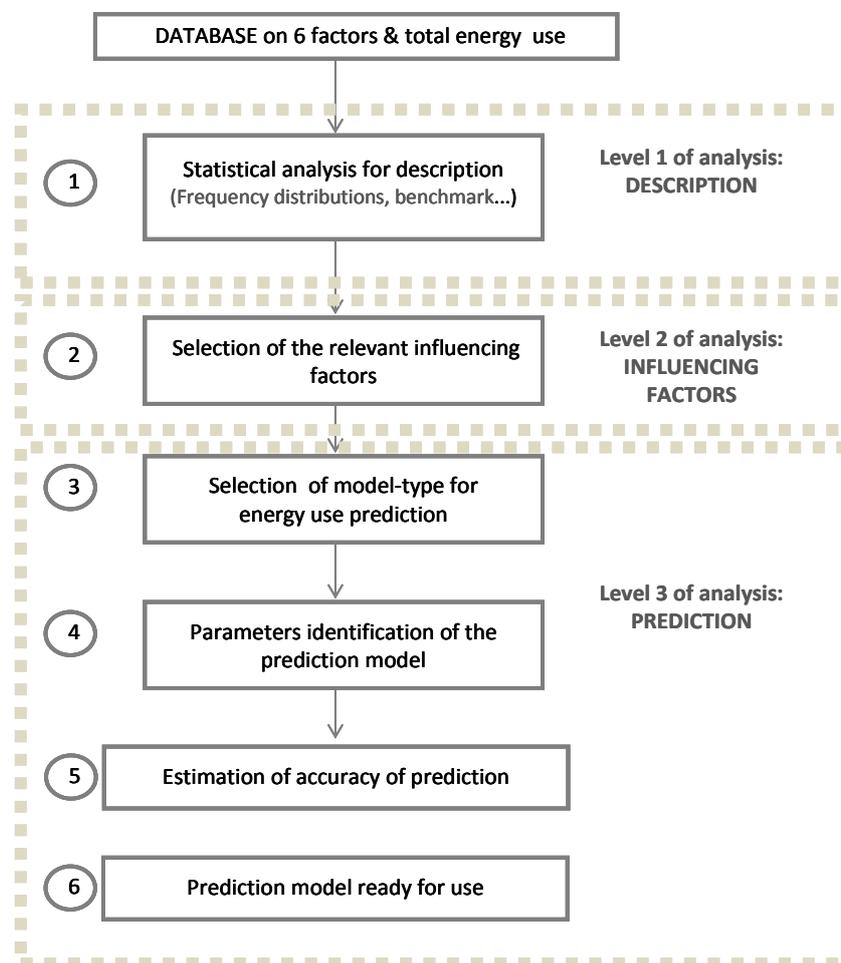


Abb. 15: Aufbauschema des allgemeinen Konzepts für die statistische Analyse und Vorhersage-Methodik [54].

Subtask C ist in vier Teile geordnet:

- C1: Sammlung und Beurteilung von statistischen Studien und Analysen

- C2: Entwicklung der statistischen Auswertungsmethode für globale, nationale und regionale Gesamtenergieverbräuche in Gebäuden
- C3: Entwicklung der statistischen Auswertungsmethode für Gesamtenergieverbrauch der einzelnen Gebäude
- C4: Entwicklung der Prognose-Methoden und Identifizierung der relevanten Faktoren von Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden

Mithilfe einer der österreichischen Nutzerprofile aus Subtask B und nach den Definitionen aus Subtask A, wurde ein zweistufiges Mittelwert-Nutzerprofilmodell am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, Institut für Hochbau und Technologie an der TU Wien, entwickelt. Basierend auf einem probabilistischen Nutzerverhaltensmodell ist der Heizenergiebedarf von einem Einfamilienhaus mit drei verschiedenen Gebäudeausführungen, in einer detaillierten Gebäudesimulation berechnet worden. Aus dieser 1000 „virtuellen Familie“ Datenbank in drei Gebäudeausführungen sind die wichtigsten nutzerbezogenen Parameter (mittlere Innenraumtemperatur, mittlere Innere-Lasten, und durchschnittliche Luftwechselzahl) identifiziert worden sowie der Unterschied zwischen dem durchschnittlichen Ensemble und der vereinfachten Berechnung (mit den Durchschnittswerten). Die Parameter wurden mit Hilfe von zwei der drei Gebäudestandards (Bestand, Niedrigenergiehaus und Passivhaus) identifiziert. Die Genauigkeit wurde unter Verwendung des dritten Gebäudestandards analysiert.

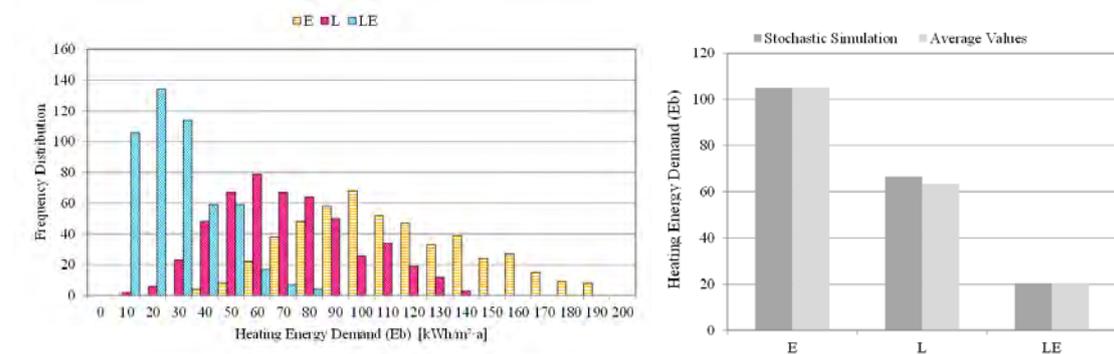


Abb. 16: Häufigkeitsverteilung des Heizenergieverbrauchs, berechnet mit der dynamischen Gebäudesimulation und der Verwendung des probabilistischen Nutzermodells (links) - mit drei verschiedenen Gebäudestandards (E = Bestehende Gebäude aus dem Jahr 1970, L = Niedrigenergiehaus, LE = Passivhaus) [55].

Die Warm- / Kaltwasserverbräuche und Stromverbräuche für Haushaltsgeräte wurde, abhängig von der Anzahl der Personen in einem Haushalt, aus Monitoring-Daten der Wiener Wohnhaushalte abgeleitet (Abb. 17). Die Daten zeigen, dass Kalt- und Warmwasserverbräuche ähnliche Trends zeigen; Der durchschnittliche Wasserverbrauch erreicht einen Hochstand für einen zwei Personen-Haushalt und nimmt für größere Haushalte ab. Warmwasserverbrauch ist in der Regel höher als Kaltwasserverbrauch / der Haushaltsstrom steigt mit zunehmender Anzahl an Personen an.

