

---

# Europäische Konzepte zur energieeffizienten Schulsanierung

Heike Erhorn-Kluttig

Hans Erhorn

Simon Wössner

## Projektübersicht

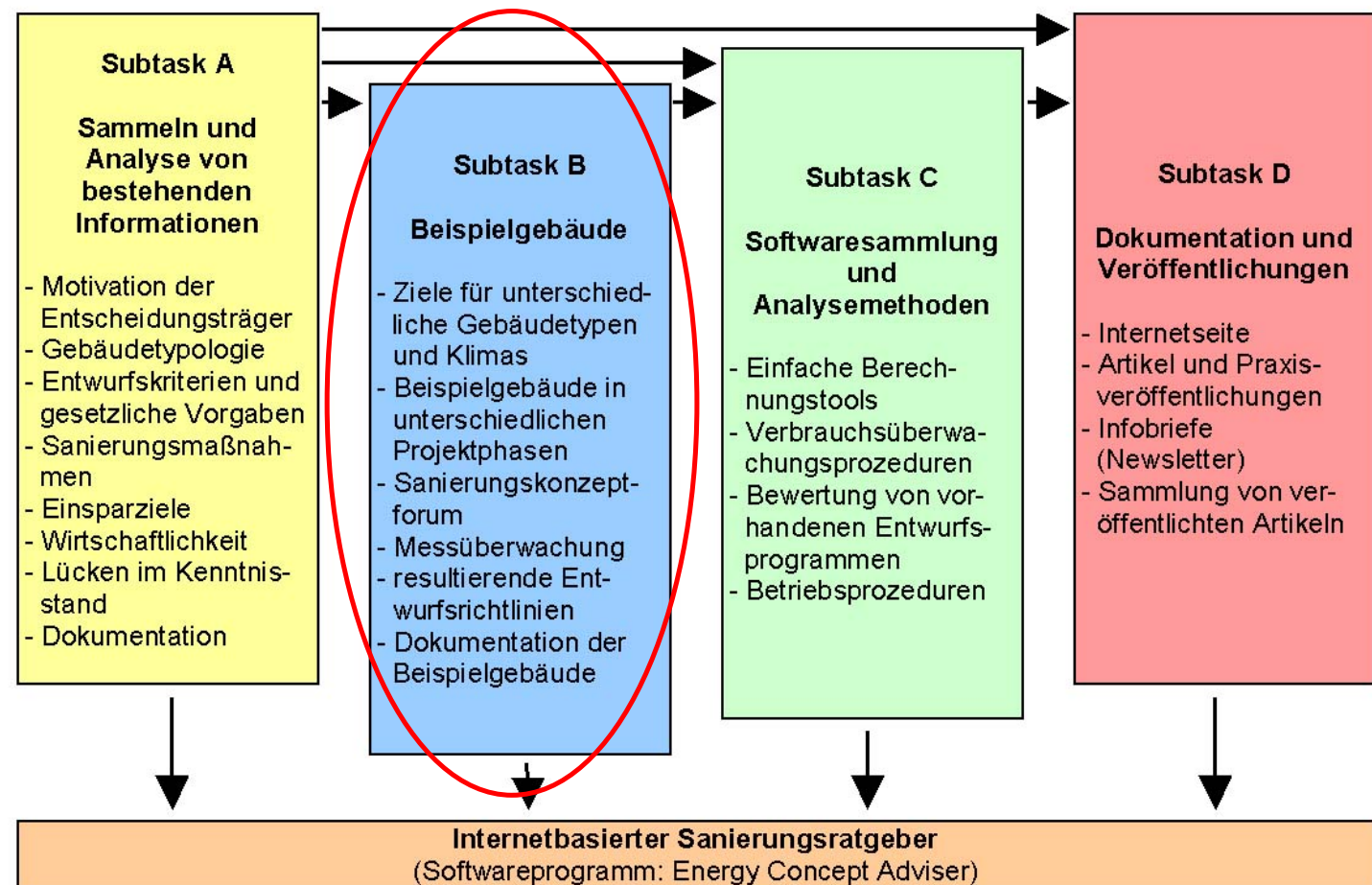
### 1. IEA ECBCS Annex 36: Retrofitting of Educational Buildings (1999 – 2003)



### 2. EU 6FP Ecobuildings „Bringing Retrofit Innovation to Application - BRITA in PuBs“ (2004-2008)



## IEA ECBCS Annex 36





## IEA ECBCS Annex 36

**IEA ECBCS Annex 36:**  
Retrofitting of Educational Buildings – REDUCE

Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures

**Case Study Reports**

DECEMBER 2002 EDITOR: OVE MÖRCK

**INTERNATIONAL ENERGY AGENCY**  
Energy Conservation in Building & Community Systems Programme

IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems, Annex 36  
Case studies overview

**Exemplary Retrofitting of a School (EROS) in Stuttgart-Plieningen, Germany**

**D1**

**1 Photo**

**Figure 1:** South view of the school building (building section 1 and 2)

**2 Project Summary**  
In the EROS Project the potential for the energy efficient retrofit of a typical school building in West Germany was demonstrated. The renewal of the space heating system was combined with improved insulation to yield synergistic effect. The project aimed to minimise future energy consumption and optimise the cost effectiveness of the retrofit. Thus, both operating costs and emissions were reduced. The goal was to improve the thermal insulation at least to the standard of the 1995 German regulations on thermal insulation for new buildings.

