



Ein Unternehmen der
Landeshauptstadt München

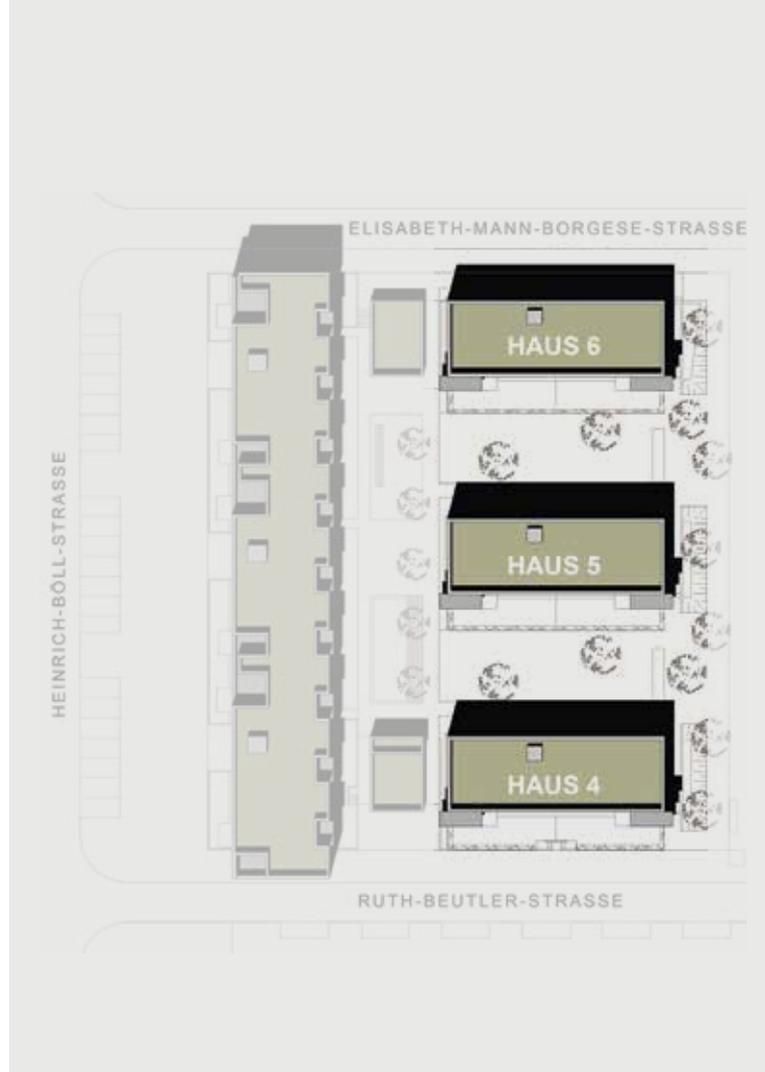
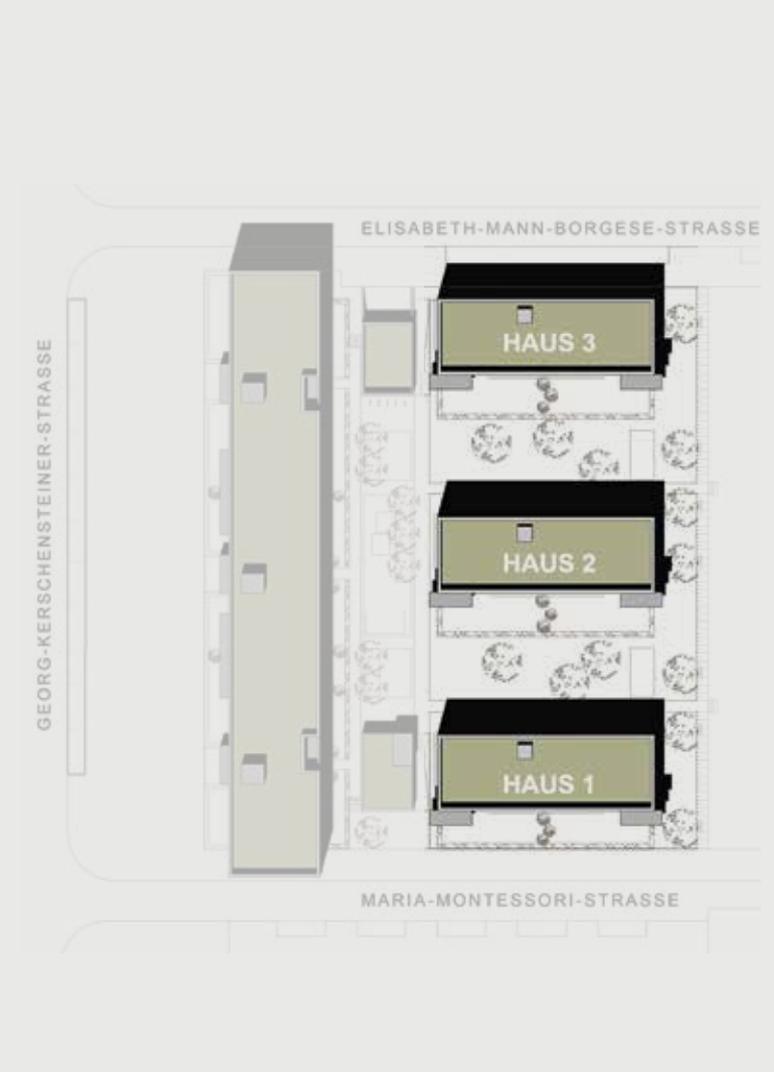
ANLAGE 1



