ING+ARCH
ENERGIEEFFIZIENTE ARCHITEKTUR + FACHPLANUNG

ING+ARCH Partnerschaft mbB
[redacted]
Beratende Ingenieurin / Architekt

Firmensitz:
90419 Nürnberg . Steinstr. 21
Fon: +49(0)911 59 31 90
Fax: +49(0)911 59 31 92

nuernberg@ingplusarch.eu
www.ingplusarch.eu

91725 Ehingen . Kussenhof 2
Fon: +49 (0)9836 97 09 06 - 0
Fax: +49 (0)9836 97 09 06 - 99

Energetisches Fachgutachten als Leitfaden

Hofmann Höfe - München

(Quelle: Rapp + Rapp)

ARCHITEKTUR
ENERGIEKONZEPTE
PASSIVHAUSPROJEKTIERUNG
BAUPHYSIK

Auftraggeber:

Hofmann Höfe GmbH
Bavaria Filmplatz 7
82031 Grünwald

Erstellt:
ING+ARCH Part mbB
[redacted]
Steinstr. 21
90419 Nürnberg

Stand:
29.10.2020
Quellen ergänzt:
14.09.2021

Inhaltsverzeichnis

1 Beschreibung der Aufgabe 4
2 Zusammenfassung 5
3 Klimawandel und Bauen im Urbanen Umfeld 6
3.3 *Klimawandel und CO2 Ausstoß* 6
3.4 *Strategien zur Klimaneutralität* 6
3.5 *CO2 Relevanz von Gebäuden in der Herstellung und Betrieb* 6
3.6 *Strategien zur Klimaneutralität im Gebäudesektor* 7
4 Bewertung der Planung aus energetischer Sicht 8
4.1 *Ausgangszustand, Lage, Umfeld und Freiflächen* 8
4.2 *Dichte der geplanten Bebauung* 8
4.3 Orientierung und Verschattung 10
4.4 *Dachflächen und deren Nutzung* 10
5 Abschätzung der zu erwartenden Verbräuche 12
5.1 Basisvariante (Variante1) 13
5.2 Verbesserte Variante (Variante 2) 14
5.3 Optimierte Variante (Variante 3) 15
5.4 Variantenvergleich (Wärme- und WW-Bedarf) 16
5.5 Variantenvergleich (Gesamtenergiebedarf und CO2 Emissionen) 17
6 Empfehlungen zur Umsetzung des Gebäudestandards 18
6.1 Bauliche Maßnahmen 18
6.1.1 Fassade 19
6.1.2 Fenster und Sonnenschutz 20
6.1.3 Dächer 27
6.1.4 Bodenplatte / Kellerdecke 29
6.1.5 Wärmebrücken 30
6.2 Anlagentechnische Komponenten 31
6.2.1 Beheizung und Heizwärmeverteilung 31
6.2.2 Kühlung 31
6.2.3 Lüftung mit und ohne WRG 33
6.2.4 Warmwasserversorgung 34
6.2.5 Stromeffizienz 35
7 Potential zur Nutzung regenerativer Energien 36
7.1 Nutzung der Dachflächen für Photovoltaik 36
7.2 Bewertung des Potentials anderer regenerativer Quellen 42
8 Energetische Versorgungskonzepte 43
8.1 Ausschließliche Wärmeversorgung mit Fernwärme 43
8.2 Fernwärme und passive Brunnenwassernutzung 44
8.3 Fernwärme mit Wärmepumpe und Brunnenwassernutzung 44
9 Empfehlungen für weiter Schritte 46
9.1 Allgemeine Empfehlungen 46
9.2 Weiterführende Bewertungen der Varianten 46
9.3 Workshops mit den Stakeholdern 47
9.4 Energetische Projektsteuerung und Projektbegleitung 47

1 Beschreibung der Aufgabe

Die Aufgabe dieses Gutachtes ist es, den aktuellen Stand der Planung in Hinblick auf deren energetische Qualität und der zu erwartenden energiebedingten CO2 Emission zu bewerten.
Ebenso sollen für die Weiterentwicklung des Projektes Varianten untersucht und Entwicklungspfade aufgezeigt werden, wie die CO2 Emissionen reduziert werden können.

Es soll zunächst der Planungsstand analysiert und bewertet werden. Im Weiteren sollen Pfade aufgezeigt werden, wie sich das Projekt in seiner weiteren Planung und Entwicklung hinsichtlich des energetischen Standards entwickeln kann.

Untersucht werden soll, welches Potential hinsichtlich der Nutzung erneuerbaren Energie auf den Gelände genutzt werden können, und ggf. für Versorgung des Areals sinnvoll in die weiter Planung integriert werden kann.

Der zu erwartende Energieverbrauch wird anhand der Typologie abschätzt. Genauere Berechnungen auf Basis der Gebäudegeometrie des städtebaulichen Entwurfes sind nicht Bestandteil dieses Gutachtens. Sie sollten aber in einem späteren Schritt zeitnah durchgeführt werden.

2 Zusammenfassung

- Der vorliegende Entwurf eignet sich aufgrund seiner Kompaktheit gut zur Realisierung eines energieeffizienten Quartiers.

- Durch die Optimierung der Gebäudehülle und Senkung des Heizwärmebedarfs kann ein erheblicher Betrag zur Reduzierung des CO_2 Ausstoßes geleistet werden.
  Der Heizwärmebedarf lässt sich damit um fast 75% gegenüber der Basisvariante senken

- Die Nutzung erneuerbaren Energien durch den Einsatz von Photovoltaik ist im vorliegenden Entwurf möglich.
  Durch die Nutzung der Photovoltaik lässt sich ca. 20 % des Strombedarfs im Quartier decken.
  Im Weiteren sind die bestehenden geologischen Rahmengegebenheiten anscheinenden dafür geeignet Grundwasser bzw. Erdsonden zur Kühlung zu nutzen.

- Der Anschluss an das Fernwärmenetz sorgt für eine effiziente und klimafreundliche Deckung des Restwärmebedarfs.
  Bei einer Kombination aus optimierter Gebäudehülle, Fernwärmenutzung und PV könnten die CO_2 Emissionen des Quartiers um mehr als 50 % gesenkt werden.

- Die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen führt zu einem stark reduzierten Energieverbrauch und bildet damit eine gute Grundlage für die Realisierung der Klimaschutzziele der Stadt München.
  Durch die zukünftige weitere Reduzierung der CO_2 Emissionen der Münchner Fernwärme und des Strommixes kann das Quartier bis 2035 klimaneutral werden und steht damit in Einklang mit den Klimaschutzzielen der Stadt München.

3 Klimawandel und Bauen im Urbanen Umfeld

3.3 *Klimawandel und CO_2 Ausstoß*

Zur Einhaltungen der verbindlichen Ziele des Pariser Klimaabkommens ist in allen Sektoren Klimaneutralität bis spätestens 2050 zu erreichen. Deshalb sind Entscheidungen die den langfristigen CO_2 Ausstoß beeinflussen unter diesem Aspekt zu bewerten. Dies gilt in hohem Masse für Entscheidung im Bausektor die hier Nutzungszeiträume von 50 Jahren und mehr zu erwarten sind.