**3 Site**  
Stuttgart, the capital of the Bundesland Baden-Württemberg, is located in the valley and on the hills around the river Neckar in the South Western part of Germany at elevations between 200 and 400 meters. Its climatic conditions are best described by the Würzburg Test Reference Year. The coldest month is January with a mean of  $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; the warmest month is August with a mean of  $18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**4 Building description /typology**

**4.1 Typology / Age**






Typology/Age	Pre 1910	1910-1930	1930-1950	1950-1970	1970-
The multi-storey school = The side corridor school			•	•	•

The building consists of three parts with different ages and is used as a primary school and a secondary school (Hauptschule). This combination is common in Germany.

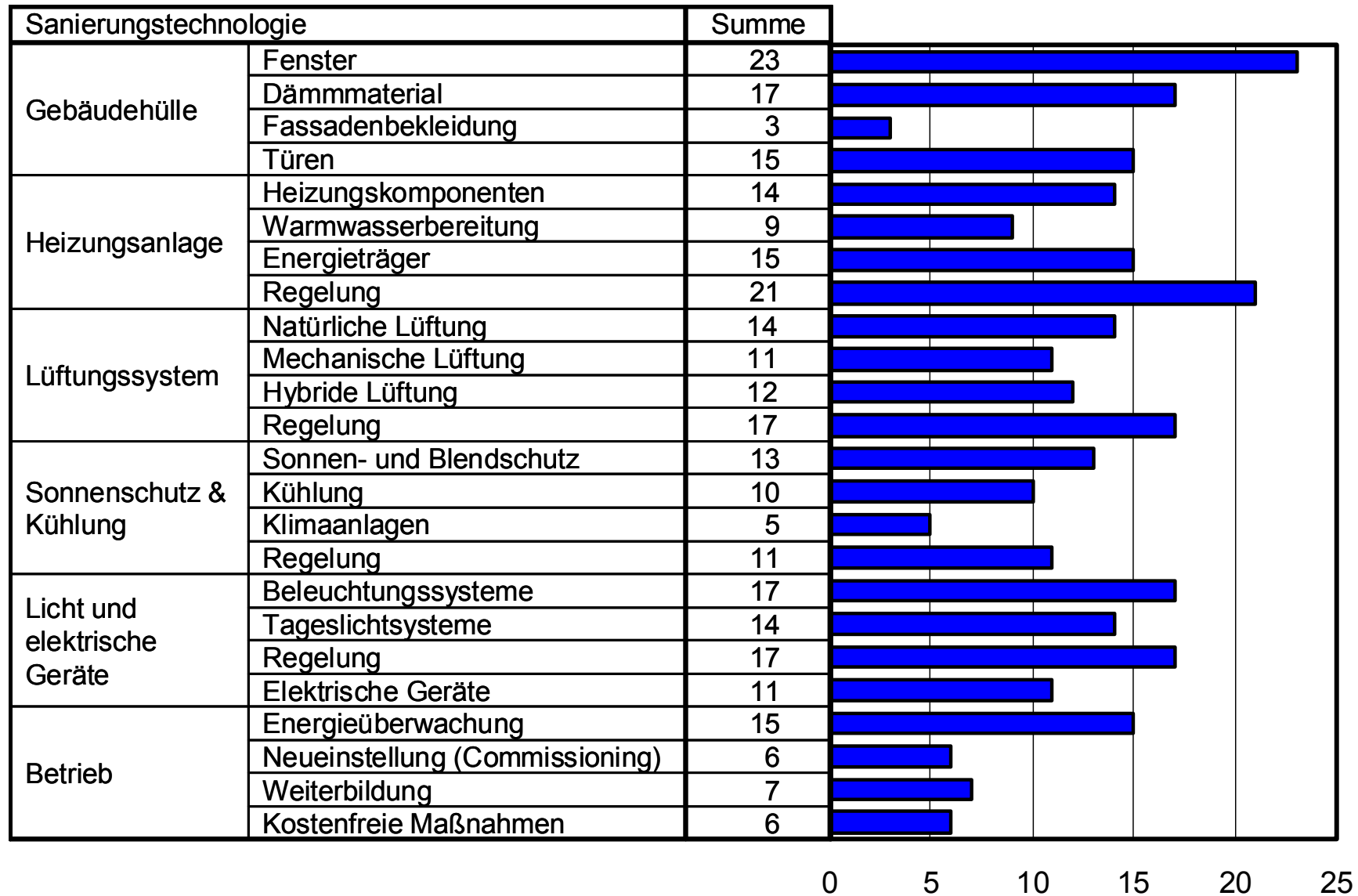
# Europäische Konzepte zur energieeffizienten Schulsanierung

## 33 Beispielgebäude aus 10 Ländern

Ansicht	Land	Beispielgebäude
	Deutschland	D1: Schule Plieningen (MOSES) D2: Bertolt-Brecht-Schule, Dresden D3: Paul-Robeson-Schule, Leipzig D4: Universität Stuttgart D5: Universität Ulm D6: Bibliothek Bremen D7: Käthe-Kollwitz-Schule, Aachen D8: Laborgebäude, Jülich
	Dänemark	DK1: Egebjerg Schule, Ballerup DK2: Enghøj Schule, Hvidovre DK3: Vridsløselille Schule, Albertslund
	Finnland	SF1: Grundschule Oulujoki, Oulu SF2: Vihasitenkari Kindertagesstätte
	Frankreich	FR1: Louise Labe Oberschule FR2: Gambetta Berufsschule
	Griechenland	GR1: Chemieingenieurwesen der Universität NTUA, Athen GR2: Universität Ionina GR3: Agraringenieurwesen der Universität NTUA, Athen