FORSCHUNGSPROJEKT RIEM

WICHTIGE ERKENNTNISSE
FÜR ZUKÜNFTIGE BAUVORHABEN





Lagepläne der sechs baugleichen Forschungshäuser

FORSCHUNG FÜR ENERGIE-SPARENDES BAUEN DER ZUKUNFT

In der Münchner Messestadt Riem hat die GEWOFAG in Zusammenarbeit mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung in den Jahren 2009/2010 sechs baugleiche Wohngebäude im staatlichen EOF-Fördermodell mit jeweils unterschiedlichen Heizungs- und Lüftungsausstattungen errichtet. Rund neun Millionen Euro investierte die GEWOFAG in die Neubauten, die durch ihre verschiedenen haustechnischen und baulichen Standards Rückschlüsse auf die Energieeffizienz der einzelnen Systeme und das Nutzungsverhalten der Mieterinnen und Mieter ermöglichen.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts rund um diese baugleichen Häuser von Ebe + Ebe + Partner Architekten aus München (jetzt: Ebe Ausfelder Partner

Architekten) ging die GEWOFAG in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) und der Ingenieurbüro Hausladen GmbH der Frage auf den Grund, wie sich energiesparendes Bauen in Zukunft optimieren lässt und wie die Nutzer die neue Technik annehmen. Die Häuser mit insgesamt 48 Wohnungen wurden nach der Energieeinsparverordnung 2007 (EnEV 2007) errichtet.

Neben dem geringeren Energieverbrauch sind niedrigere Wartungs- und Unterhaltskosten Ziele zukünftiger Gebäudekonzepte der GEWOFAG, für deren Entwicklung die Evaluierung der Forschungshäuser einen wichtigen Beitrag leistet. Daher wertete die GEWOFAG sowohl den Energieverbrauch als auch die Unterhalts- und Wartungskosten aus und unter-



Grundriss Obergeschoss



Grundriss Erdgeschoss

suchte zudem die Störanfälligkeit der Systeme, um unterhaltsgünstige Bauweisen zu ermitteln.

Auch das Nutzerverhalten der Mieterinnen und Mieter floss in das Forschungsprojekt ein. Die Auswertung aller Daten erfolgte über einen Zeitraum von mehreren Heizperioden. Sie hat Anfang des Jahres 2012 begonnen und wurde Mitte 2015 abgeschlossen.