3.4 *Strategien zur Klimaneutralität*

Hierfür gibt es verschiedene Szenarien für die Umstellung der Energieträger und Sektoren auf erneuerbare Energien. In allen Szenarien spielen die erneuerbaren Energieträger Sonne (PV) und Wind die entscheidende Rolle.
Regional werden diese erweitert durch andere Quellen, wie Biomasse, Wasserkraft und Geothermie.

Zur Deckung des Energiebedarfs über diese Energiequellen sind eine Kopplung der Sektoren und eine Verschiebung zu strombasierten Systemen erforderlich. (Elektromobilität, Wärmepumpen etc.).
Entscheidend ist die Dekarbonisierung vor allem der Sektoren Wärme und Verkehr, die heute noch im Wesentlichen fossil betrieben werden.

Hierbei kommt der Wärmeversorgung über Nah- und Fernwärmenetze eine entscheidende Bedeutung im urbanen Raum zu, denn diese kann zeitnah durch Kraftwärmekopplung bzw. Geothermie sukzessive auf CO2 Neutralität umgestellt werden.

3.5 *CO_2 Relevanz von Gebäuden in der Herstellung und Betrieb*

Der CO2 Ausstoß im Bausektor wird stark dominiert durch den Betrieb. Durch verbesserte Energieeffizienz der Gebäude sinkt der Anteil der Emission im Betrieb und damit steigt die Bedeutung des CO2 Ausstoßes bei der Errichtung von Gebäuden.

Hierbei sind insbesondere Emissionen durch Beton bzw. Zement dominant. Auch zeichnet der Bausektor für über 50% des weltweiten Müllaufkommens verantwortlich.

Eine nachhaltige Ausrichtung der Bautätigkeit ist erforderlich zur Errichtung der Klimaschutzziele. Eine stärkere Orientierung der Bauweisen auf Basis nachwachsenden Rohstoffen (insbesondere Holz) und verstärkte Verwendung von Recycling Baustoffen bzw. CO2 reduzierten Baustoffen stehen hier im Vordergrund. Hierbei sei beispielsweise auf die Holzhybridbauweise verwiesen, wie sie in Österreich bereits bei der Errichtung von Hochhäusern eingesetzt wird.
Aktuelle Bau-Normen und Brandschutzvorschriften tragen dieser Entwicklung noch nicht in ausreichend Maße Rechnung.

Die Ermittlung der CO2 Emissionen durch den Abbruch und die Errichtung der neuen Gebäude sind jedoch nicht Bestandteil der weiteren Betrachtungen im Rahmen dieses Leitfadens.

3.6 *Strategien zur Klimaneutralität im Gebäudesektor*

Die aktuellen gesetzlichen Vorgaben im Gebäudesektor sind aus fachlicher Sicht nicht ausreichend um die nationalen Klimaschutzziele zu erreichen. Daher ist es zu begrüßen, dass auf regionaler und kommunaler Ebene erhöhte Anforderungen an Gebäude gestellt werden. Unterstützt werden diese Ziele durch regionale Förderprogramme und bundesweite Programme der KfW.

In erster Linie ist auf eine Reduzierung des Energiebedarfs bei Neubauten und Sanierungen zu achten. Im Vordergrund steht eine Reduzierung des Heizwärmebedarfs, da dieser im Wesentlichen im Winterhalbjahr entsteht, wenn regenerative Energien auf Basis von Sonne und Wind nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen. Ebenso ist auf einen reduzierten Warmwasser-, Kühl- und Strombedarf zu achten.

Der verbleidende Energiebedarf sollte dann möglichst CO2 neutral durch regenerative Energiequellen gedeckt werden.

4 Bewertung der Planung aus energetischer Sicht

Der aktuelle vorliegende Planstand wurde für die Bewertung zu Grunde gelegt.

Vorliegende Planunterlagen:

- Masterplan mit Umgriff, Stand 25.02.2020
- Entwurf: Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 1930d; Stand 20.007.2020
- Isometrie; Stand 18.08.2020
- Lageplan; Stand 18.08.2020
- Prinzipschnitte MK Gebiet; Stand 18.08.2020
- Prinzipschnitte ; Stand 18.08.2020
- R+R Hof Prinzipschnitte ; Stand 04.02.2020
- Gesamtansicht Nordfassade MK-WA3; (ohne Planstand)
- Perspektive Baierbrunner Str. (ohne Planstand)
- Auszug Gestaltungsleitfaden Entwurf Konzept Dachgarten; (ohne Planstand)

4.1 *Ausgangszustand, Lage, Umfeld und Freiflächen*

Das Quartier liegt im süd-westlichen Stadtrandgebiet Münchens.
Das Grundstück ist im Ausgangszustand teilwiese bebaut. Die vorhandene Bebauung soll (bis auf das SO-Studentenwohnheim) zurückgebaut werden.
Das Areal hat einen hohen Anteil nicht versiegelter Flächen und teilweise ist alter Baumbestand vorhanden.

Das Quartier ist mit allen Medien erschlossen (einschl. Fernwärme).
Lt. Aussage des Auftraggebers sind Grundwasser-Brunnen vorhanden die zur Kühlung der Bestandsgebäude verwendet wurden. Daher scheinen die geologischen Voraussetzungen für die direkte Nutzung von Grundwasser (bzw. über Erdsonden) zur Kühlung gegeben zu sein.

