

Manfred Hegger, Norbert Fisch, Nathalie Jenner, Simon Gehrman, Friederike Hassemer, Joost Hartwig, Christopher Mück, Boris Mahler, Tobias Nusser, Simone Idler, Andreas Wiege, Kai Erlenkämper

Aktiv-Stadthaus

Entwicklungsgrundlage für städtische Mehrfamilienhäuser in Plus-Energie-Bauweise nach EU 2020 und zur Vorbereitung eines Demonstrativ-Bauvorhabens in Frankfurt am Main

F 2857

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2014

ISBN 978-3-8167-9164-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Aktiv-Stadthaus

„Entwicklungsgrundlage für städtische Mehrfamilienhäuser in Plus-Energie-Bauweise nach EU 2020 und zur Vorbereitung eines Demonstrativ-Bauvorhabens in Frankfurt am Main“

Abschlussbericht



Das erste innerstädtische Plus-Energie-Mehrfamilienhaus

TU Darmstadt, FG Entwerfen und Energieeffizientes Bauen |
Steinbeis Transfer Zentrum, EGS Stuttgart | HHS Planer + Architekten |
Bauherr: ABG Frankfurt Holding | Projektpartner: HAGER



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Forschungsinitiative ZukunftBau

Im Rahmen der Forschungsinitiative ZukunftBAU des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

Abschlussbericht

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung unter dem Förderkennzeichen SF-10.08.18.7-11.31 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

HHS

HEGGER-HEGGER-SCHLEIFF
ARCHITECTEN



Steinbeis Transferzentrum

Energie-, Gebäude- und Solartechnik



ABG FRANKFURT
HOLDING
Wir machen Räume wahr.

hager

Projektbearbeiter

Projektleitung

Fachbereich Architektur

Fachgebiet Entwerfen und

Energieeffizientes Bauen (FGee)

Prof. Manfred Hegger

Dipl.-Ing. M. Sc. Econ

El-Lissitzky-Straße 1

64287 Darmstadt

Tel +49 6151 16 2046

Fax +49 6151 16 5247

www.ee.tu-darmstadt.de

Bearbeitung

Prof. Dipl.-Ing. M. Sc. Econ. Manfred Hegger

Dipl.-Ing. Nathalie Jenner

Dipl.-Ing. Simon Gehrmann

Dipl.-Ing. Friederike Hassemer

Dipl.-Ing. Joost Hartwig

B. Sc. Christopher Mück

Steinbeis-Transferzentrum Energie-,

Gebäude und Solartechnik (STZ)

Prof. Dr.-Ing. Norbert Fisch

Gropiusplatz 10

70563 Stuttgart

Tel +49 711 99 00 75

Fax +49 711 99 00 799

www.stz-egs.de

Bearbeitung

Prof. Dr.-Ing. Norbert Fisch

Dr.-Ing. Boris Mahler

M.Sc. Tobias Nusser

M.Sc. Simone Idler

HHS Planer + Architekten AG

Habichtswalder Straße 19

34119 Kassel

Tel +49 561 930 94 0

Fax + 49 561 930 94 21

www.hhs-architekten.de

Bearbeitung

Dipl.-Ing., Arch. Andreas Wiege

Dipl.-Ing. Kai Erlenkämper

Drittmittelgeber

Bauherr

ABG FRANKFURT HOLDING

Wohnungsbau- und Beteiligungsgesellschaft mbH

Elbestrasse 48

60329 Frankfurt am Main

Tel +49 69 26 08 0

Fax +49 69 26 08 333

www.abg-fh.de

Bauherr

Herr Frank Junker

(Vorsitzender der Geschäftsführung)

Herr Jürgen Braun

(Leiter Technische Abteilung)

Hager Vertriebsgesellschaft

mbH & Co. KG

Zum Gunterstal

66440 Blieskastel

Tel +49 62 21 / 87 95 51

Fax +49 721 98 96 00 98

www.hager.de

Bearbeitung

Herr Richard Josef Weinmann

Herr Stephan Drexler

Projektbeirat

Herr Hans-Dieter Hegner, Ministerialrat

Bundesministerium für Verkehr-, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Herr Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen

Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik, TU München

Fachliche Betreuerin:

Frau Dipl.-Ing. Miriam Hohfeld

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
1. Zusammenfassung	8
2. Einleitung	12
2.1.... Ausgangslage	12
2.2.... Ziel	12
2.3.... Inhalte und Aufbau des Forschungsberichtes	13
3. Das Demonstrativ-Bauvorhaben	16
4. AP A – Gebäudeenergiekonzeption	22
4.1.... Bilanzierung – Bilanzraum und Regelwerk	22
4.1.1. Bilanzierung - Standort	25
4.1.2. Bilanzierung – Messtechnik	28
4.1.3. Bilanzierung – Aufzüge	28
4.1.4. Bilanzierung – Zonierung	28
4.2.... Der Planungsprozess	28
4.2.1. Erste Plus-Energie-Bilanz, Planungsstand 10.01.12	28
4.2.2. Energiebedarfsanalyse, Planungsstand 29.02.12	29
4.2.3. Optimierungspotentiale des Wärmebedarfs	30
4.2.4. Optimierung des Strombedarfs	40
4.3.... Lokale Verfügbarkeit von regenerativen Energieträgern	44
4.3.1. Solaraktive Nutzung der Gebäudehülle	46
4.3.2. Photovoltaik	47
4.3.3. Abwasserwärmenutzung	52
4.4.... Evaluierung der Energiekonzeption	53
4.4.1. Untersuchte Konzepte	53
4.4.2. Wirtschaftlichkeit	57
4.5.... Die Energiekonzeption – Aktuelle Planung (Stand 30.11.12)	59
4.5.1. Wärmeerzeugung	59
4.5.2. Wärmeverteilung	60
4.5.3. Lüftung	61
4.5.4. Photovoltaik	61
4.6.... Energiebedarf und Plus-Energie-Bilanz	62
4.6.1. Energiebedarf	62
4.6.2. Plusenergiebilanz	62
4.6.3. Eigennutzungsgrad	64
4.6.4. Stromspeicher	66
4.7.... Lastmanagement	69
4.7.1. Stromlastmanagement bei Haushaltsgeräten	69
4.7.2. Lastverschiebung zentraler Verbraucher	70

4.8. ...Netzintegration von Plus-Energie-Gebäuden	71
4.9. ...Building-Management-System (BMS)	74
4.10. .Stromvermarktung in Plus-Energie-MFH	76
4.10.1. Abrechnungsmodell „Energiepauschale“	78
4.10.2. Berechnung der „Energiepauschale“	79
4.11. .Monitoring und Messkonzept	81
4.12. .Analyse der Randbedingung des Aktiv-Stadthauses - allgemeine Rückschlüsse auf Mehrfamilienhäuser im Plus-Energie-Standard	85
4.12.1. Kompaktheit	85
4.12.2. Verhältnis solaraktiv nutzbarer Hüllfläche zum Energiebedarf	86
4.12.3. Kubaturvariationen verschiedener Gebäudetypologien	88
4.12.4. Wohndichte	93
4.12.5. Verschattung	95
4.12.6. Kubatur	98
4.12.7. Ausrichtung	100
5. AP B – Elektro-Mobilität	104
5.1. ...Die Ausgangslage	104
5.2. ...Die Elektrofahrzeuge – aktueller Stand der Technik	105
5.2.1. Energieverbrauch	105
5.2.2. Reichweite	106
5.2.3. Elektrobikes – Pedelecs (Pedal Electric Cycle)	107
5.3. ...Lademöglichkeiten der Elektromobilität	107
5.3.1. Konduktive Ladung	108
5.3.2. Induktive Ladung	109
5.3.3. Vergleichende Betrachtung der Lademöglichkeiten	110
5.3.4. Die Lademöglichkeiten im Aktiv-Stadthaus	111
5.3.5. Die Akkus in den Wagen	112
5.4. ...Die Nutzung von E-Mobilen – Hemmnisse und Lifestyle	113
5.4.1. Hemmnisse	113
5.4.2. Entwicklungsstand und Lifestyle der Fahrzeuge	113
5.4.3. Entwicklungsstand und Lifestyle der Pedelecs	114
5.5. ...Das Nutzungskonzept im Aktiv-Stadthaus	115
5.5.1. Standortbedingungen	116
5.6. ...Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	118
5.6.1. Berechnungsgrundlagen	118
5.6.2. Szenario I: „All-In-Konzeption“ – Warmmietenpauschale für E-Mobilität	121
5.6.3. Szenario II: Kilometergenaue Abrechnung	124
5.6.4. Szenario III: Anlehnung an bestehende Tarifstrukturen von book'n'drive.	125
5.6.5. Szenario IV: Kilometerkontingent bei freiwilliger Abnahme	126
5.6.6. Fazit: Wirtschaftlichkeitsszenarien von Car-Sharing- Konzeptionen	127
5.6.7. „Individual-Leasing“ für die Bewohner des Aktiv-Stadthauses	127