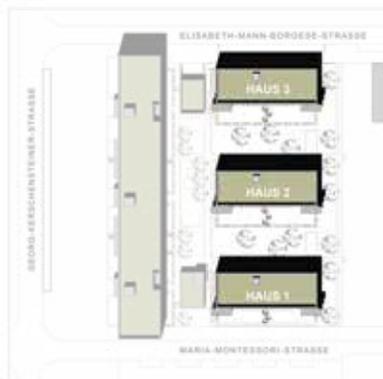
BAUGLEICHE GEBÄUDE MIT UNTERSCHIEDLICHEN KOMPONENTEN

„Baugleich“ bedeutet, dass die sechs Gebäude mit je acht Wohneinheiten identische Grundrisse haben. Sie

stehen in unmittelbarer Nähe zueinander, verfügen alle über einen Fernwärmeanschluss und sind mit ihrer Südorientierung zudem fast den gleichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Die Häuser unterscheiden sich jeweils durch eine Variable, wie zum Beispiel verschiedene Heizungs-, Lüftungs- und Wärmeschutzsysteme.

Über Messungen wurden die sechs verschiedenen Gebäudekonzepte validiert und die jeweilige Kosten-Nutzen-Relation ermittelt.

ÜBERSICHT DER VARIANTEN



Fensterkontakte

Haus 3, Elisabeth-Mann-Borgese-Straße 39



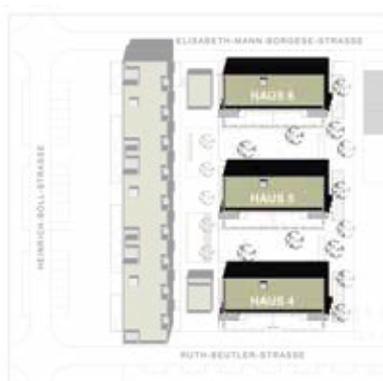
Verbesserte Wärmedämmung

Haus 2, Elisabeth-Mann-Borgese-Straße 41



Referenzgebäude

Haus 1, Elisabeth-Mann-Borgese-Straße 43



Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Haus 6, Elisabeth-Mann-Borgese-Straße 15



Wandheizung

Haus 5, Elisabeth-Mann-Borgese-Straße 17



Elektronische Einzelraumregelung (EER)

Haus 4, Ruth-Beutler-Straße 20

Das Referenzobjekt ist **Haus 1**. Es verfügt über den zum Zeitpunkt der Planung gültigen GEWOFAG-Standard. Das Haus mit monolithischem Ziegelmauerwerk besitzt Fenster mit Wärmeschutzverglasung und Fensterfalzlüftung. Der Energiestandard entspricht der EnEV 2007.

Haus 2 verfügt durch Außenwandziegel mit niedrigerem Wärmedurchgangskoeffizienten, Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung sowie erhöhte Dach- und Kellerdämmung über einen erhöhten Wärmedämmstandard der Gebäudehülle. Es würde damit auch die Anforderungen der EnEV 2013 und sogar 2016 einhalten.

Die Besonderheit von **Haus 3** sind intelligente Thermostatventile für die Heizung. Über Fensterkontakte schließen die Ventile bei geöffneten Fenstern automatisch.

Im **Haus 4** ist in jeder Wohnung eine elektronische Einzelraumregelung für die Heizung eingebaut. Bei-

des ist hier möglich: die Voreinstellung unterschiedlicher Raumtemperaturen in verschiedenen Zimmern über ein zentrales Bediengerät genauso wie eine raumweise manuelle Regulierung.

Eine Wandheizung kommt im **Haus 5** zum Einsatz. Bei diesem Heizsystem ist vor einzelnen Wänden eine Vorsatzschale angebracht und der dahinterliegende Hohlraum wird beheizt. Über die Vorsatzschale wird dann die Wärme in den Raum abgegeben. Selbstverständlich kann auch hier die Raumtemperatur individuell über Raumregler reguliert werden.

Im **Haus 6** verfügt jede Wohnung des Hauses im Gegensatz zu den anderen Häusern 1 bis 5 über eine eigene Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Wärme der Abluft wird durch die Wärmerückgewinnungsanlage der kalten Zuluft zugeführt und diese damit vorgewärmt. Die Lüftungsanlage kontrolliert den Lüftungshaushalt der Wohnung, so dass das Öffnen der Fenster eigentlich nicht mehr notwendig und somit der Wärmeverlust

durch Lüften geringer ist. Diese Technik bietet zudem einen deutlichen Komfortgewinn, da in den Räumen stets frische und gefilterte Luft verfügbar ist.