4.2 *Dichte der geplanten Bebauung*

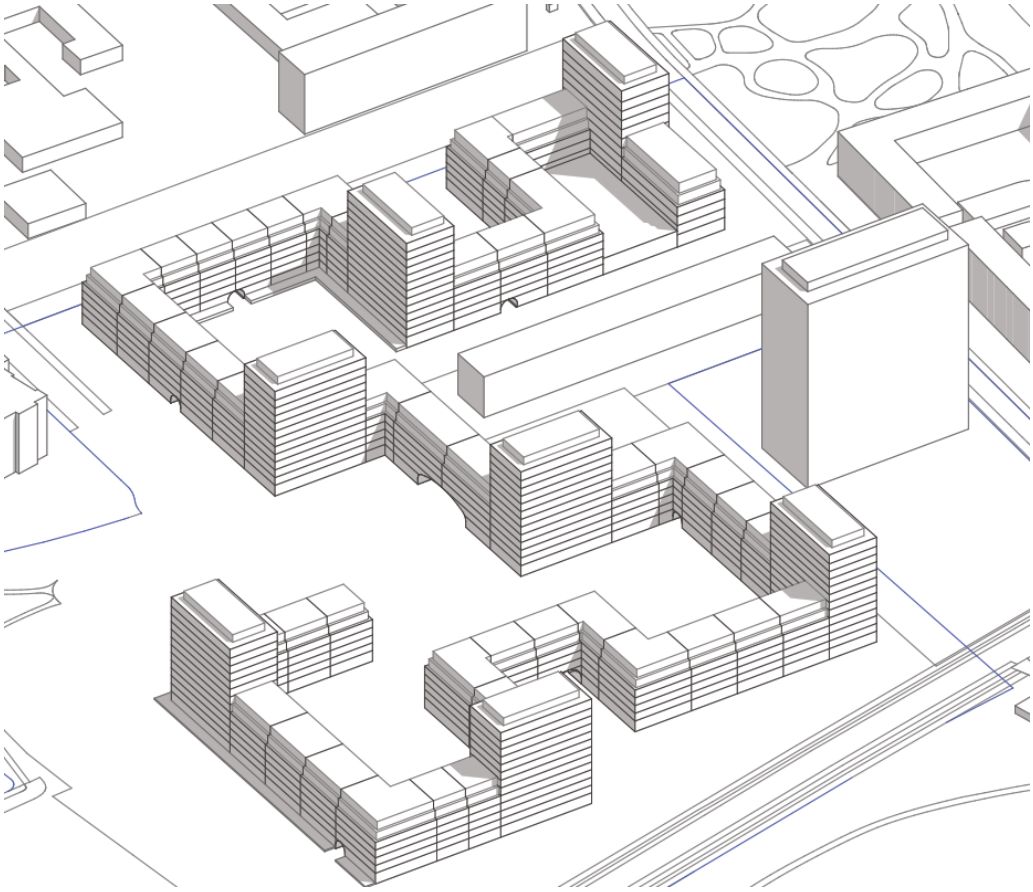
Durch die zusammenhängende Bauweise der geplanten Bebauung, die durchgehende hohe Geschossigkeit aufweist, ergibt sich eine stark verdichtete, kompakte Bauweise bei relativ geringer Flächenversiegelung durch die Baukörper.

Die kompakte Bauweise ist ein wichtiger Bestandteil der energie- und kosteneffizienten Bauweise, da bei reduzierter Hüllfläche viel Nutzfläche geschaffen wird.

Ein günstiges A/V Verhältnis ist im vorliegenden Entwurf geben. Die Art der Bebauung ist in dieser Hinsicht als positiv zu bewerten.

Je höher die Geschossigkeit, umso geringer ist allerdings in der Folge die potentielle zur Verfügung stehenden spezifische Dachfläche (bezogen auf die Geschoßfläche) zur Deckung des Strombedarfs über Photovoltaik.

Einer verdichten Bauweise ist jedoch aus energetischer Sicht der Vorzug zu geben, da die PV-Strom Erzeugung auch außerhalb des Gebäudes bzw. des Quartiers gedeckt werden kann.
Eine Reduzierung des Energiebedarfes ist im Zweifelsfalle zu priorisieren gegenüber einer höheren Deckung durch PV.



Auszug aus Isometrie; Stand 18.08.2020. (Quelle: Rapp + Rapp)

Durch das günstige A/V Verhältnis sind die Mehrkosten für eine optimierte Gebäudehülle deutlich geringer als bei einer weniger verdichteten Bauart.

Ein hohes Augenmerk sollte in der weiteren Planung auf die thermische Qualität der Hülle gelegt werden.

4.3 **Orientierung und Verschattung**

In dieser frühzeitigen Betrachtung sind genauere Berechnungen zur Verschattung und Orientierung nicht vorgesehen.
Die Bebauung zeigt im Wesentlichen eine gleichmäßige Verteilung aller Orientierungen.
Günstige und weniger günstige Besonnungs– bzw. Verschattungs-situationen wirken sich zwar erheblich auf einzelne Nutzungseinheiten aus, gleichen sich aber in der Gesamtbilanz wieder weitgehend aus.

Zu diesem Zeitpunkt der Planung ist die Kompaktheit (A/V) wesentlich bedeutender für die energetische Qualität der Gebäudehülle als die Orientierung.

4.4 ***Dachflächen und deren Nutzung***

Durch die relativ hohe Geschossigkeit. (7 -13 Geschosse) ergibt sich im Verhältnis zur Nutzfläche eine relativ kleine Dachfläche.

Bei der Nutzung der Dachfläche stehen drei Nutzungsarten in Konkurrenz:

- Dachbegrünung
- Terrassen (nicht begrünt) zur privaten bzw. gemeinschaftlichen Nutzung
- PV-Flächen zur Stromgewinnung

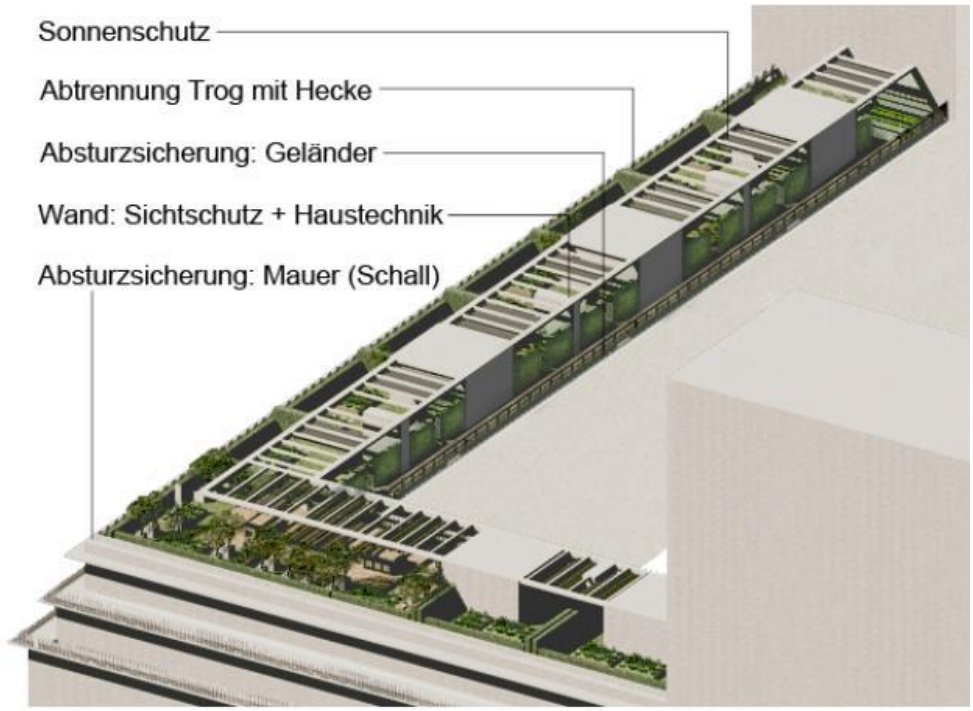
Grundsätzlich sind Gründächer im verdichteten, städtischen Raum von hoher Bedeutung als Biotop, für das Mikroklima und als Regenrückhaltung.

Dies gilt vor allem für die stark verdichteten, urbanen Ballungsräume mit einem hohen Grad an Flächenversiegelung.

Durch die hohe Geschossigkeit wird weniger Fläche überbaut und damit versiegelt. Es stehen damit mehr Grünflächen im Außenbereich zum Verfügung.