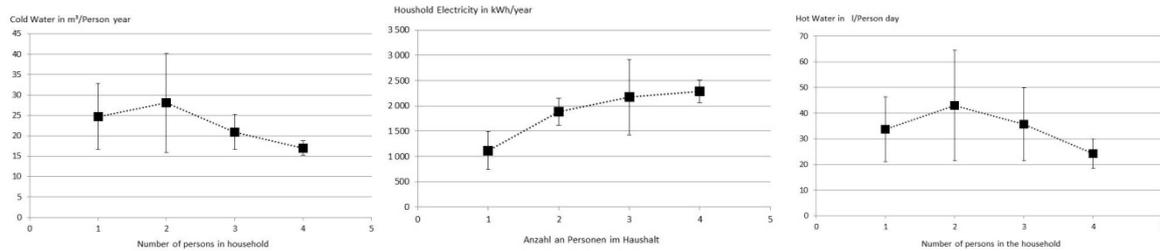


Abb. 17: Analysen des gemessenen Verbrauchs von Kalt- und Warmwasser und des Haushaltsstroms pro Person [54].

Die statistische Analyse wird für die Vorhersage des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden und für die Identifizierung der wichtigsten Einflussfaktoren verwendet. Im Rahmen dieses Subtasks wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durch Sammlung und kritische Analyse der bisherigen Erfahrungen durchgeführt.

Die Erläuterung des Nutzerverhaltens durch statistische und probabilistische Methoden, aufbauend auf der Literaturrecherche der Nutzerverhalten Studien, wurde in der Task Force des Nutzerverhaltens durchgeführt. Die festgelegte Terminologie in Subtask-A bestimmt die Struktur der Typologien-Datenbank.

Um eine geeignete Methodik zu wählen, ist es wichtig, den Umfang der Analyse zu bestimmen. Drei wesentliche Aspekte müssen berücksichtigt werden: Anzahl der Gebäuden (z.B. einzelne Gebäude, sehr große Gebäude, Gebäudeensemble), Anzahl der Deskriptoren für jedes Gebäude und die Datensammlungsfrequenz der Zeit-Frequenz-Parameter (d.h. jährlich bis sub-stündlich). Durch die Parameter-Gruppierung in dieser Art und Weise können die Einzelteile der Analyse nach Komplexitätsgrad in der „Drei-Stufen Database“ in Subtask-A Datenbank-Typologie eingegeben werden.

Die Verfügbarkeit von geeigneten Datenbanken ist eine grundlegende Voraussetzung, um konsistente statistische Analysen durchzuführen. Der Energieverbrauch lässt sich sehr oft durch ein paar wesentliche Einflussfaktoren beschreiben. Nur wenige Datenbanken enthalten Elemente mit Nutzerverhalten-Beschreibungen. Regression Modelle werden, vor allem für den gesamten Energieverbrauch (von einfacher linearer Regression), für komplexe Netzwerke bevorzugt. Zunehmende Komplexität des Modells erhöht nicht oft die Vorhersagens-Genauigkeit.

### 2.2.5 Subtask D: Bewertung der Gesamteffizienz

Subtask D ist in drei Teile gegliedert:

- D1: Bewertung der Auswirkungen der Gebäude- und Nutzerbezogenen Faktoren auf den Gesamtenergieverbrauch
- D2: Evaluierung der bestehenden und neuen Performanceindikatoren auf dem Gesamtenergieverbrauch unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren

- D3: Demonstration von entwickelten Wissen und Verfahren, um die Wirkung der energiesparenden Technologien, Nutzerverhalten und Lebensstil auf den Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden zu prognostizieren.

Das Thema des Subtasks D ist die Evaluierung der Gesamteffizienz mithilfe von Simulationsmodellen. Ziel war es die Energieflüsse in Gebäuden genau zu beurteilen. Die Simulationsmodelle für die Berechnung der Gesamteffizienz und der thermischen Behaglichkeit in Gebäuden haben sich in den letzten zehn Jahren weit entwickelt. Der Einsatz modernster Software-Tools wird immer häufiger von Gebäudebetreibern benutzt, um den Energiebedarf und die Vorhersage der thermischen Behaglichkeit zu bestimmen.

Trotz der Verwendung "detaillierter" und validierter Rechenmodelle weichen oft die berechneten Vorhersagen bzw. Energiebedarf ziemlich weit von den realen Verbrauchsdaten ab. Ein wichtiger Faktor ist, dass in den Berechnungen fixe Werte für das Nutzerverhalten verwendet werden. Beispiele dafür sind die fixen Heizungs- und Kühlungssollwerte, Steuerung von Sonnenschutz, Fensteröffnungen etc. Die gängigen Simulationsmodelle bieten eine vereinfachte Berechnung, bei der bestimmte Prozesse nicht berücksichtigt werden. Für die genaue Eingabe fehlen die, spezifischen und realitätsangepassten Nutzerprofile.

Die Ergebnisse einer Berechnung hängen sehr stark von der verwendeten Hypothese ab. Der geschätzte berechnete Verbrauch ist das Ergebnis eines angenommenen Nutzerverhaltens. Der Benutzer eines Simulationsprogramms muss die Grenzen der aktuellen Modelle verstehen, um sie fachgerecht nutzen zu können.

Die Bedürfnisse der einzelnen Benutzer von Simulationsprogrammen (Designer, Gebäude-Betreiber, politischen Entscheidungsträger etc.) sind sehr unterschiedlich. Designer (z.B. Architekten, Ingenieure und Installateure) wollen verschiedene Lösungsvarianten in der Planungsphase optimieren. Daher werden Simulationen verwendet, um eine Reihe von möglichen Varianten zu vergleichen. Ein Gebäude-Manager versucht Gebäudenutzung zu optimieren, beispielsweise das Einstellen von HVAC und die Begrenzung des Stromverbrauchs. Das Ziel ist die Identifizierung des Einsparpotentials um die besten Strategien anzuwenden bzw. die vorhandenen anpassen zu können. Ein Entscheidungsträger ist an den makroskopischen Auswirkungen einer Anzahl von Energieeinsparungen interessiert. Die Darstellung der gewünschten Simulationsergebnisse hängt sehr stark vom Benutzer ab.