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) erfasste den Energieverbrauch und die raumklimatischen Verhältnisse in den Häusern unter Berücksichtigung der örtlichen Wetterdaten. Die gewonnenen Daten übertrug ein Server im Keller der Gebäude in Echtzeit zum IBP. Neben der Auswertung durch das IBP erfolgte eine weitere Aufbereitung der Daten durch die Ingenieurbüro Hausladen GmbH. Deren Untersuchung konzentrierte sich vor allem auf die Auswertung des Nutzerverhaltens und den wirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Häuser.

ZENTRALER FAKTOR NUTZERVERHALTEN

Über Messgrößen wie die Raumlufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Fensteröffnungszeiten konn-

te das Nutzerverhalten der Mieterinnen und Mieter erfasst oder abgeleitet werden. Außerdem bewerteten das Fraunhofer-Institut für Bauphysik und die Ingenieurbüro Hausladen GmbH auch personenbezogene Komponenten, wie die Akzeptanz und die Bedienungsfreundlichkeit der installierten Anlagensysteme sowie die Häufigkeit und Notwendigkeit der Eingriffe durch die Mieter. Dazu wurden Mieterbefragungen durchgeführt. Die Mieterinnen und Mieter der Forschungshäuser erhielten eine ausführliche Einführung in die Technik ihrer Wohnung und des gesamten Hauses.

MESSERGEBNISSE

Die Messergebnisse der fortlaufenden Untersuchung umfassen den Zeitraum von 01.04.2012 bis 20.05.2015. Aus den in den Diagrammen dargestellten Ergebnissen lassen sich die zentralen Aussagen ableiten. Diese beziehen sich auf den Auswertungszeitraum Oktober 2012 bis September 2013.

Nutzenergieverbrauch (bereinigt)

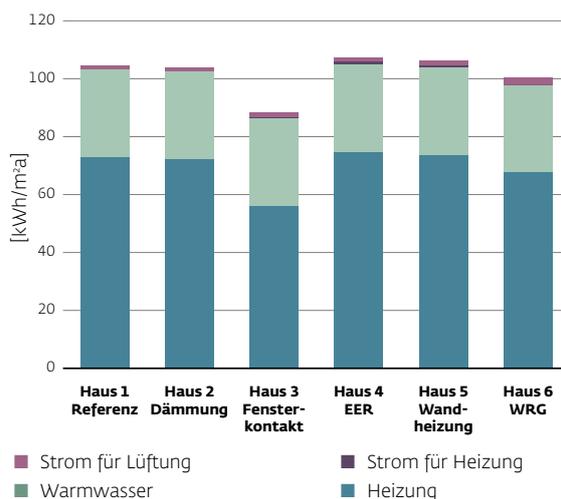


Diagramm 1 zeigt den bereinigten Nutzenergieverbrauch der sechs Häuser in einem Schaubild. Der Nutzenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser entspricht dem in den Wohnungen gemessenen Verbrauch und enthält keine Verteilungsverluste. Zu sehen ist, dass das Haus mit den Fensterkontakten am besten abschneidet. Bei allen anderen Häusern ist der Verbrauch höher, wobei diese fünf Häuser ähnliche Werte erzielen.

Primärenergiebedarf (bereinigt)

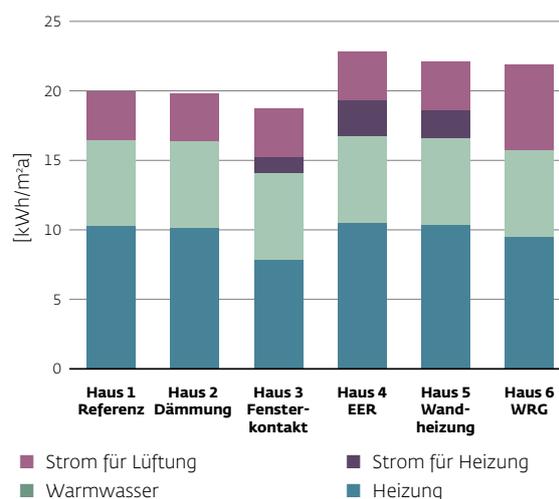
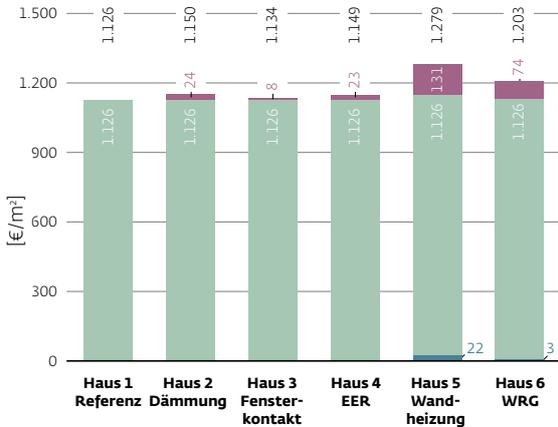