Die vorgeschlagene Nutzung der Dachflächen sieht etwa eine Drittelung der Nutzungszonen vor.

~ 1/3 Begrünung
~ 1/3 Terrassen
~ 1/3 Überdachungen; Pergolen, Sonstiges (evtl. für PV Nutzung geeignet)



Auszug aus Gestaltungsleitfaden Hofmann Höfe, (Quelle:Lützow 7 Müller Wehberg)

5 Abschätzung der zu erwartenden Verbräuche

Der Heizwärmebedarf, Warmwasserbedarf sowie Strombedarf wurden für die folgenden Betrachtungen abgeschätzt, auf Basis typischer Verbrauchswerte pro Energiebezugsfläche.

Es wurden überschlägige Abschätzungen auf Basis der in den Plänen angeben Nutzungsarten vorgenommen,

Gebiet	**Geschossfläche**	**Nutzungsverhältnis**
MK	23.450 m²	70 % gewerbliche Nutzung 30 % Wohnnutzung
WA 1	41.850 m²	90 % Wohnnutzung 10 % gewerbliche Nutzung
WA 2	45,200 m²	90 % Wohnnutzung 10 % gewerbliche Nutzung
WA 3	43.750 m²	90 % Wohnnutzung 10 % gewerbliche Nutzung
Summe	**154.250 m²**	**ca. 81 % Wohnnutzung** **ca. 19% gewerbliche Nutzung**

Aufgrund des Nutzungsschwerpunkts im Bereich Wohnen konzentrieren sich die Untersuchungen im Wesentlichen auf dieses Nutzungsfeld. Die getroffenen Aussagen lassen sich in großen Teilen jedoch auch auf eine gewerbliche Nutzung übertragen.

Der Energieverbrauch des bestehenden SO-Wohnheims wurde bei den Abschätzungen nicht mit erfasst.

Eine genauere Berechnung auf Basis der konkreten Gebäudegeometrie wurde in diesem Projektstadium noch nicht vorgenommen. Es empfiehlt sich aber diese frühzeitig in der konkreten Hochbauplanung, spätestens in der Leistungsphase 2 zu erstellen.
Die Abschätzung erfolgt auf Basis vergleichbarer Gebäudetypologien und Nutzungen. Es werden drei unterschiedliche energetische Standards betrachtet.
Für den Stromverbrauch wurden typische Nutzungsprofile angesetzt.

Ein Kühlbedarf wurde im jetzigen Planungstand nicht angesetzt, da dieser sehr stark von der ganz konkreten Nutzung abhängt.
Im unseren Breiten kann i.d.R. heute noch, bei intelligenter Planung auf eine aktive Kühlung verzichtet werden. Dies gilt für typische Wohn- und Büronutzungen, Kitas etc. Bei anderen Nutzungen ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.

5.1 **Basisvariante (Variante1)**

Als Basisvariante wird ein „normaler“ Neubaustandard angesetzt. Es wurden im Wesentlichen die U-Werte des EnEV-Referenzgebäudes zu Grunde gelegt.
Dieser Standard wird als Basiswert (100%) zum Vergleich der Varianten herangezogen.

Es wird eine Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung angesetzt.
Für den Stromverbrauch wird ein nutzungstypischer Mittelwert angenommen.

Variante 1 Annahmen „Basisvariante“:		
Energiebezugsfläche	~ 93.000	m²
Bewohner / Nutzer	~ 3.300 / 950	Personen
Außenwände U-Wert:	~ 0,28	W/m²k
Fenster U-Wert	~ 1,30	W/m²k
Glas g-Wert	~ 60	%
Dächer U-Wert	~ 0,20	W/m²k
Bodenplatte U-Wert	~ 0,35	W/m²k
Wärmebrücken	~ 0,05	ΔU W/m²k
Luftdichtheit	~ 2,0	n_{50}
Lüftung	Abluft / 0	η_{WRG}
Stromeffizienz	1,0	Faktor

Variante1 Abschätzungen „Basisvariante“:		
Heizwärmebedarf	~ 5.400	MWh/a
Warmwasserbedarf	~ 1.800	MWh/a
Strombedarf (Nutzer)	~ 2.700	MWh/a
Hilfsstrom	~ 500	MWh/a

5.2 **Verbesserte Variante (Variante 2)**

In dieser Variante wird eine verbesserte Gebäudehülle angesetzt sowie eine Optimierung der Wärmebrücken und der Luftdichtheit.

Es wird von einer Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung ausgegangen.

Der nutzungsbedingte Strombedarf ist analog Variante 1.

Variante 2 **Annahmen „Verbesserte Variante“:**			
Energiebezugsfläche	~	93.000	m²
Bewohner / Nutzer	~	3.300 / 950	Personen
Außenwände U-Wert:	~	0,20	W/m²k
Fenster U-Wert	~	1,0	W/m²k
Glas g-Wert	~	50	%
Dächer U-Wert	~	0,18	W/m²k
Bodenplatte U-Wert	~	0,20	W/m²k
Wärmebrücken	~	0,025	ΔU W/m²k
Luftdichtheit	~	1,0	n_{50}
Lüftung	Abluft /	0	η_{WRG}
Stromeffizienz		1,0	Faktor

Variante 2 **Abschätzung „Verbesserte Variante“:**		
Heizwärmebedarf	3.900	MWh/a
Warmwasserbedarf	1.800	MWh/a
Strombedarf (Nutzer)	2.700	MWh/a
Hilfsstrom	450	MWh/a

5.3 **Optimierte Variante (Variante 3)**

Die optimierte Variante lehnt sich am KfW-Effizienzhaus- bzw. Passivhausstandard an. Dies bedeutet eine weitere Optimierung der Gebäudehülle, vor allem in Bezug auf die Wärmerücken. Es wird hier von einer nahezu wärmebrückenfreien Konstruktion ausgegangen. Dies ist bei einem Gebäude dieser Größe mit überschaubarem Aufwand zu erreichen.
Ferner wird für die Lüftung eine Wärmerückgewinnung angesetzt.
Der Warmwasserbedarf bleibt in allen Varianten unverändert.

Für den nutzungsbedingten Stromverbrauch wird ein leicht verbesserter Effizienzfaktor von 0,9 angesetzt.