Das Endergebnis dieses Annexes schafft ein besseres Verständnis und ein stärkeres Wissen für eine robuste Vorhersage des Gesamtenergieverbrauchs, sodass die Energiesparmaßnahmen, Gesetze, und Methoden realistischer und genauer beurteilt werden können. Die Entwicklung der Energieforschung, -Praxis, -Gesetze, etc. können näher an die Realität gebracht werden. Zwei Gebäudetypen sind im Rahmen des Annexes erforscht: Wohngebäude (Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser) und Bürogebäude (Bürohochhäuser und Kleinbüros).

Die Hauptziele des Annexes sind in den unten gezeigten Punkten aufgelistet:

- die Festlegung der energieverbrauchsbezogenen Begriffe und Einflussfaktoren
- eine quantitative Methodik zur Beschreibung des Nutzerverhaltens sowie ein Rahmen für das Nutzerverhaltensmodell
- eine Energieverbrauchsdatenbank und Einflussfaktoren für typische Bestandsgebäude in verschiedenen Ländern
- Gesamtenergieverbrauch Monitoring Methode und Verfahren inklusiv Hardware- und Softwareplattform
- ein statistisches Modell für bundesweite oder regionale Daten mit Nutzerverhaltenseinfluss
- Gesamtenergieverbrauchs-Vorhersageverfahren und die Folgenabschätzung der Energieeinsparungsverfahren und -gesetze

## 2.4 Empfänger und Vorteile

Die Nutzer der Annex 53-Ergebnisse sind sowohl die Entscheidungsträger, Bauträger, Energie-Contracting Firmen, Geldgeber und Hersteller als auch die Entwickler energiesparender Technologien. Das Ergebnis des Annexes trägt zur weiteren Verbesserungen der verwendeten Instrumente für das Energie-Ranking und die Kennzeichnung bei. Folgende Vorteile gelten als wesentlich:

- besseres Verständnis der effektiven Gebäudeenergiedaten im Hinblick auf die Bewertung und Entwicklung neuer Energieeinsparmaßnahmen und –technologien
- Kenntnisse der relevanten Einflussfaktoren des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden und deren Wechselwirkungen, um neue Energiesparmaßnahmen, -technologien, -verfahren, und –strategien zu entwickeln
- Grundlagen für die Entwicklung Energiesparttechnologien, die das gebäudebezogene und nutzerbezogene Energieverbrauch berücksichtigen und die Vorhersage der erwartenden Energieverbräuche und das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Energieeinsparmaßnahmen in Neu- und Bestandsgebäuden ermöglichen
- Unterstützung der Normung und Benchmarking des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäude:
  - Energieverbrauchsindikatoren mit Rücksicht auf nutzerbezogene Faktoren etablieren
  - Kommunikationsfähigkeit zur Bevölkerung verbessern
  - Integration von Nutzerverhalten in die Rechenregeln

#### 4. Detailangaben in Bezug auf die Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur (IEA)

Die Annex 53 Meetings wurden grundsätzlich mit internationalen Konferenzen und Tagungen gekoppelt (entweder 3 Tage vor oder danach) organisiert und die Ergebnisse der Forschungsarbeiten bei diesen Konferenzen präsentiert. Die Berechnungsmethodik des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden sowie die, im Annex 53 definierten, Energiegrenzen wurden in die Bauphysik Vorlesungen und Workshops der TU Wien, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, integriert.

Die Komplexität des Einflusses von Nutzerverhalten auf den Energieverbrauch in Gebäuden, wird auf internationaler Ebene an vielen Beispielen gezeigt. Durch das Annex 53 Projekt, wurde der Kontakt mit internationalen Forschern im Spezialgebiet Nutzerverhalten, Gesamtenergieverbrauch in Gebäude, Gebäudemodellierung und Monitoring aufgebaut. Ein produktiver Gedankenaustausch über die Analyse, Bewertung, Energienutzungsmodelle und das damit verbundene Nutzerverhalten, hat das Wissen in Österreich bereichert. Die gesammelten Informationen werden für die Weiterentwicklung der Nutzerverhalten Modelle vom Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz der TU Wien angewendet. Zukünftige Forschungsvorhaben und Kooperationen auf europäischer Ebene bezüglich des Energieverbrauchs in Gebäuden sind geplant.

Wichtige wissenschaftliche Publikationen, die aus diesem Projekt entstanden sind:

- A. Korjenic, T. Bednar: "[Impact of Lifestyle on the Energy Demand of a Single Family House](#)"; **Building Simulation**, Volume 4 (2011), Issue 2; S. 89 - 95.
- A. Korjenic, T. Bednar: "[Validation and Evaluation of Energy Use in Office Buildings - A Case Study](#)"; **Automation in Construction**, 23 (2012), S. 64- 70.
- A. Korjenic, T. Bednar: "Ermittlung der Gesamtenergieeffizienz am Beispiel eines denkmalgeschützten Gebäudes"; Vortrag: Defects and restoration of building envelope structures, International Conference, Vysoke Tatry- Slovaek; 13.04.2011 - 15.04.2011; in: "Defects and restoration of building envelope structures - CD Proceedings", Technicka univerzita v Kosiciach - Stavebna fakulta, Podbanske, Vysoke Tatry, Slovaek (2011), ISBN: 978-80-553-0651-3; 12 S.
- A. Korjenic, T. Hofer, C. Deseyve, T. Bednar: "Validation and Analysis of Energy Performance Using Dynamic Simulations and Comparisons with Detailed Measurements"; Vortrag: 9th Nordic Symposium on Building Physics- NSB 2011, Tampere, Finland; 29.05.2011 - 02.06.2011; in: "Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics NSB 2011", Tampere University of Technology, Department of Civil Engineering, Volume 3 (2011), ISBN: 978-952-15-2576-6; S. 1203 - 1210. Seite 8 von 14.
- A Korjenic, T. Bednar: "Investigation Study on total Energy Consumption of Small Office Building in Vienna"; Vortrag: 1st. Workshop of Energy Efficient Buildings in Kosice 2010, Kosice. Slowakei; 04.10.2010 - 05.10.2010; in: "Seminar for Energy Saving Structures under Construction", (2010), ISBN: 978-80-553-0594-3; S. 5 - 10.