5.7.... Pedelecs im Aktiv-Stadthaus	128
5.8.... Regenerative Strombereitstellung für die E-Mobilität	129
5.8.1. Fahr- und Standzeiten der Wagen	129
5.8.2. Speicherauslegung	129
5.8.3. Elektromobilität als (bidirektionaler) Pufferspeicher	130
5.9.... Ausblick	131
6. AP C – Energiemanagement für den Nutzer	134
6.1.... Das Nutzerinterface	134
6.1.1. Nutzen	134
6.1.2. Datenschutz	135
6.1.3. Hardware	135
6.1.4. Software	135
6.1.5. Aufbau	135
6.1.6. Inhalte	136
6.1.7. Oberflächengestaltung	140
6.2.... Übersicht eines möglichen Aufbaus des Nutzerinterfaces unter Zuweisung der Datengrundlagen	141
6.2.1. Startseite	144
6.2.2. Guthaben	145
6.2.3. Hausvergleich	145
6.2.4. Empfehlung/ Prognose	146
6.2.5. Energiebezug	149
6.2.6. Raumtemperatur	152
6.2.7. Verbrauch	154
6.2.8. Energiebilanz	158
6.2.9. E-Car	160
6.3.... Profile	161
6.4.... Energiespartipps	164
6.4.1. Wetter Termine E-Mail	165
6.5.... Monitoring des Nutzerverhaltens	167
6.5.1. Monitoring - Interdisziplinäre Auswertung und Dokumentation des Nutzerverhaltens	167
6.5.2. Das Vorgehen	167
7. AP D – Lebenszyklusanalyse	170
7.1.... Ökobilanzierung - Ausgangslage und Zielstellung	170
7.2.... Untersuchungsmethodik – Ökobilanzierung	171
7.2.1. Funktionelle Einheit	172
7.2.2. Systemgrenzen	173
7.2.3. Datenkategorien	173
7.2.4. Anforderungen an die Datenqualität	173
7.2.5. Betrachtete Wirkungskategorien	174
7.3.... Vergleichende Ökobilanz von Passiv- und Plus-Energie-Haus	181

7.3.1. Ziel und Untersuchungsrahmen	181
7.3.2. Sachbilanz	182
7.3.3. Wirkungsbilanz	184
7.3.4. Auswertung	188
7.4. ...Optimierung der Planung unter ökologischen Aspekten	189
7.4.1. Ziel und Untersuchungsrahmen	189
7.4.2. Sachbilanz	190
7.4.3. Wirkungsbilanz	191
7.4.4. Auswertung	195
7.5. ...Lebenszykluskostenbetrachtung (LCC)	196
7.5.1. Berechnungsgrundlagen	196
7.5.2. Kostengrundlagen des Aktiv-Stadthauses	197
7.5.3. Kostengrundlagen des „Passivhauses“	199
7.5.4. Kostengrundlagen des Referenzgebäudes	200
7.5.5. Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten verschiedener Energistandards	201
7.5.6. Die Lebenszykluskosten im Vergleich	202
7.5.7. Fazit	204
8. Integrale Planung – Mehraufwendungen im Planungsprozess	206
8.1. ...Berücksichtigung der Energiekonzeption von Beginn der Planung an	207
8.1.1. Grundlagenermittlung	210
8.1.2. Vorentwurf- und Entwurfsplanung	210
8.1.3. Genehmigungsplanung	214
9. Fazit	218
10. Ausblick	223
11. Abbildungsverzeichnis	225
12. Quellenverzeichnis	232
13. ANLAGEN	237
1. ANLAGE - Wirtschaftlichkeit von A⁺⁺⁺ - Haushaltsgeräten	237
1.1. ... Kühl-/Gefrierkombination	238
1.2. ... Geschirrspüler	238
1.3. ... Elektroherd/Backofen	239
1.4. ... Waschmaschine	239
1.5. ... Kondenstrockner	240
1.6. ... Wirtschaftlichkeit Haushaltsgeräte	241
2. ANLAGE - Verschattungsstudie	242
3. ANLAGE - Energiespartipps für das Nutzerinterface des Aktiv-Stadthaus	248