Ansicht	Land	Beispielgebäude
	Italien	I1: Universitätsgebäude Mattatoio, Rom
	Norwegen	N1: Kampen Schule N2: Schule Borgen
	Polen	PL1: Oberschule Swarzedz PL2: Technische Universität Poznan
	Großbritannien	UK1: William Parker Gemeindeoberschule UK2: Hadley Grundschule UK3: Thames Valley Universität, Grove House, Ealing UK4: George Tomlinson Schule, Bolton, Lancashire UK5: Ketley Town Grundschule UK6: Slough Gymnasium UK7: Classrooms of the Future, Telford
	USA	US1: Wausau West Oberschule, Sullivan County, Tennessee US2: Universität New Hampshire US3: Universität New Hampshire

## Europäische Konzepte zur energieeffizienten Schulsanierung

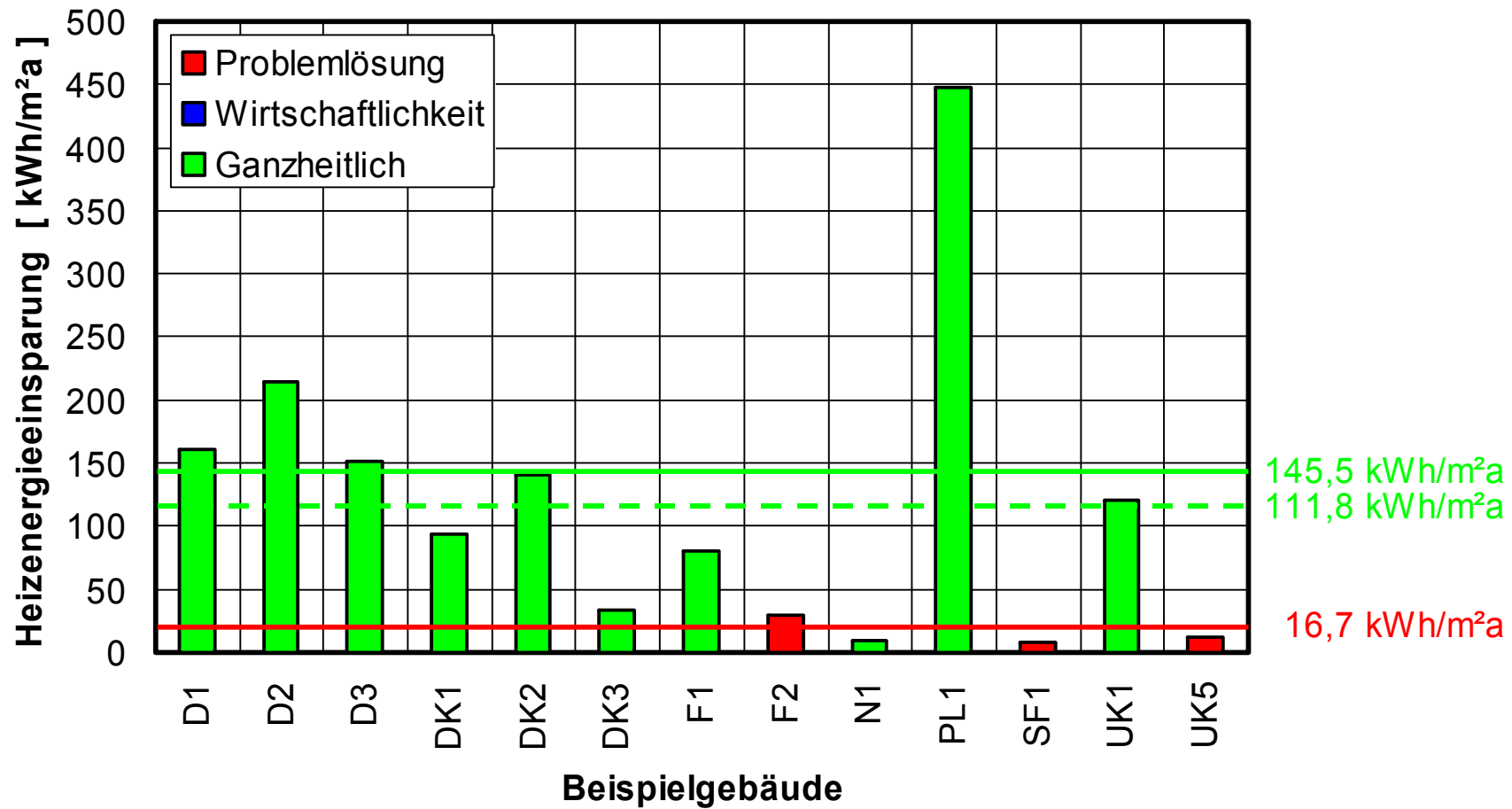


## Annex 36: Ziele der Sanierungsprojekte

Die Projektziele können in 3 Gruppen unterteilt werden:

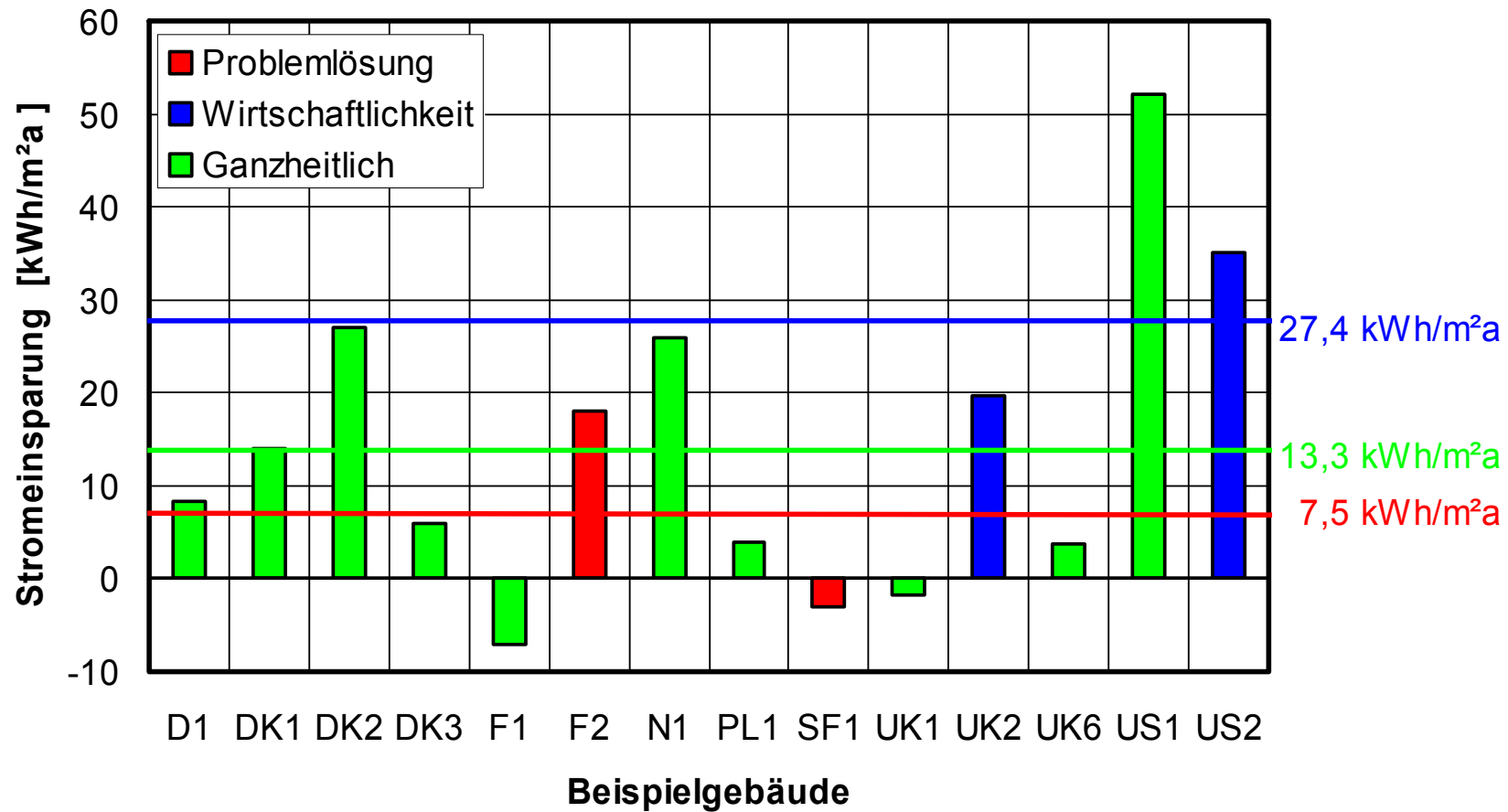
- Gesamtheitlicher Ansatz mit vielen eingesetzten Sanierungsmaßnahmen aus den Bereichen Gebäudehülle, Heizung, Lüftung und Licht, etc.
  - > große Energieeinsparungen
  - > weniger ausgerichtet auf kurze Amortisationsdauern
- Wirtschaftlicher Ansatz mit wenigen eingesetzten Sanierungstechnologien
  - > kurze Amortisationsdauern
  - > geringere Einsparungen
- Lösung von vorhandenen Problemen wie z.B. Raumluftqualität, Beleuchtungsqualität, etc.
  - > Energieeinsparungen als positiver Nebeneffekt

## Einsparpotential: Heizenergie












## Einsparpotential Strom



# Lüftungsstrategien

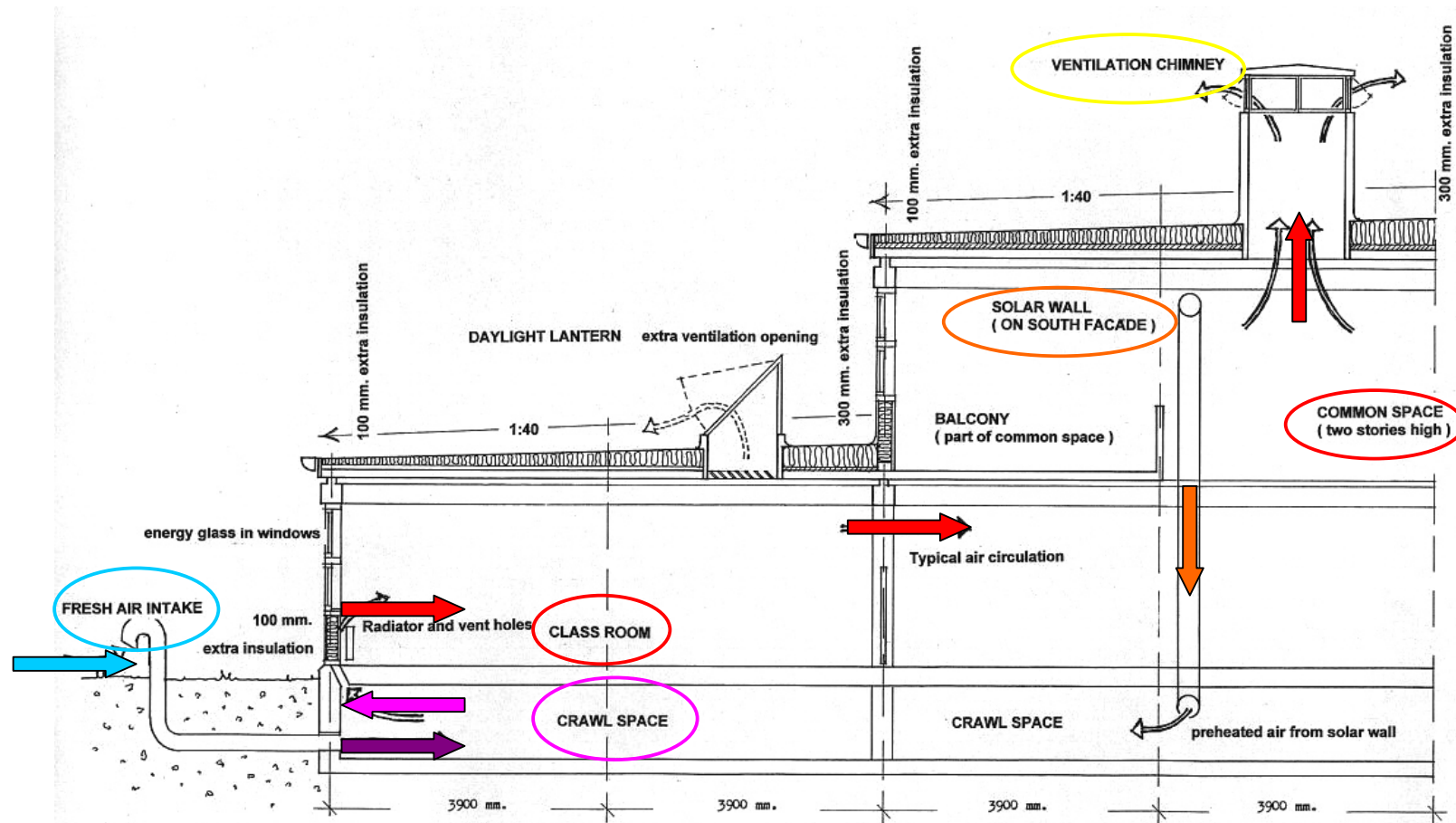
## Europäische Konzepte zur energieeffizienten Schulsanierung