- M. Dörn, A. Korjenic, T. Bednar: "Vergleich von Verbrauchsdaten mit Bedarfsberechnungen für den Energieeinsatz bei Gebäuden"; Vortrag: ökosan'11 Internationale Konferenz für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden, Graz; 28.09.2011 - 30.09.2011; in: "okosan'11 Internationale Konferenz für hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden", (2011), 9 S.
- M. Dörn, N. Morishita, A. Korjenic, T. Bednar: "The combined impact of thermal renovations and user behavior on predicting residential heating energy use"; Vortrag: 5th International Building Physics Conference (IBPC), Kyoto, Japan; 28.05.2012 - 31.05.2012; in: "The Role of Building Physics in Resolving Carbon Reduction Challenge and Promoting Human Health in Buildings", (2012), Paper-Nr. P 913-920, 8 S.
- M. Leeb, C. Deseyve, T. Höfer, A. Korjenic, T. Bednar: "Impact of Outdoor Climate and Life Style on the Total Energy Use in Office Buildings"; Vortrag: 9th Nordic Symposium on Building Physics- NSB 2011, Tampere, Finland; 29.05.2011 - 02.06.2011; in: "Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics NSB 2011", Tampere University of Technology, Department of Civil Engineering, Volume 3 (2011), ISBN: 978-952-15-2576-6; S. 1211 - 1218.

Im Dezember 2013 wird ein Paper auf der Buildings XII Konferenz in Clearwater Beach, USA und in der Zeitschrift „ASHRAE Transactions“ veröffentlicht:

- N. Morishita, T. Bednar: "The impact of occupants' exterior shading use on summer comfort in lowest energy apartment buildings", in "Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings XII International Conference 2013", Oak Ridges National Laboratory: Clearwater Beach; 01.12.2013 – 05.12.2013; eingereicht.

## 5. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Die gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam sind: ein besseres Verständnis des Gesamtenergieverbrauchs, Energiegrenzen sowie aller Einflussfaktoren, um die reale und langfristige Gebäude-Performance, inklusive Haustechnik planen, berechnen und beurteilen zu können. Dadurch wird die Bewertung und Entwicklung neuer Maßnahmen zur Energieeinsparung, Entwicklung neuer Technologien, Methoden und Strategien auf einer internationalen Ebene ermöglicht.

Mit den gewonnenen Erkenntnissen ist es möglich, die Energieeinsparung, den erwarteten gebäude- und benutzerbezogenen Energieverbrauch, in neuen und sanierten Gebäuden sowie das Kosten-Nutzen-Verhältnis von energiesparenden Maßnahmen realitätsnahe und unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren zu berechnen. Außerdem wurden die notwendigen Daten für die Aktualisierung und Harmonisierung von internationalen Standards und Benchmarking im Bereich des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden, sowie die Festlegung internationaler Indikatoren, ausgearbeitet.

Die erarbeiteten Ergebnisse werden vom Projektteam bei derzeitigen und zukünftigen Projekten benutzt. Die fehlenden Daten bzw. der identifizierte Forschungsbedarf wird vom Projektteam weiteruntersucht und ausgearbeitet. Beispielsweise wird, basierend auf den Annex 53 Ergebnissen,

im Rahmen einer Dissertation ein neuer Algorithmus entwickeln, um Nutzerprofile zu definieren und somit die Genauigkeit der Gebäudesimulationen zu verbessern.

Das gegenständliche Projekt versteht sich als Grundlagenforschung und zielt als solches nicht explizit auf die Erschließung ökonomisch verwertbarer Marktpotenziale an.

Verwertbares Nutzen wird für relevante Sektoren der Softwarehersteller, Immobilienwirtschaft sowie der öffentlichen Gebäudeverwaltung und der Politik (Beratung) generiert. Die Nutzungsrelevanz des gegenständlichen Projektes besteht v.a. in der Verfügbarmachung seiner Erkenntnisse für die nationale und regionale Politik und die Immobilienwirtschaft.

Die Energiegrenzen, sowie die unterschiedlichen Energieverbrauchszonen, die im Rahmen des Annex 53 definiert sind, verdeutlichen die Energieverteilung und -verbrauch in Gebäuden, was zum besseren Verständnis von Planern, Ausführenden, sowie den Gebäudenutzern führt. Die Definitionen aus Subtask A können als universale Vorlage für die Darstellung in Simulationen und Energieausweis-Berechnungen, sowie für die Ergebnis-Präsentationen des Energieverbrauchs verwendet werden. Die Energieverbrauchsprognosen, zukünftige Szenarien und die statistische Analysen können von Versorgungsunternehmen, Behörden und Meteorologen durch die Kopplung der Modelle mit Zukunft-Klimaszenarien verwendet und weiter entwickelt werden.

Die vorgestellten Monitoring- und Smart-Metering-Systeme können durch Hardware- und Software-Entwickler über Hausverwaltungen und Haushalte umgesetzt werden.

Die Projektergebnisse sind sowohl für die Forschung, als auch für die praktische Umsetzung in den kommenden Jahren und Jahrzehnten interessant und äußerst relevant. Alle beteiligten Forschungsgruppen haben ihre vorhandene Kompetenz im Bereich „Gesamtenergieeffizienz im Gebäudebereich“ weiterentwickelt und einen besseren Einblick in die anderen Fachdisziplinen (z.B. Haustechnik, Gebäudeautomatisation etc.) bekommen. Das ist sowohl in der Ausbildung, als auch bei derzeitigen und zukünftigen nationalen und internationalen Forschungsprojekten von hoher Relevanz.

Die Projektbeteiligten beabsichtigen, auch in der Zukunft verstärkt miteinander zu kooperieren. Interdisziplinarität ist, insbesondere bei so komplexen Themen wie die Gesamtenergieeffizienz im Gebäudebereich, der Schlüssel zum Erfolg.

Die Nutzer der Annex 53-Ergebnisse sind sowohl Entscheidungsträger, Bauträger, Energie-Contracting Firmen, Geldgeber und Hersteller, als auch Entwickler energiesparender Technologien. Die laufende Publikationstätigkeit und Vertretung der TU Wien in nationalen und internationalen Gremien trägt wesentlich zum Ziel, der nationalen und internationalen Vernetzung, bei. Die weitere Verbreitung der Ergebnisse erfolgt durch die intensive Vortragstätigkeit der beteiligten Personen. Durch die Einbindung der Annex 53 Ergebnisse in die Forschungsarbeit und Lehre der TU Wien, werden sowohl in die Forschung, als auch in die Lehre die aktuellsten Forschungsergebnisse integriert.