Variante 3 Annahmen „Optimierte Variante“:			
Energiebezugsfläche		~ 93.000	m²
Bewohner / Nutzer	~	3.300 / 950	Personen
Außenwände U-Wert:		~ 0,15	W/m²k
Fenster U-Wert		~ 0,85	W/m²k
Glas g-Wert		~ 50	%
Dächer U-Wert		~ 0,15	W/m²k
Bodenplatte U-Wert		~ 0,15	W/m²k
Wärmebrücken		~ 0,0	ΔU W/m²k
Luftdichtheit		~ 0,6	n_{50}
Lüftung		Abluft / 0,82	η_{WRG}
Stromeffizienz		0,9	Faktor

Variante 3 Abschätzung „Optimierte Variante“:		
Heizwärmebedarf	1.400	MWh/a
Warmwasserbedarf	1.800	MWh/a
Strombedarf (Nutzer)	2.100	MWh/a
Hilfsstrom	430	MWh/a

5.4 **Variantenvergleich (Wärme- und WW-Bedarf)**

Energiebedarf Wärme (ohne Strom)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Heizwärmebedarf	5.400 MWh/a	3.900 MWh/a	1.400 MWh/a
	100 %	**72 %**	**26%**
Warmwasserbedarf	1.800 MWh/a	1.800 MWh/a	1.800 MWh/a
	100 %	**100 %**	**100%**
Gesamtwärmebedarf	7.200 MWh/a	5.700 MWh/a	3.000 MWh/a
	100 %	**79 %**	**42 %**
CO_2 Emissionen Wärme + WW (wenn Gas, fossil)	**2.200 t/a**	**1.800 t/a**	**1.000 t/a**
	100 %	**82 %**	**46 %**
CO_2 Emissionen Wärme + WW (wenn Fernwärme)	**1.300 t/a**	**1.000 t/a**	**560 t/a**
	60 %	**46 %**	**26 %**

CO_2 Faktoren [$kgCO_{2eq}/kWh_{End}$] : Erdgas: 0,25 / Strom-Mix: 0,53 / Fernwärme: 0,15

Im Vergleich der Varianten ergibt sich folgendes Bild:

Das wesentliche Optimierungspotential liegt in der Reduzierung des Heizwärmebedarfs. Dieser lässt sich in Variante 3 gegenüber der Basisvariante um fast 75 % reduzieren.

Der Mehraufwand für die Optimierung der Gebäudehülle ist relativ gering. Hier wirkt sich die Kompaktheit der Bebauung sehr positiv aus.

Lediglich der Einbau der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erfordert einen gewissen Mehraufwand.

Die CO_2 Emissionen durch Heizung und WW können ebenfalls um fast 3/4 reduziert werden, wenn statt der Basisvariante (mit Erdgas) die Variante 3 in Verbindung mit der sehr effizienten Fernwärme verwendet wird.

5.5 Variantenvergleich (Gesamtenergiebedarf und CO_2 Emissionen)

Energiebedarf Gesamt	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Heizwärmebedarf	5.400 MWh/a	3.900 MWh/a	1.400 MWh/a
Warmwasserbedarf	1.800 MWh/a	1.800 MWh/a	1.800 MWh/a
Gesamtwärmebedarf	7.200 MWh/a	5.700 MWh/a	3.000 MWh/a
Strombedarf (Nutzer)	2.700 MWh/a	2.700 MWh/a	2.100 MWh/a
Strombedarf Hilfsstrom	500 MWh/a	450 MWh/a	390 MWh/a
CO_2 Emissionen Heizwärme + WW			
Gas, fossil	**2.200 t/a**	**1.800 t/a**	**1.000 t/a**
	100 %	**82 %**	**46 %**
Fernwärme	**1.300 t/a**	**1.000 t/a**	**560 t/a**
	60 %	**46 %**	**26 %**
CO_2 Emissionen Strom			
ohne PV	**3.200 t/a**	**3.150 t/a**	**2.500 t/a**
	100 %	**98 %**	**78 %**
mit PV (Abschätzung siehe 7.1)	**2.700 t/a**	**2.650 t/a**	**2.000 t/a**
	84 %	**83 %**	**63 %**
CO_2 Emissionen gesamt			
Gas, fossil ; ohne PV	**5.400 t/a**	**4.950 t/a**	**3.500t/a**
	100 %	**92 %**	**65 %**
Fernwärme; ohne PV	**4.500 t/a**	**4.150 t/a**	**3.060 t/a**
	83 %	**78%**	**57 %**
Fernwärme; mit PV(Abschätzung siehe 7.1)	**4.000 t/a**	**3.650 t/a**	**2.560 t/a**
	74 %	**68 %**	**47 %**

CO_2 Faktoren [$kgCO_{2eq}/kWh_{End}$] : Erdgas: 0,25 / Strom-Mix: 0,53 / Fernwärme: 0,15

Die CO_2 Gesamt-Emissionen für Heizwärme, Warmwasser, Nutzerstrom und Hilfsstrom, können in der Variante 3 unter Nutzung der Fernwärme und PV-Stromerzeugung (Abschätzung siehe 7.1) um mehr als 50% reduziert werden, gegenüber der Basisvariante mit Erdgasnutzung ohne PV.

6 Empfehlungen zur Umsetzung des Gebäudestandards

Die Ergebnisse der Abschätzungen haben gezeigt, dass in der Reduzierung des Heizwärmebedarfs das größte Einsparpotential liegt.

Die Verbräuche an Warmwasser und Strom liegen zum großen Teil im Einflussbereich der Nutzer bzw. der konkreten Nutzungsart bei Nicht-Wohnungsnutzung. Auch hier liegt großes Einsparpotential, dies wird aber nur in sehr geringem Maße über den Gebäudestandard beeinflusst.

Für die Optimierung des energetischen Gebäudestandards werden im Folgenden Maßnahmen aufgezeigt, wie dies effizient und kostengünstig umgesetzt werden kann.

Bei geschickter Planung sind die Mehrkosten hierfür gering und können i.d.R. durch die verfügbaren Fördermittel (z.B. der KfW Effizienzhaus-Programme) gedeckt werden.

Die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen zur Optimierung des Energiebedarfs für das Quartier gelten für die Wohnungsnutzung und lassen sich ebenso auf die gewerbliche Nutzung übertragen.

6.1 **Bauliche Maßnahmen**

Die hohe Kompaktheit der geplanten Bebauung ermöglicht es, mit relativ geringem Mehraufwand im Bereich der Gebäudehülle, ein sehr energieeffizientes Gebäude herzustellen.

6.1.1 Fassade

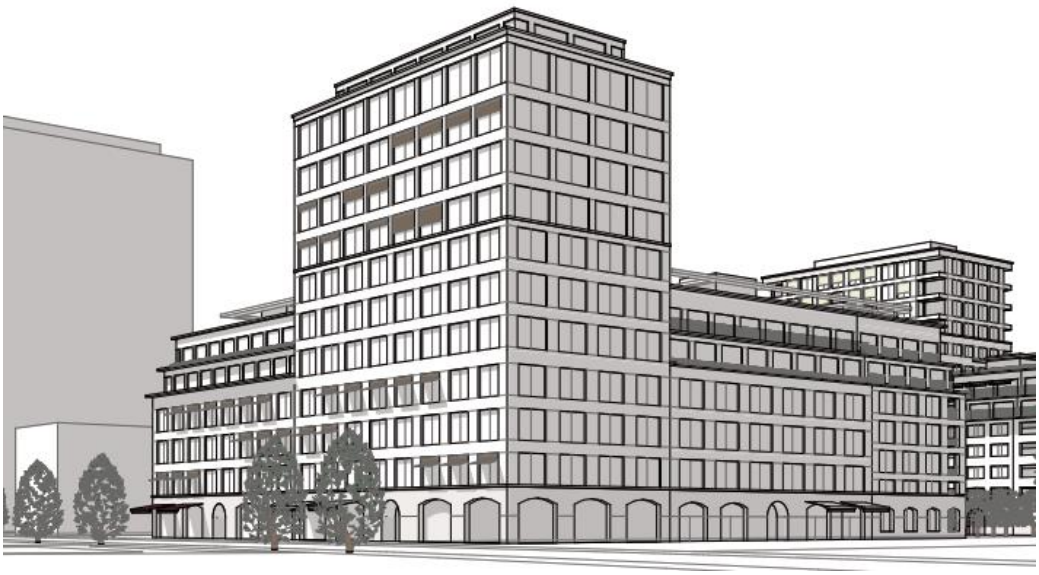
Die Fassade ist in diesem Projekt das dominante Bauteil mit dem größten Flächenanteil.
Hier sollten in jedem Falle U-Werte umgesetzt werden, die deutlich unter den Anforderungen der aktuellen EnEV liegen.