Diagramm 2 zeigt den Primärenergiebedarf. Aufgrund der Fernwärmeversorgung mit einem Primärenergiefaktor von 0,122 (2007) ist der Primärenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser vergleichsweise gering. Dem gegenüber steigt die Bedeutung des Hilfsenergieverbrauchs an, da der Primärenergiefaktor von Strom mit 2,4 anzusetzen ist. Auch hier hat das Haus mit den Fensterkontakten den geringsten Primärenergiebedarf.

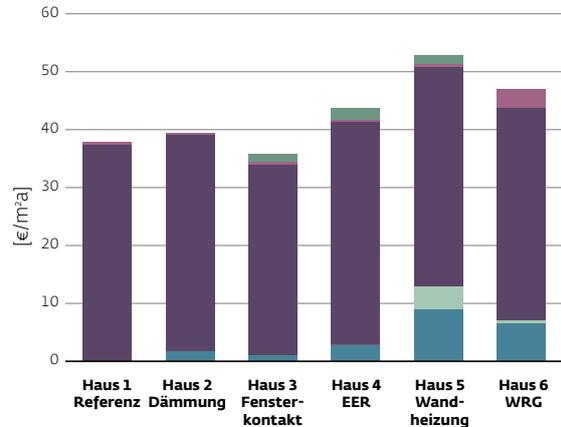
Investitionskosten (brutto)



- Mehrkosten energetische Maßnahmen
- Investitionskosten Referenzgebäude (KG 300 + 400)
- Wohnflächenverlust

Diagramm 3 zeigt die Investitionskosten der sechs Häuser. Naturgemäß sind diese beim Referenzgebäude am niedrigsten. Das Haus mit dem niedrigsten Energieverbrauch (Fensterkontakte) hat die zweitniedrigsten Investitionskosten.

Jährliche Kosten



- Mehrkosten Wartung/Instandhaltung Heizung/MSR/ELT
- Wartungskosten Lüftung
- Verbrauchsgebundene Kosten
- Wohnflächenverlust
- Kapitalgebundene Kosten

Diagramm 4 zeigt die Kostensituation der sechs Gebäude im Betrieb. Es wurden die jährlichen Kosten gemäß den Berechnungsvorschriften der VDI 2067 errechnet. Auch hier schneidet das Haus mit den Fensterkontakten am besten ab. Seine Kosten liegen sogar noch unter denjenigen des Referenzgebäudes.

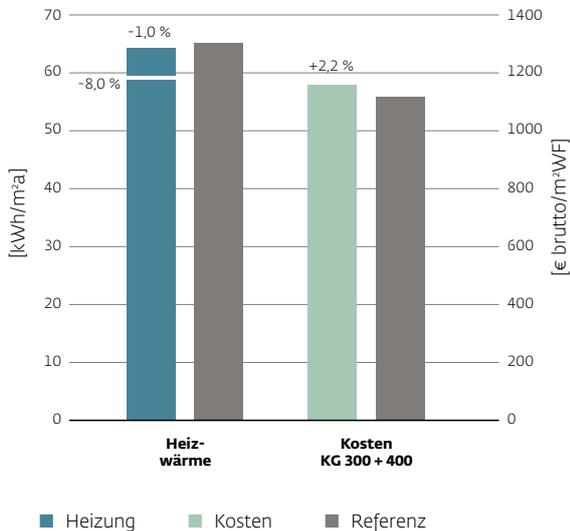
RECHNERISCHE UND TATSÄCHLICHE ENERGIEEINSPARUNG

Bei zwei der Häuser fällt besonders auf, dass die tatsächliche Energieeinsparung deutlich geringer

ist als die ursprünglich prognostizierte rechnerische Einsparung.