Die Integration der Annex 53 Ergebnisse trägt zu weiteren Verbesserungen der verwendeten Instrumente für das Energie-Ranking und die Kennzeichnung bei. Es führt zu einem besseren Verständnis dieser Instrumente, wobei die folgenden Vorteile ganz entscheidend sind:

- Das wesentlich bessere Verständnis der effektiven Gebäudeenergiedaten, über die langfristige Gebäudeperformance und –technik, im Hinblick auf die Bewertung und Entwicklung neuer Energieeinsparmaßnahmen und –technologien.
- Kenntnisse über die wichtigsten Einflussfaktoren für den Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden und deren Wechselwirkungen, um neue Energiesparmaßnahmen, -technologien, -verfahren und –strategien zu entwickeln
- Möglichkeiten für die Entwicklung Energiesparttechnologien, die den gebäude- und nutzerbezogenen Energieverbrauch berücksichtigen, die Vorhersage des erwarteten Energieverbrauchs erstellen um das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Energieeinsparmaßnahmen in Neu- und Bestandsgebäuden zu erhöhen
- Unterstützung der Normierung und des Benchmarking des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden

Internationale Forschungsinstitutionen können die in Annex 53 festgelegten Methoden für die Sammlung der Fallstudien-Daten anwenden. Die Fallstudien können zwischen verschiedenen Ländern ausgetauscht werden, um Gebäudesimulationen und -Modelle in der Entwicklungsphase zu überprüfen. Die definierten Protokolle für Online-Monitoring-Systeme können ebenfalls international verwendet werden. Die Protokolle können auch für die Planung von neuen Monitoring-Systemen benutzt werden.

Modellierung des Nutzerverhaltens wird derzeit an der TU Wien, im Rahmen von mehreren aktuellen Diplomarbeiten und Dissertationen, weiter erforscht:

- Vorhersage des Energieverbrauchs in Plusenergie Bürogebäuden (M. L.)
- Auswirkungen verschiedener Nutzerverhalten, basierend auf der Grundlage sozioökonomischer Kategorisierungen (N. M.)
- Entwicklung von Nutzerprofilen, um repräsentative Durchschnittswerte für große Gebäude-Ensemble zu erhalten (K. S.)
- Ein Vergleich des tatsächlichen Energieverbrauchs mit dem berechneten Energiebedarf in 30 identischen Einfamilienhäusern unter besonderer Berücksichtigung des Nutzerverhaltens (A.L.)
- Eine probabilistische Methode, um die Auswirkungen von unterschiedlichen Nutzerverhalten auf die Lebensdauer und Energieeffizienz von Dachkonstruktionen zu bestimmen (C. H.)

Das Leitprojekt PlusBüro Getreidemarkt nutzt die definierten Energiegrenzen von Annex 53 für die Berechnung des Energieverbrauchs in der Planungsphase. Das Kammelweg D Monitoring Projekt IEA Annex 53

analysiert das Verhältnis zwischen Nutzerverhalten und des gesamten Energieverbrauchs innerhalb des Gebäudes nach den Energiegrenzen des Annexes 53.

Die Einbindung der relevanten österreichischen Akteure erfolgt über verschiedene Seminare und Vorträge der Beteiligten (Beispielhaft: ZWEI-TAGES BAUPHYSIK-SEMINAR für die PRAXIS 1-2x jährlich, Seminar Energieeffizienzbeauftragter, etc....), sowie über direkte Kooperationen im Rahmen verschiedener Projekte und Tätigkeiten im Rahmen der Entwicklung der ÖNORMEN. Alle Unternehmen, die sich mit der Energieeffizienz im Gebäudebereich beschäftigen, werden angesprochen.

Die Workshops sind für Vertreter von Firmen, Energieversorgungsunternehmen und Studenten, die auf dem Gebiet der effizienten Energienutzung in Gebäuden beteiligt sind, frei zugänglich.

Die Ergebnisse werden für alle Zielgruppen durch Konferenzen, Workshops, Symposien und Fachzeitschriften mitgeteilt. <http://www.ecbcsa53.org/>

Derzeit laufen einige Arbeiten mit dem Ziel der Entwicklung der Standarddefinition und Randbedingungen für die ganzheitliche Betrachtung der Energieeffizienz eines Gebäudes, einschließlich ISO TC 163 (Entwicklung einer ISO-Norm zum Thema "Energieeffizienz von Gebäuden - Veranschaulichung des realen Energieverbrauchs von Gebäuden"). Es hat sich auch hier deutlich gezeigt, dass die Entwicklung einer einzigen Definition für den gesamten Energieverbrauch eines Gebäudes, die für alle Anwendungen verwendbar ist, eine große Herausforderung darstellt.

Die Arbeitsgruppe des Subtasks A hat im Rahmen dieses Projektes eine einheitliche und international anwendbare Interpretation vom Gesamtenergieverbrauch eines Gebäudes, einschließlich der Energiegrenze, Umrechnungsfaktoren, Gebäudenutzung und Energie Performance-Indikatoren, entwickelt. Es wurden drei verschiedene Ebenen der Datenerhebung definiert, die man vorher kennen bzw. definieren muss, um eine einheitliche Analyse und Berechnung der Gesamtenergieeffizienz, inklusive aller Einflussfaktoren, zu ermöglichen.

Die Arbeiten im Rahmen des Task Force Nutzerverhalten wurden in zwei Teile gegliedert:

- Literaturrecherche in Bezug auf die Verhaltensweise der NutzerInnen im Zusammenhang mit verschiedenen gebäudebezogenen Energieverbrauchsarten (Heizen, Kühlen, Lüften, Kochen, usw.)
- Modellentwicklung für energiebezogene Nutzerverhalten und ein zusammenfassender Bericht mit Beschreibungen der verschiedenen Modelltypen

Nach einer umfassenden Literaturrecherche des Nutzerverhaltens bei Heizungsnutzung, wurde im Rahmen dieses Projektes ein zweistufiges Nutzerverhalten-Modell entwickelt, das am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz der TU Wien für verschiedene Projekte angewendet wird.

Aus der Literaturrecherche und der Ergebnisse des Subtasks B1, wurde der Schluss gezogen, dass physiologische und psychologische Triebkräfte über den Rahmen des energiebezogenen

Nutzerverhaltens hinausgehen. Daher beschränkt sich die Beschreibung des Einflusses des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch, in diesem Bericht, auf folgende drei Aspekte:

- 1) Gebäudeplanung samt Beschreibung der Bauweise, der Systemart und des Service-Levels
- 2) Beschreibung des Stromverbrauchs von Elektrogeräten
- 3) Kognitive Normen, die die äußeren Anforderungen und das Energiebewusstsein der Nutzer verdeutlichen

Die bestehenden Online Datenerfassungssysteme wurden gesammelt, analysiert und eine Vorlage für die international anwendbare Datenerfassung wurde entwickelt. Die Energie Lieferanten, Kunden oder Dienstleister können jederzeit online sehen, wann und wie viel Energie verbraucht wird um, z.B. das größte Einsparpotenzial identifizieren zu können. (LINK) <http://www.ecbcsa53.org>

## **6. Ausblick und Empfehlungen**

Die in IEA Annex 53 erreichten Ergebnisse werden als äußerst relevant, sowohl für die Forschung, als auch für die praktische Umsetzung in den kommenden Jahren und Jahrzehnten, angesehen. Die einzelnen Projektbeteiligten haben einen besseren Einblick in die anderen Fachdisziplinen (z.B. Haustechnik, Gebäudeautomatisation etc.) erlangt und so die Kompetenz zur besseren Zusammenarbeit mit Vertretern anderen Wissenschaftsdisziplinen bekommen. Dies ist sowohl bei zukünftigen nationalen, als auch internationalen Forschungsprojekten von hoher Relevanz.