	Finnland	Fokus auf Raumluftqualität, mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
	Norwegen Dänemark	Tendenz zum Abbau der mechanischen Lüftungsanlagen, Ersatz durch natürliche Lüftungssysteme, die ggf. von Ventilatoren unterstützt werden (hybride Lüftung)
	Deutsch- land	<ul style="list-style-type: none"><li>- Natürliche Lüftung durch Fensteröffnung, kann durch Raumluftqualitätsvisualisierung unterstützt werden</li><li>- Natürliche Lüftung mit Vorerwärmung/Vorkühlung durch ein Atrium</li><li>- Natürliche Lüftung durch Zuluftöffnungen in die Klassenzimmer, von dort in die Korridore, unterstützt durch Ventilatoren</li><li>- Einzelraumlüftungsgeräte, Überströmung über Flure in Klassenzimmer</li></ul>
	Frankreich	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mindestluftwechsel durch eine mechanische Lüftungsanlage</li><li>- Natürliche Lüftung durch Fensteröffnung</li></ul>
	Polen	Lüftung durch Fensteröffnung
	Groß- britannien	Die Sanierungsprojekte beschäftigten sich nicht mit Lüftungsmaßnahmen, aber die Schulen werden meist über Fensteröffnen gelüftet, manchmal mit Unterstützung von Ventilatoren oder natürlichem Auftrieb
	USA	Lüftung über die Fenster, in einem Fall mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung

## Beispiel: Egebjerg Schule, Ballerup, Dänemark



## Beispiel: Egebjerg Schule, Ballerup, Dänemark





## Beispiel: Egebjerg Schule, Lufteinlass





## Beispiel: Egebjerg Schule, Luftverteilung in den Klassenzimmern



## Beispiel: Egebjerg Schule, Gemeinschaftsraum



## Beispiel: Egebjerg Schule, solarer Lüftungskamin

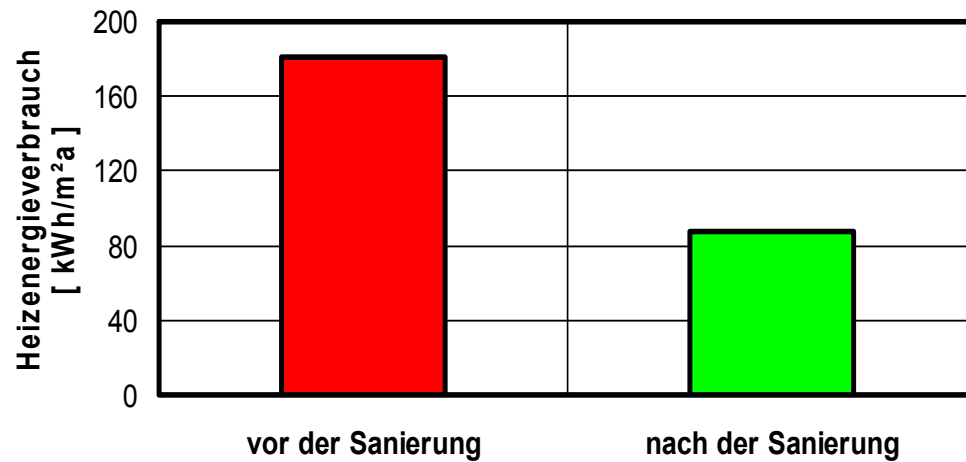


## Beispiel: Egebjerg Schule, Vorerwärmung der Zuluft durch die Solar Wall

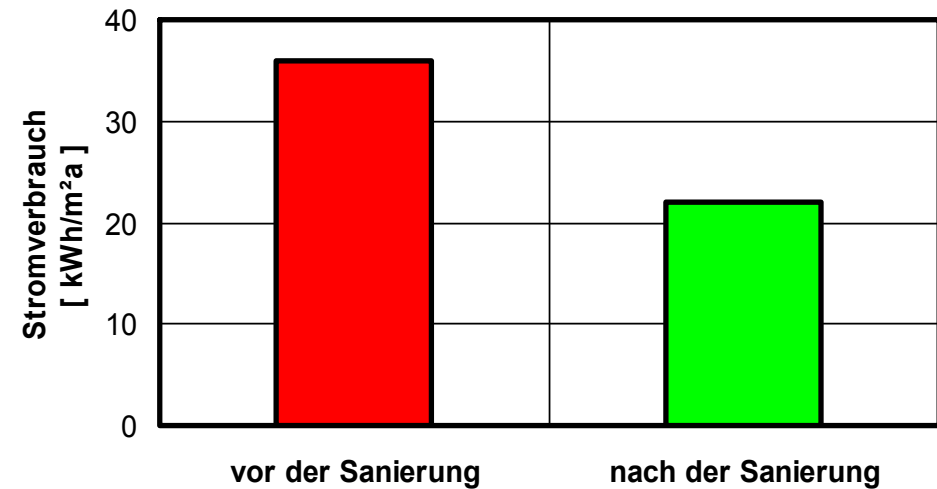


## Beispiel: Egebjerg Schule - Energieeinsparung

Heizenergieverbrauch



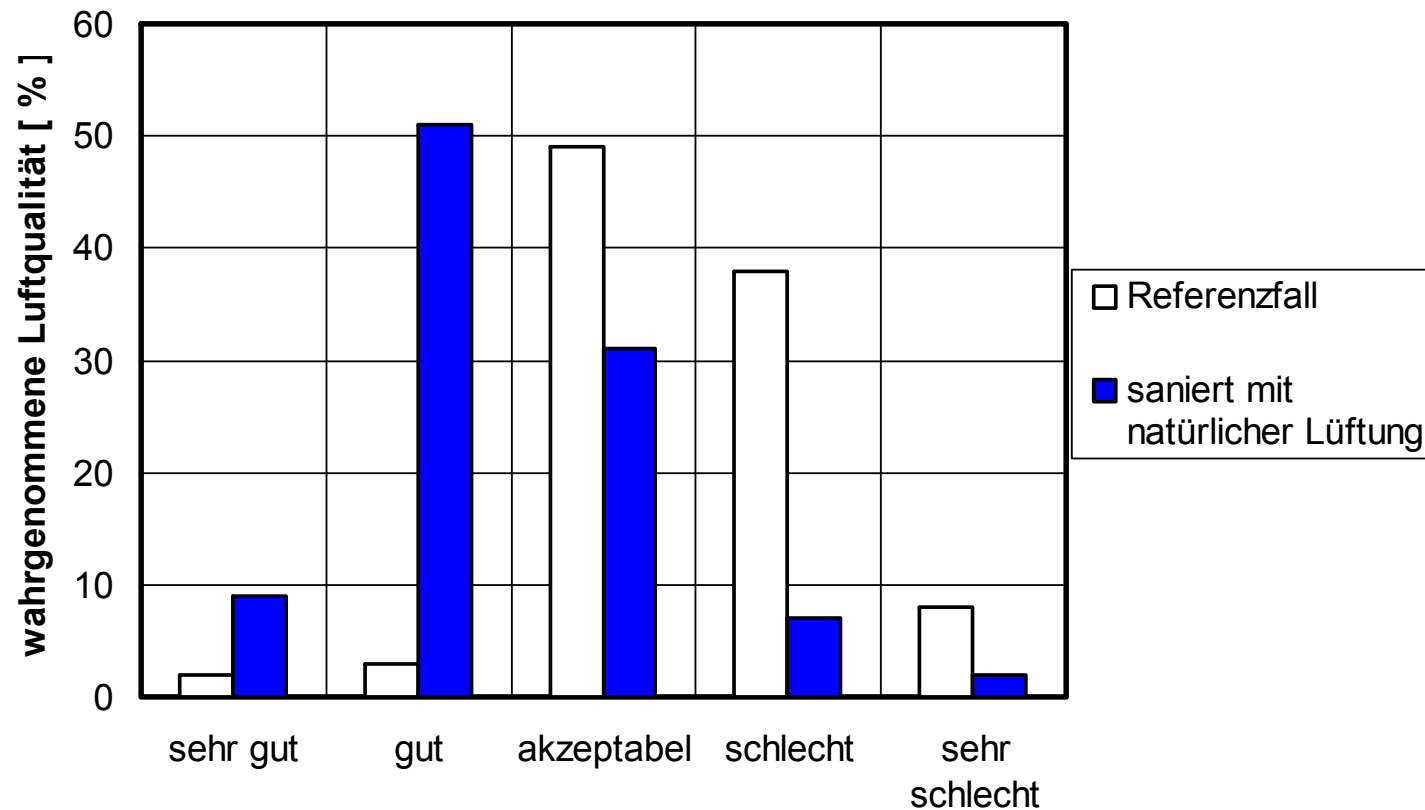
Stromverbrauch












## Beispiel: Egebjerg Schule - Nutzerbewertung

### Bewertung der Luftqualität



# Europäische Konzepte zur energieeffizienten Schulsanierung

## EU 6FP BRITA in PuBs

  		  	
Project n°: TREN/04/FP6EN/S07.31038/ 503135		Project n°: TREN/04/FP6EN/S07.31038/ 503135	
Acronym: BRITA in PuBs		Acronym: BRITA in PuBs	
Title: Bringing Retrofit Innovation to Application in Public Buildings– BRITA in PuBs 		Title: Bringing Retrofit Innovation to Application in Public Buildings– BRITA in PuBs 	
Instrument: Integrated project Thematic Priority: 6.1.3.2.1 ECO-BUILDINGS		Instrument: Integrated project Thematic Priority: 6.1.3.2.1 ECO-BUILDINGS	
<b>D8</b> <b>Reports on the concept development of the demonstration buildings in BRITA in PuBs</b> Revision: 0		<b>D19</b> <b>8 Reports on the Realisation and Validation Analysis of the Demonstration Buildings in BRITA in PuBs</b> Revision: 0	
Due date of deliverable: 31/10/2005	Actual submission date: 15/11/2005	Due date of deliverable: 30/04/2008	Actual submission date: 30/04/2008
Start date of project: 1/5/2004	Duration: 48 months	Start date of project: 1/5/2004	Duration: 48 months
Lead contractor name for this deliverable and organisation: Marco Citterio ENEA	Project coordinator name and organisation: Hans Erhorn Fraunhofer Institute of Building Physics	Lead contractor name for this deliverable and organisation: Marco Citterio ENEA	Project coordinator name and organisation: Hans Erhorn Fraunhofer Institute for Building Physics
Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006)		Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006)	
Dissemination Level		Dissemination Level	
PU	Public	X	
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)		
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including the Commission Services)		
CO	Confidential, only for members of the consortium (including the Commission Services)		

# Demonstrationsgebäude Borgen Community Centre



School

Borgen  
Community Centre  
Asker  
Norway



„Das Borgen Community Centre ist für uns ein sehr erfolgreiches Projekt, es war positiv für die Umwelt, den Energieverbrauch und die Innenraumqualität. Ich freue mich, sagen zu können, dass wir unser Ziel, den Energieverbrauch um mindestens 50 % zu reduzieren, mehr als erreicht haben. Unsere Erfahrungen mit den eingesetzten Technologien und Strategien bildet eine gute Grundlage für weitere Gebäude in der Gemeinde. Das Gebäude hat auch einen Preis als umweltfreundliches Gebäude erhalten und die Kommentare der Nutzer sind sehr positiv.“