In Variante 3 wurde ein U-Wert von 0,15 W/m²K angesetzt. Dies entspricht bei einem Wärmedämmverbundsystemen mit konventionellen Dämmstoffen (Mineralwolle, Polystyrol) einer Dämmstoffstärke von ca. 22 -26 cm.

U-Wert Fassade < 0,15 W/m²K

Beim Einsatz von hinterlüfteten Fassaden sind etwas höhere Dämmstoffstärken erforderlich (je nach Material und System), da die Wärmebrücken der Befestigungspunkte der Unterkonstruktion kompensiert werden müssen. Auch ist hier mit etwa dreifach höheren Kosten pro m² gegenüber einem WDVS zu rechnen (bei gleichen U-Werten)

Die hinterlüftete Fassade hat jedoch Vorteile hinsichtlich der Haltbarkeit. Ebenso bietet sie die Möglichkeit ohne große Mehrkosten PV-Module in die Fassaden zu integrieren, da die Unterkonstruktion bereits vorhanden ist.



Auszug aus Perspektive Baierbrunner Str. (Quelle: Gestaltungsleitfaden Rapp + Rapp)

6.1.2 Fenster und Sonnenschutz

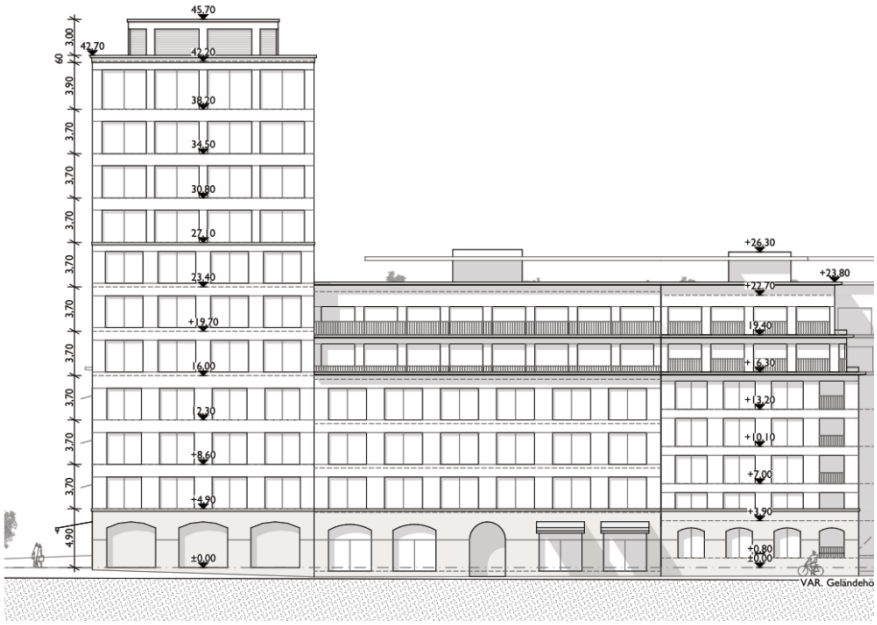
Geometrie- und Flächenoptimierung:

Das Fenster ist das „schlechteste“ Element hinsichtlich der energetischen Qualität und gleichzeitig das teuerste Bauteil der Gebäudehülle.

Im Winter führen große Fensterflächen zu höheren Wärmeverlusten, im Sommer zu erhöhtem Wärmeeintrag. Beides wirkt sich negativ auf die Energiebilanz und den Komfort aus.

Daher tragen optimierte Fensterflächen zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs, zur Reduzierung der Kühllast sowie zur Reduzierung der Bau- und Betriebskosten bei.

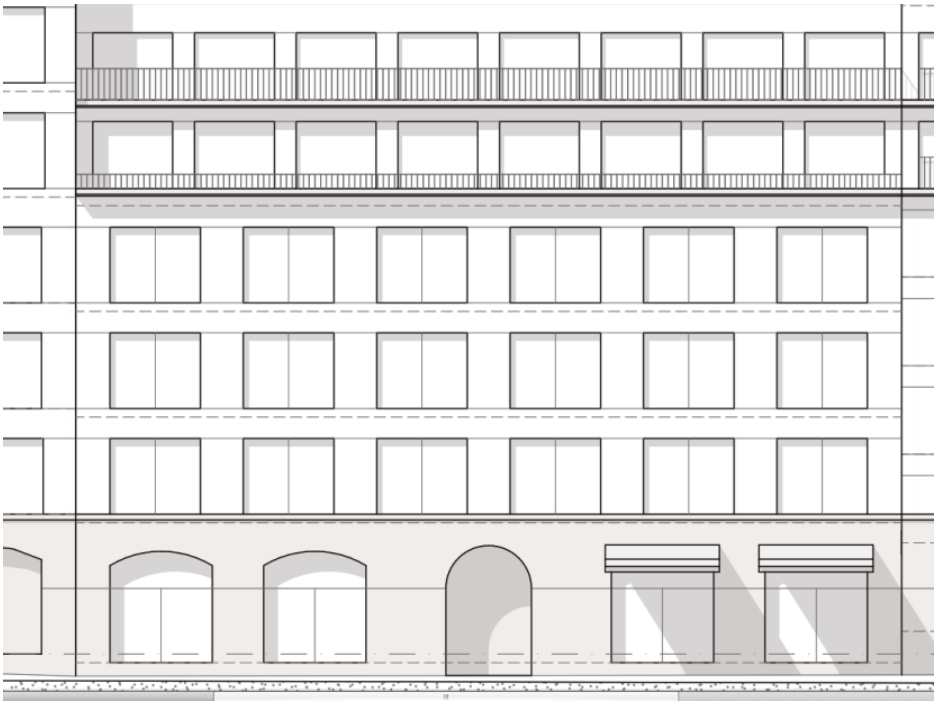
Natürlich haben Fenster auch die Funktion des solaren Wärmeeintrags, der Belichtung der Innenräume und der visuellen Verbindung zum Außenraum.
Daher ist ein ausgewogener Fensteranteil wichtig für die architektonische und energetische Qualität sowie für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes.