Als gemeinsame Empfehlung und Vorhaben des Projektkonsortiums wurde die Integration der IEA Annex 53 Ergebnisse in nationalen und internationalen Normen/Standards festgelegt.

Es ist ganz wichtig, dass die Mehrdeutigkeit und die verschiedenen Angabearten und Definitionen, betreffend den Gesamtenergieverbrauch im Gebäude, harmonisiert und vereinheitlicht werden.

Die wichtigsten Definitionen, Begriffe, Gebäude-Energie-Grenzen, Konversionsfaktoren, sowie die Indikatoren der Gesamtenergieeffizienz wurden im Rahmen dieses Projektes festgelegt, um eine einheitliche Sprache, ein besseres Verständnis, das Benchmarking und die Vergleichbarkeit verschiedener Energieverbräuche in Gebäuden schaffen und international durchsetzen zu können. Um den Energieverbrauch richtig darzustellen, muss ersichtlich sein, welche Art von Energie diese ist und im Rahmen welche Energiegrenze sie benutzt wird. Bei aktuellen Projekten werden, von allen Projektbeteiligten sowie deren Partnern, die hier entwickelten und festgelegten Grenzen und Definitionen verwendet.

Für die Abbildung verschiedener Gebäudearten sind erfahrungsgemäß unterschiedliche Daten notwendig, sodass ein gemeinsames Darstellungsformat nicht realistisch wäre. Deshalb wurden für die statistische Analysen, Fallstudien und Simulationen drei verschiedene Stufen der Datenerhebung definiert. Diese ermöglichen eine bessere Konsistenz der Datensätze, sowie den Vergleich zwischen verschiedenen Projekten und Ländern.

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, um einen Überblick über vorhandene Ansätze und Modelle zur Abbildung des Nutzungsverhaltens in Gebäudesimulationen zu erhalten. Es hat sich gezeigt, dass die Nutzerverhalten-Modelle sehr komplex sind und die Faktoren, wie beispielweise die Unterschiede im Verhalten zwischen einzelnen Nutzern und Nutzergruppen, abgebildet werden können. Jedoch ist in einem größeren Maßstab (z.B. Gruppen von Gebäuden, Städten und Ländern) die Komplexität der Verhaltensmodelle zu groß, sodass es notwendig ist, die vereinfachten Nutzerverhalten-Modelle, unter Beibehaltung der Genauigkeit, zu entwickeln. Ein weiterer Forschungsbedarf wurde im Bereich der Energieverbrauchssimulationen für Gebäudeensemble festgestellt.

Um die dynamische Gebäudesimulation möglichst genau an die Realität anzupassen und den tatsächlichen Energieverbrauch in Gebäuden vorhersagen zu können, muss die Simulationsdatenbank alle notwendigen Faktoren (Klima, Gebäudehülle, Haustechnik und Energiesysteme, Baubetrieb und Wartung, Nutzerverhalten und Raumluftqualität) enthalten. Es ist eine große Herausforderung, die empirischen Daten zu erhalten, um diese in die Datenbank zu integrieren.

Schnell entwickelnden Sensortechnologien mit Funk und andere Kommunikationsmöglichkeiten bieten günstige Mittel zur Durchführung verschiedener Messungen in- und außerhalb eines Gebäudes. Allerdings mangelt es bei der genauen Begriffsbestimmung für verschiedenen Online-Datenerfassungssysteme. So könnte, im Rahmen eines Folgeprojektes, das Ergebnis dieses Forschungsprojekts als Leitfaden oder eine internationale Plattform erarbeitet werden, welche die Forschungsergebnisse der jeweiligen nationalen Forschungseinrichtungen (universitäre und außeruniversitäre F&E) bezüglich Anhebung der Energieeffizienz von Gebäuden, bündelt und auf eine anwendbare Ebene für die Praxis herunterbricht.

## 7. Literaturverzeichnis

Die Annex 53 Webseite, <http://www.ecbcsa53.org/>, gibt einen umfassenden Überblick über das Projekt, die Teilnehmer, die Meetings, Präsentationen und Publikationen. Die drei Newsletter können von der Website heruntergeladen werden.

Die folgenden Publikationen wurden im Rahmen des Projektes Annex 53 veröffentlicht:

- [1] Zhun (Jerry) Yu, Fariborz Haghighat, et al., [A Methodology For Identifying And Improving Occupant Behavior In Residential Buildings](#), Energy, Volume 36, Issue 11, 6596-6608, November 2011.
- [2] Natasa Djuric, Vojislav Novakovic, [Identifying important variables of energy use in low energy office building by using multivariate analysis](#), Energy and Buildings, In Press, Accepted Manuscript, Available online 25 October 2011, doi: 10.1016/j
- [3] Ehsan Asadi, Manuel Gameiro da Silva, et al., [Indoor air quality audit implementation in a hotel building in Portugal](#), Building and Environment, Jan 2011.
- [4] Ehsan Asadi, Manuel Gameiro da Silva, et al., [Multi-Objective Optimization Retrofit strategies: A model and an application](#), Energy and Buildings, 2011.
- [5] Azra Korjenic, Thomas Bednar, [Impact of lifestyle on energy demand of a single family house](#), Building Simulation, Vol. 4, No. 2, 89-95, June 2011.
- [6] Chuang Wang, Da yan, YiJiang, [A novel approach for building occupancy simulation](#), Building Simulation, Vol. 4, No. 2, 149-167, June 2011.
- [7] Zhun (Jerry) Yu, Fariborz Haghighat, Hiroshi Yoshino, et al., [A decision tree method for building energy demand modeling](#), Energy and Buildings, Vol. 42, pp.1637-1646, 2010.
- [8] M C Gameiro da Silva, A wireless network web-based monitoring solution for indoor environmental quality and energy performance assessment of an office building in Portugal, Rehva Journal, European Journal of Heating, Ventilation and Air-Conditioning Technology, Volume 48, Issue 2, 51-52, March 2011.
- [9] Markus Dorn, Naomi Morishita, Azra Korjenic, and Thomas Bednar, The combined impact of thermal renovations and user behavior on predicting residential heating energy use, Proceedings of IBPC 2012 Conference, ID 405, 2012.
- [10] Hoes, P., Trcka, M., Hensen, J.L.M., B. Hoekstra Bonnema, [Optimizing building designs using a robustness indicator with respect to user behavior](#), Proceedings Building Simulation 2011, 2011.
- [11] Hoes, P., Trcka, M., Hensen, J.L.M., B. Hoekstra Bonnema, [Exploring the optimal thermal mass to investigate the potential of a novel low-energy house concept](#), Proceedings 10th International Conference for Enhanced Building Operations.
- [12] S.P. Corgnati, V. Fabi, M. Filippi, N. Tala, Statistical analysis methods to investigate energy use in buildings, 3rd International Conference Palenc2010, Rhodes Island, Greece 29 September-01 October 2010, Vol. 1, 1-12, 2010.