**Stein Grimstad** Head of Project Department, Asker Municipality





# Demonstrationsgebäude Borgen Community Centre

## Vor der Sanierung



BYGG OG ANLEGG  
SPESIELT

## Asker kutter energikostnader

Asker kommune har et ambisiøst program for å kutte i energikostnadene i sin bygningsmasse. Målet er en årlig reduksjon på 15 prosent.

**ASKER:** Tiltakene spenner over et bredt spekter, fra enkle tiltak som sparepærer, tingslister og sparedusjer til varmpumper som bruker jordvarme som energikilde. – Jeg tror at grunnen til vår suksess er at vi har hatt en trimvis fremdrift som har gitt oss god tid til å legge fram resultater for

politikerne, sier Dag Berg, forvaltningsjef i Asker kommune.

### Enøk-analyse

Energiprogrammet for 85 bygg med et areal på 258 000 kvadratmeter ble startet opp i desember 2003. – Det ble i første omgang utført enøk-analyser av 24 skolebygg, sier Berg. Dette ble gjort for å få underlag til en søknad om støtte til Enova, samt underlag til utarbeidelse av hele energiprogrammet.

Det ble nedsatt en prosjektgruppe som også knyttet til seg konsulentfirmaet AF Energi & Miljøteknikk AS med tilhørighet i Asker, for bistand med ekspertise på feltet enøk og VVS. – Målet med prosjektet er å redusere det totale forbruket på 57,1 GWh i året med 15 prosent, sier Berg.

Prosjektet har en kostnad på 27,3 mill. kroner. De har også fått en støtte på tre mill. kroner fra Enova. Ved prosjektslutt i 2008 er det beregnet at kommunen skal få en energisparing på ca. 8,5 mill. kroner i året.



**RMEPUMPE:** Lars Lunde, enøk-ansvarlig i Asker kommune, ved en mepumpe på 300 kW som er installert for å bruke jordvarme ved Borgen lde. FOTO: KNUST STRØM



**GODT RUSTET:** Energiprogrammet til Asker kommune vil medføre at kommunen stiller godt rustet til å håndtere energidirektivet som er vedtatt av EU og som vil tre i kraft i 2008, mener Dag Berg (til venstre) og Atle Solum.

### Miljøkommune

– Når vi tenker på at mange av de tiltakene vi har gjort har en levetid på kanskje 15 år, er det ingen risikosport vi har solgt til politikere, fastslår Berg. – Det geniale er at enøk-tiltak er selvfinansierende, sier Atle Solum, direktør for forretningsutvikling i AF Energi & Miljøteknikk.

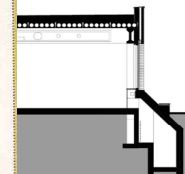
– I tillegg stiller vi garanti for energisparelse og kostnader for deler av prosjektet, sier han. Resultatene og motivasjonen til kommunens ledelse og driftsansvarlige tror han i sum vil få Asker til å fremstille seg som en miljøkommune.

I byggene er det kontinuerlig energiregistrering. – Det er viktig for motiveringen. Optimal drift oppnås ved opplæring, motivasjon og oppfølging av de med driftsansvar, sier Berg. – Nesten halvparten av sparingen kommer fra driftsoptimaliseringen av eksisterende anlegg, skyter Solum inn.

Informasjon, opplæring og bevisstgjøring er viktige stikkord for å få suksess. – God slakk i fremdriften slik at alle ledd skal gis god tid å håndtere oppgavene, er svært viktig, poengterer Berg.