Auszug aus Gesamtansicht Nordfassade MK-WA3 (Quelle: Gestaltungsleitfaden Rapp + Rapp)

Der Fensteranteil der Fassaden liegt im vorliegenden Konzept bei ca. 40%. (in den oberen Geschossen etwas höher, im EG etwas niedriger)

Dies liegt im oberen Bereich des energetisch empfehlenswerten Fensteranteils, ist aber noch im Rahmen einer sinnvollen Fassadenaufteilung



Auszug aus Gesamtansicht Nordfassade MK-WA3 (Quelle: Gestaltungsleitfaden Rapp + Rapp)

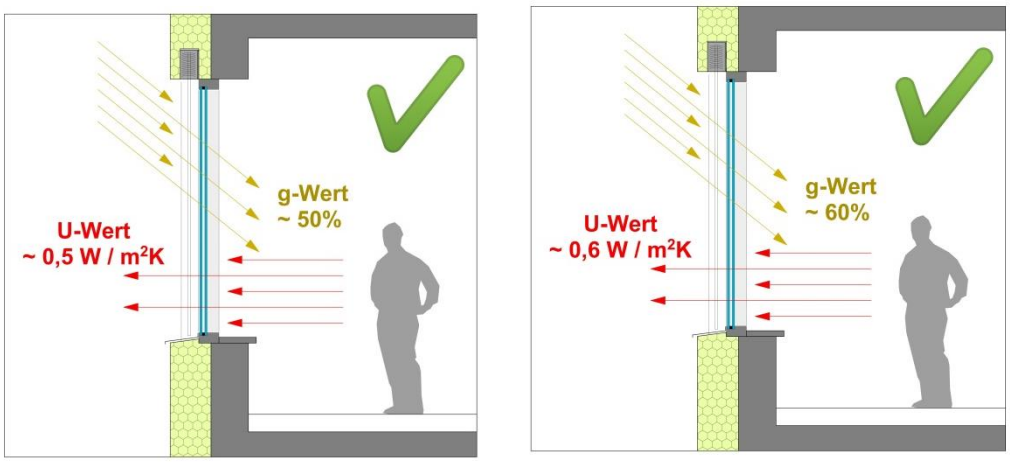
Bei großem Verglasungsanteil ist es besonders wichtig auf die Qualitäten der Gläser und Rahmen zu achten und vor allem einen effizienten Sonnenschutz umzusetzen

U-Wert und g-Wert der Verglasung:

Gerade bei großen Fensterflächen ist für den winterlichen Wärmeschutz auf einen besonders niedrigen U-Wert zu achten.

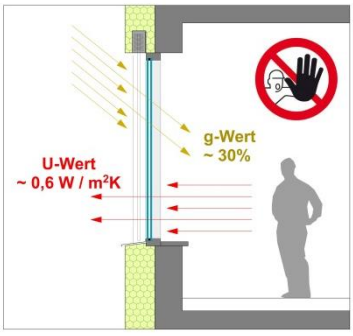
Der U-Wert bemisst die Wärmeverluste nach außen.
Der g-Wert bemisst dem Wärmeeintrag von außen.

Daher sollten hier 3-fach Verglasungen mit U-Werten von 0,5 -0,6 W/m²K eingesetzt werden. Der g-Wert sollte bei 50-60% liegen



Illustrationen U-Wert / g-Wert (Quelle: ING+ARCH)

Für den sommerlichen Wärmeschutz ist ein niedriger g-Wert von Vorteil. Er sollte aber nicht „künstlich“ herabgesetzt werden (z.B. durch Sonnenschutzverglasung), da sich dies negativ auf die winterliche Wärmebilanz auswirkt.



Nicht empfehlenswert

Für die geplante Fassadenaufteilung mit dem relativ hohen Verglasungsanteil ist folgende Kombination zu empfehlen:

U-Wert:	**~ 0,5 W/m²K**
g- Wert:	**~ 50%**

Insbesondere für die Ost- und Westorientierungen ist hier auf einen effizienten Sonnenschutz zu achten!

Rahmen-U-Werte und Rahmenanteil:

Der Rahmen ist wiederum das teuerste Bauteil des Fensters. Er hat die höchsten Wärmeverluste. Auch trägt er nicht zu Belichtung bzw. zum Wärmeeintrag bei. Der Rahmenanteil sollte daher möglichst gering sein.

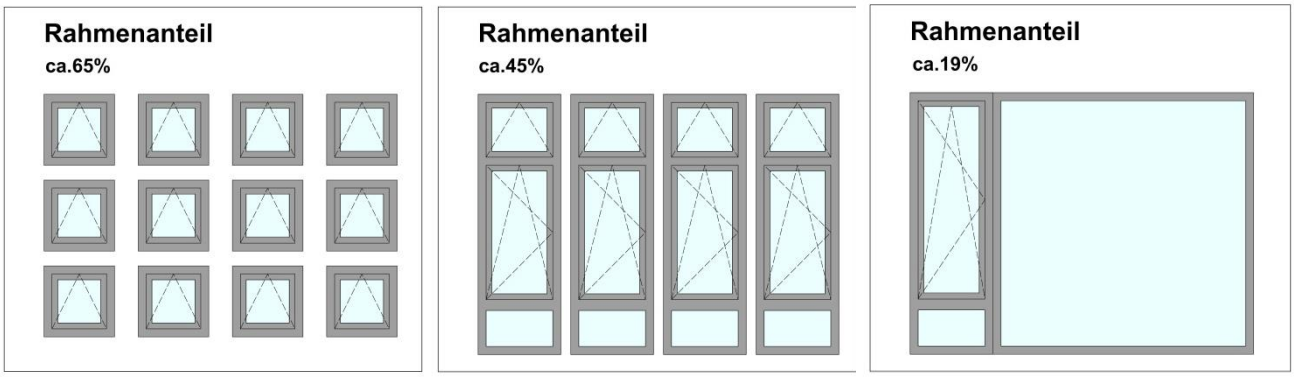


Illustration beispielhafter Rahmenanteile (Quelle: ING+ARCH)

Bei optimierter Fenstergeometrie kann der Rahmenanteil, wie hier im Beispiel, von 65% auf 19 % gesenkt werden. (bei gleicher Fensterfläche).

Dies verbessert die Energiebilanz und trägt erheblich zur Kostensenkung bei.

Der Rahmen U-Wert sollte im Bereich von 0,8 - 1,0 W/m²K liegen.

Hier liegt großes Einsparpotential bei der weiteren wirtschaftlichen Optimierung der Gebäudehülle.

Randverbund und Einbausituation:

Der Randverbund ist das „schwächste“ thermische Glied der Verglasung. Häufig wird hier noch Aluminium eingesetzt, obwohl es sehr viel bessere Materialien gibt (wie z.B. Kunststoffe oder Edelstahl.)
Die Kosten dieses Bauteils sind gering, können sich aber auf den Gesamt-U-Wert des Fensters erheblich auswirken.