- [13] I. Ballarini, S.P. Corgnati, V. Corrado, N Tala, Definition of building typologies for energy investigations on residential sector by TABULA IEE Project, application to Italian case studies, Proceedings of RoomVent 2011 , Trondheim 19-22 June 2011, pp. 8, 2011,ISBN: 9788251928120.
- [14] I. Ballarini, S.P. Corgnati, V. Corrado, N Tala, [Improving energy modeling of large building stock through the development of archetype buildings](#), Proceedings of 12th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, Sydney, Australia,14-16 November 2011, Author and contributor.
- [15] Fabi V., Corgnati S.P., Andersen R.V., Filippi M., Olesen B.W., Effect of occupant behavior related influencing factors on final energy end uses in buildings, Proceedings of Climamed11, Madrid, June 2-3 2011.
- [16] Fabi V., Andersen R.V., Corgnati S.P., Filippi M., Olesen B.W., [Description of occupant behavior in building energy simulation: state-of-art and concepts for their improvement](#), Proceedings of 12th International Conference of the International Building Performance Simulation Association. Sydney, Australia, 14-16 November 2011.
- [17] Wen Kuei Chang, Tianzhen Hong, [Statistical Analysis and Modeling of Occupancy Patterns in Open Plan Offices using Measured Lighting Switch Data](#), Building Simulation, March 2013.
- [18] Liping Wang, Tianzhen Hong, [Modeling and Simulation of HVAC Faulty Operations and Performance Degradation due to Maintenance Issues](#), Proceedings of the 2012 Asim Conference, Shanghai, 2012.
- [19] HungWen Lin, Tianzhen Hong, [An In-Depth Analysis of Space Heating Energy Use in Office Buildings](#), Proceedings of the 2012 ACEEE Summer Conference for Building Energy Efficiency, 2012.
- [20] Tianzhen Hong, HungWen Lin, [Occupant Behavior: Impact on Energy Use of Private Offices](#), Proceedings of the 2012 Asim Conference, Shanghai, 2012.
- [21] Xin Zhou, Da Yan, Xiaoxin Ren, Tianzhen Hong, [Data analysis and modeling of lighting energy use in large office buildings](#), submitted to Building Research and Information, 2012.
- [22] Tianzhen Hong, WenKuei Chang, Hungwen Lin, [A Fresh Look at Weather Impact on Peak Electricity Demand and Energy Use of Buildings Using 30-Year Actual Weather Data](#), Submitted to Applied Energy, 2012.
- [23] Hungwen Lin, Tianzhen Hong, [On Variations of Space-heating Energy Use in Office Buildings](#), Submitted to Applied Energy, 2012.
- [24] Fabi V., Andersen R.V., Corgnati S.P., Filippi M., Olesen B.W., [Main physical environmental occupant behaviour drivers with regard to natural ventilation](#), Building Physics Conference2012, Kyoto Japan, May 28-31 2012.
- [25] Stefano Paolo Cognati and Manuel Gameiro da Silva, Indoor Climate Quality Assessment, ed., REHVA Guidebook no. 14 May 2011.
- [26] Manuel Carlos Gameiro da Silva, Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools, Part I Principles, ed., REHVA Guidebook no. 13 May 2010.

- [27] M. C. Gameiro da Silva, A. Paulino, M. Bento, M. Góis, G. Botte, R. Valentim, J. Gomes, R. Fonseca, A Wireless Network Web Based Monitoring Solution For Indoor Environmental Quality and Energy Performance Assessment of Buildings, Clima 2010-10th REHVA World Conference, 9-12 May 2010, Antalia, Turkey, ISBN 978-975-6907-16-6.
- [28] P. Gonçalves, A. Gaspar, M. Gameiro da Silva, [Comparative Exergy and Energy Performance Analysis of a Separated and Combined Heat and Power System for a Student Housing Building](#), 2nd International Conference in Microgeneration and Related Technologies in Buildings: Microgen II, University of Strathclyde, Glasgow, 4-6 April 2011.
- [29] Manuel Gameiro da Silva, José Joaquim Costa, Ernesto Peixeiro Ramos, On the definition of ventilation requirements in IAQ standards – A method based on emission rates of pollutants, Climamed 2011, 11th Mediterranean Congress of Climatization, 2-3 June 2011, Madrid.
- [30] Manuel Gameiro da Silva, José J. Costa, Adélio Gaspar, António Paulino, Miguel Bento, Gustavo Botte, The influence of wind on the infiltration rate in web-based monitored building, Roomvent 2011, 12th International conference on Air Distribution in Rooms, 19-22 June 2011, Trondheim, Norway.
- [31] He XIAO, Q.WEI, Yi JIANG, [The reality and statistical distribution of energy consumption in office buildings in China](#), Energy and Buildings, ENB 3700, 2011.3 Accepted.
- [32] Christian Ghiaus, [Causality issue in the heat balance method for calculating the design heating and cooling load](#), Energy, Volume 50, 1 February 2013, Pages 292-301.
- [33] Fabi V., Andersen RV., Corgnati SP., Olesen BW., [Occupants' window opening behavior: A literature review of factors influencing occupant behavior and model](#), Building and Environment (2012), pp. 188-198 DOI information: 10.1016/j.buildenv.2012.07.009.
- [34] Fabi V., Andersen RV., Corgnati SP., Olesen BW., [A methodology for modeling energy-related human behaviour: Application to window opening behavior in residential buildings](#), Building Simulation Journal, 2013, DOI information: 10.1007/s12273-013-0119-6.
- [35] Fabi, V., Andersen RV., Corgnati SP., [Influence of Occupant's Heating set-point preferences on Indoor Environmental Quality and Heating Demand in Residential Buildings](#), HVAC&R Research Journal DOI information:10.1080/10789669.2013.789372.
- [36] Zhun (Jerry) Yu, Fariborz Haghighat, Hiroshi Yoshino, et al., [A systematic procedure to study the influence of occupant behavior on building energy consumption](#), Energy and Buildings. 43(6) (2011) pp. 1409-1417.
- [37] Zhun (Jerry) Yu, Fariborz Haghighat, et al., [A novel methodology for knowledge discovery through mining all associations between building operational data](#), Energy and Buildings. 47(4) (2012) pp. 430-440.
- [38] Zhun (Jerry) Yu, Fariborz Haghighat, et al., [Extracting knowledge from building-related data — A data mining framework](#), Building Simulation: an International Journal. 6(2) (2013), pp. 207-222.