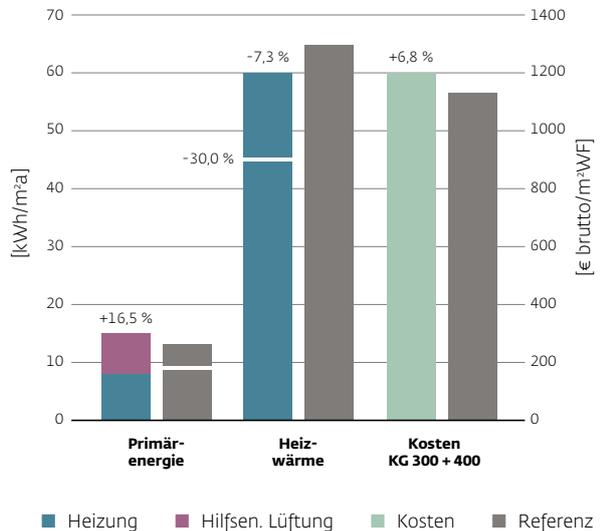
Haus 2 mit verbessertem Dämmstandard

Die rechnerische Einsparung gegenüber dem Referenzgebäude hätte 8 % betragen, während die tatsächliche Einsparung nur bei 1 % liegt.



Haus 6 mit Wohnlüftungsanlagen

Die rechnerische Einsparung gegenüber dem Referenzgebäude hätte 30 % betragen, während die tatsächliche Einsparung nur bei 7,3 % liegt.



FAZIT IM ÜBERBLICK

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass das Gebäude mit den wartungsarmen und robusten Fensterkontakten mit Blick auf die Investition und das Ergebnis die besten Resultate liefert. Die Nutzerzufriedenheit ist zwar etwas geringer als bei den Gebäuden ohne erweiterte technische Ausrüstung, aber deutlich besser als bei den Gebäuden mit Einzelraumregelung oder Wandheizung.

Die GEWOFAG wird die Ergebnisse dieser Analyse in ihre zukünftigen Baumaßnahmen einfließen lassen. Der Einsatz weiterer technischer Systeme mit Nutzerbedienung und -einfluss wird mit Blick auf die vorliegende Auswertung eingehend geprüft werden.

Die Gebäude riefen in der Fachwelt erfreulicherweise großes Interesse hervor. Sie sollen auch zukünftig für die Forschung genutzt werden.

	Heizwärmebedarf (kWh/m²a)	Primärenergie bei Fernwärme (kWh/m²a)	Primärenergie bei Erdgas (kWh/m²a)	Investitionskosten KG 300 + 400 (€ brutto/m²)	Jährliche Kosten nach VDI 2067 (€/m²a)	Wohnflächenverlust (m²)	Zugluftgefahr	Wartungskosten Lüftung (€/a)	Zuständigkeit Filterreinigung	Nutzerzufriedenheit Heizsystem
Haus 1 Referenz	72,9	19,9	171	1126	37,9	0	ja	188	Mieter	gut
Haus 2 Dämmung	72,2	19,8	170	1150	39,4	0	ja	188	Mieter	gut
Haus 3 Fensterkontakt	55,9	18,7	148	1134	35,8	0	ja	188	Mieter	Wird nicht von allen Befragten als vorteilhaft empfunden
Haus 4 EER	74,6	22,8	176	1149	43,7	0	ja	188	Mieter	Raumtemperatur schwer einstellbar
Haus 5 Wandheizung	73,5	22,1	174	1279	52,9	11,8	ja	188	Mieter	Schlechte Einstell- und Regelbarkeit, gute Möblierbarkeit
Haus 6 WRG	67,6	21,9	166	1202	47,0	1,4	nein	1300	Firma	gut

	gut
	.
	.
	schlecht



GEWOFAG Holding GmbH
Kirchseeoner Straße 3
81669 München

Telefon: 089 4123-0
Telefax: 089 4123-100
gewofag@gewofag.de
www.gewofag.de

Bei uns wohnt München.