TEKST OG FOTO: KNUST STRØM  
knust.strom@lu.no

## Sanierungsmaßnahmen





# Demonstrationsgebäude Borgen Community Centre

## Energy data and additional results

### ESTIMATED CONSUMPTION

	[kWh/m <sup>2</sup> a]	Total [kWh/a]
Space heating	29	262,420
Heating ventilation air	20	180,980
Water heating	13	117,635
Fans and pumps	15	135,735
Lighting	23	208,125
Equipment	11	99,540
<b>Total energy consumption</b>	<b>111</b>	<b>1,004,435</b>

### ESTIMATED SAVING

	[kWh/m <sup>2</sup> a]	Total [kWh/a]
Total consumption old building	280	x
Total consumption renovated building	111	1,004,435
<b>Total energy saving</b>	<b>169</b>	<b>1,529,280</b>



## Economy

Energy saving measure/ investment/ savings/ payback	Total costs [€]	Saving [€/a]	Pay-back period [a]
<b>Total</b>	<b>1,015,000</b>	<b>100,893</b>	<b>10</b>

### MEASUREMENTS AND EVALUATION:

Monitored energy consumption during almost two years show that we have reached our goals and that consumption in fact is a little lower than calculated.

Building part	Monitored total energy consumption [kWh/m <sup>2</sup> a]		
	Before retrofitting	After retrofitting	
	(2004/05)	(2005/06)	(2006/07)
5,970 m <sup>2</sup>	280	x	x
9,049 m <sup>2</sup>	x	108	107



# Demonstrationsgebäude Community Centre Borgen

## Erfahrungen aus erster Hand

- Erdreichkanäle unter bestehenden Gebäuden zu bauen ist schwierig und teuer. Natürliche Lüftung über Erdreichkanäle ist vermutlich einfacher zu realisieren bei Neubauten, wenn sie vor dem Betonieren der Bodenplatte eingebracht werden können. Für Sanierungen sollten andere Lösungen betrachtet werden, wie z.B. Zulufteinlässe durch Doppelfassaden oder über spezielle Konvektoren unter den Fenstern.
- Infrarotsensoren für die Lichtsteuerung in Kombination mit einer Diebstahlalarmanlage sorgten für Probleme weil unerwünschtes Licht auf die Sensoren traf und den Alarm auslöste. Die Systeme sollten separat eingebracht werden.
- Aufwändige und komplizierte Gebäudemanagementsysteme benötigen eine lange Zeit zum Testen und Einstellen.
- Das technische Personal sollte während der Bauphase geschult werden, um mit den technischen Anlagen vertraut zu sein, bevor das Gebäude in den Betrieb übergeht.

## Der Energy Concept Adviser



**REDUCE**  
Retrofitting in Educational Buildings

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY  
Energy Conservation in  
Buildings & Community  
Systems Programme





**ENERGY CONCEPT ADVISER**  
Sanierungsratgeber für Energiesparmaßnahmen

Länderspezifische  
Daten:



## Navigation

	<b>ENERGY CONCEPT ADVISER</b> Sanierungsratgeber für Energiesparmaßnahmen	
Lösungsempfehlungen für spezifische Probleme in Ihrem Gebäude		<b>Problemlösung</b>
Zusammenstellung von mehr als 30 Beispielgebäuden und diversen Sanierungsmaßnahmen		<b>Beispielgebäude &amp; Sanierungsmaßnahmen</b>
Vergleichen Sie den Energieverbrauch Ihres Gebäudes mit dem nationalen Durchschnitt		<b>Energieverbrauchs-bewertung</b>
Entwickeln Sie ein energieeffizientes Sanierungskonzept für Ihr Gebäude		<b>Sanierungskonzept</b>
Programme und Methoden für die Analyse des Energieverbrauchs Ihres Gebäudes		<b>Hilfsmittel</b>
bei Rückfragen		<b>Info &amp; Kontakt</b>

## Energy Concept Adviser – Wie kann man ihn bekommen?

Internet:

<http://www.annex36.de>

<http://www.annex36.com>

CD:

Fraunhofer Institut für Bauphysik

z.Hd. Hans Erhorn

Nobelstr. 12

70569 Stuttgart

**kostenfrei**



## Zum Schluss:

Projektvorschlag im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU

4 Beispielgebäude in Deutschland, Italien, Dänemark und Norwegen

Energieeffizienz:

Primärenergieeinsparung > Faktor 3  
Heizenergieeinsparung > 75 %

Innenraumqualität: Raumluft, thermischer, akustischer, lichttechnischer Komfort

Schulen als energetische Leuchttürme der Gesellschaft

Leitfaden für Nullemissionsschulen,  
Weiterentwicklung von einfachen Tools,  
Technologie-Screening, Optimierung des Nutzerverhaltens, Diskussionsplattform



Cooperation

Call identifier: FP7-2010-NMP-ENV-ENERGY-ICT-EeB "Energy Efficient Buildings"

Proposal full title:	<b>School of the Future – Towards Zero Emission with High Performance Indoor Environment</b>
Proposal acronym:	<b>School of the Future</b>

Type of funding scheme: Collaborative Project

Work programme topics addressed: EeB.ENERGY:2010.8.1-2 "Demonstration of Energy Efficiency through Retrofitting of Buildings"

Name of the coordinating person: Hans Erhorn  
Fraunhofer Gesellschaft zur angewandten Forschung acting for its institute Fraunhofer Institute for Building Physics

List of participants:

Participant no.	Participant organisation name	Country
1	Fraunhofer Gesellschaft zur angewandten Forschung e.V.	Germany
2	ENEA	Italy
3	Cenergia	Denmark
4	SBI	Denmark
5	SINTEF	Norway
6	City of Stuttgart	Germany
7	Comune di Cesena	Italy
8	City of Ballerup	Denmark
9	City of Stavanger	Norway
10	Aldes	Italy
11	Saint Gobain - Isover	Denmark
12	Glass og Fasadeforeningen	Norway
13	Schneider Electric	Denmark