- [39] Natasa Djuric, Vojislav Novakovic, Frode Frydenlund, [Improved measurements for better decision on heat recovery solutions with heat pumps](#), International Journal of Refrigeration 35 (6) (2012), pp. 1558-1569.
- [40] Natasa Djuric, Vojislav Novakovic, Frode Frydenlund, [Electricity use in low energy office buildings](#), Rehva Journal, European Journal of Heating, Ventilation and Air-Conditioning Technology, Volume 49.(1) p. 30-34, 2012.
- [41] Chen Peng, Da Yan, Ruhong Wu, Chuang Wang, Xin Zhou, Yi Jiang , [Quantitative description and simulation of human behavior in residential buildings](#), Building Simulation (2012) 5: 85–94.
- [42] S. Danov, J. Carbonell, J. Cipriano, J. Martí-Herrero, [Approaches to evaluate building energy performance from daily consumption data considering dynamic and solar gain effects](#), Energy and Buildings 57 (2013) 110–118.
- [43] Ruiz R., Bertagnolio S. & Lemort V., [Global Sensitivity Analysis applied to Total Energy Use in Buildings](#), Proceedings of the 2nd International High Performance Buildings Conference at Purdue, West Lafayette, USA, 2012.
- [44] Aparecida Silva, Cl., Hannay, J. and Lebrun, J., Thermal simulation and monitoring of a dwelling, ISHVAC 2011, Shanghai, November 2011.
- [45] Aparecida Silva, Cl., Hannay, J. and Lebrun, J., A new way of comparing simulation with measurements in residential heating, Clima 2013, Prague, June 2013.
- [46] Ad van der Aa, Henk Polinder, Peter Op 't Veld, Driving forces of energy-related behavior in residential buildings, Clima 2013, Prague, June 2013.
- [47] Korjenic, A., Bednar, T., [Validation and Evaluation of Energy Use in Office Buildings - A Case Study](#), Automation in Construction, (2012) 23: 64 - 70.
- [48] M. Leeb, C. Deseyve, T. Höfer, A. Korjenic, T. Bednar: "Impact of Outdoor Climate and Life Style on the Total Energy Use in Office Buildings"; Vortrag: 9th Nordic Symposium on Building Physics- NSB 2011, Tampere, Finland; 29.05.2011 - 02.06.2011; in: "Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics NSB 2011", Tampere University of Technology, Department of Civil Engineering, Volume 3 (2011), ISBN: 978-952-15-2576-6; S. 1211 - 1218.
- [49] M. Leeb, A. Korjenic, C. Deseyve, T. Höfer, T. Bednar: "Effects of Lifestyle, External Climate and Occupant Presence on the Energy Demand in Office Buildings"; Vortrag: 43rd International Congress on Heating, Refrigerating and Air- Conditioning, Belgrade, Serbien (eingeladen); 05.12.2012 - 07.12.2012; in: "kgh PROCEEDINGS", (2012), ISBN: 978-86-81505-64-9.
- [50] R.V. Andersen, Occupant Behaviour with Regard to Control of the Indoor Environment, in International Centre for Indoor Environment and Energy, Ph.D thesis, Technical University of Denmark, Copenhagen, Denmark, 2009.
- [51] T.S. Larsen et al., Occupants influence on the energy consumption of Danish domestic buildings - State of the art, DCE Technical Report 2010, Aalborg University, Aalborg, Denmark, 2010.

- [52] Guerra Santin, O., L. Itard, and H. Visscher, The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. *Energy and Buildings*, 2009. 41(11): p. 1223-1232.
- [53] R. Haas, H. Auer, and P. Biermayr, The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating. *Energy and Buildings*, 1998. 27(2): p. 195-205.
- [54] Yoshino, H., et al., Final Report, in Annex 53 Total energy use in buildings: analysis and evaluation methods H. Yoshino, Editor 2013, Graduate School of Engineering, Tohoku University: Sendai. p. 1-133.
- [55] Polinder, H., et al., Volume II: Occupant behavior and modeling, in Annex 53: Total energy use in buildings: analysis and evaluation methods, H. Yoshino, Editor 2013, Graduate School of Engineering, Tohoku University: Sendai. p. 1-164.

## 8. **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Die sechs Faktoren, die den Gesamtenergieverbrauch in Gebäude beeinflussen. ....	10
Abb. 2: Annex 53 Subtask und Lieferungen Ablaufdiagramm. ....	13
Abb. 3: Festgelegte Energiegrenzen.....	25
Abb. 4: Die zu definierenden Elemente bei der Analyse des Gesamtenergieverbrauches eines Gebäudes. ....	26
Abb. 5: Einflussfaktoren des Nutzerverhaltens. ....	27
Abb. 6: Treibende Kräfte des energiebezogenen Nutzerverhaltens. ....	27
Abb. 7: Verfahrensschema der Bestimmung und Ermittlung der durchschnittlichen Werte für den Heizwärmebedarf. ....	28
Abb. 8: Grenze der energiebezogenen Nutzerverhaltens in dieser Forschung. ....	30
Abb. 9: Orte der 24 Fallbeispiele-Gebäuden der sieben beitragenden Länder. ....	32
Abb. 10: Büro- und Wohngebäudetypologien in Subtask B1.....	32
Abb. 11: Aufbauschema des allgemeinen Konzepts für die statistische Analyse und Vorhersage-Methodik. ....	38
Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Heizenergieverbrauch mit einem gesamt Gebäudesimulation berechnet und einer probabilistischen Nutzermodell (links) mit drei verschiedenen Gebäudehüllen (E = Bestehende Gebäude aus dem Jahr 1970, L = Niedrigenergiehaus, LE = Passivhaus).....	39
Abb. 13: Analysen des gemessenen Verbrauchs von Kalt- und Warmwasser und Strom pro Person im Haus. ....	40
Abb. 14: Energiegrenze.....	21

## 9. **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Beispielfalldaten in den sechs Kategorien. ....	16
Tab. 2: Typologie-Definitionen auf drei Ebenen.....	19
Tab. 3: Endnutzungen für Wohn- und Bürogebäude. ....	24