Auch reduziert ein optimierter Glasrandverbund das Risiko der Kondensation an den Schreibenrändern im Winter.

Psi -Wert des Randverbundes < 0,03 W/mK

Einbausituation:

Ebenso wichtig ist die Optimierung der Einbausituation des Fensters. Bei optimierter Bauweise sitzt das Fenster in der Dämmebene und der Rahmen wird weitgehend überdämmt.
Dies verbessert weiter die Effizienz des Fensters

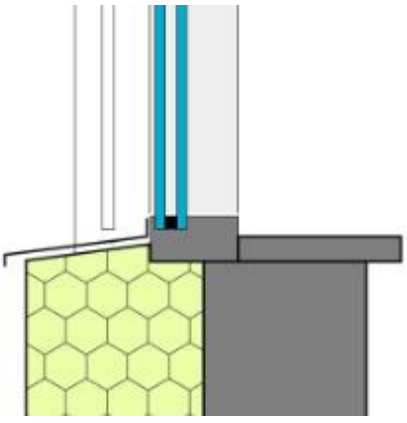


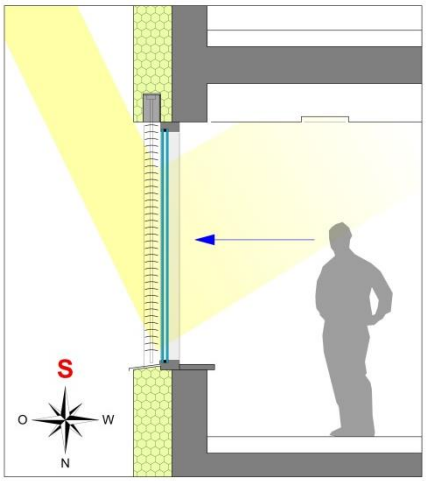
Illustration Fensterposition (Quelle: ING+ARCH)

Sonnenschutz:

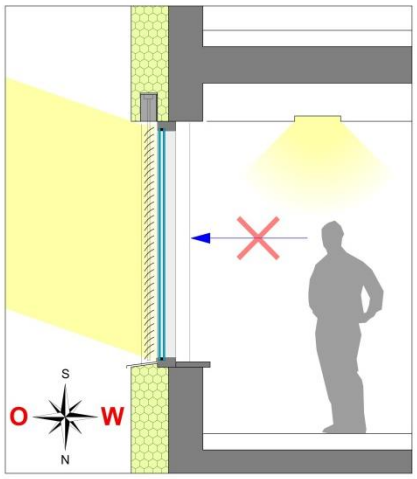
Bei großen Verglasungsflächen ist auf einen effizienten Sonnenschutz zu achten.

Sehr effizient geschieht dies durch einen außenliegenden Raffstore mit drehbaren Lamellen.

Vor allem bei Süd-orientierten Fenstern funktioniert dies sehr gut, da die Sichtverbindung nach außen nicht unterbrochen wird und ausreichend Tageslicht in den Innenraum gelangt.

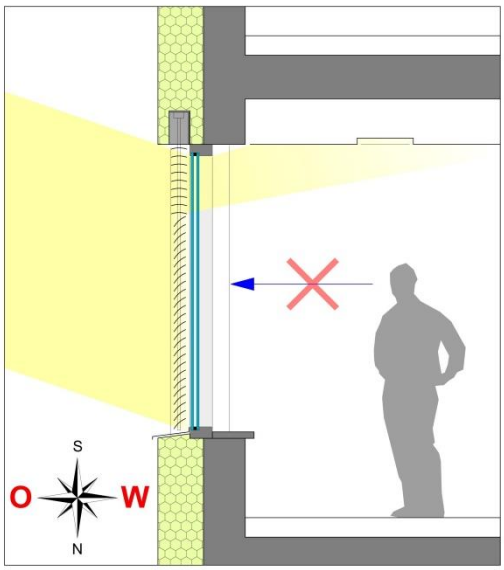


Süd-Orientierung (Quelle: ING+ARCH



Ost- West- Orientierung (Quelle: ING+ARCH)

Problematisch sind Ost- und West- orientierte Fenster, da hier die Sonne tiefer steht und die Lamellen geschlossen werden müssen. Oft gelangt dann nicht mehr genug Tageslicht in die Räume und das Kunstlicht wird eingeschaltet. Diese erhöht den Stromverbrauch und damit die internen Wärmelasten.



Raffstore mit Lichtlenkfunktion im oberen Bereich (Quelle: ING+ARCH)

Raffstores mit Lichtlenkfunktion, bei denen der obere Teil separat geregelt werden kann, verbessern hier erheblich die Tageslichausbeute bei gleichzeitig wirksamem Sonnenschutz.

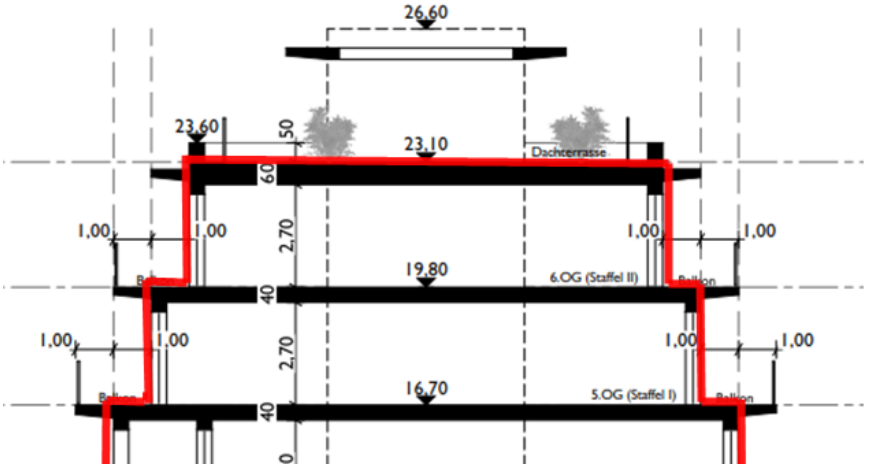
Diese Funktion ist ohne zusätzliche Motoren verfügbar und die Mehrkosten sind marginal.

6.1.3 Dächer

Für die Dachflächen gelten ähnliche Empfehlungen wie für die Außenwände. Für die Umsetzung der Variante 3 liegen auch hier die Dämmstoffstärken je nach Material bei 20-26 cm.

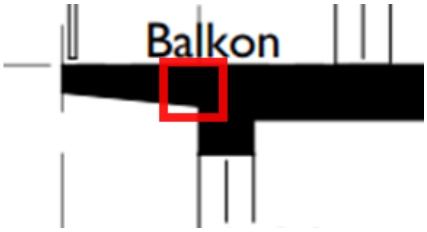
U-Wert Dach < 0,15 W/m²K

Durch die zurückspringen Dachgeschosse entstehen besondere Herausforderungen bei der Detailplanung.

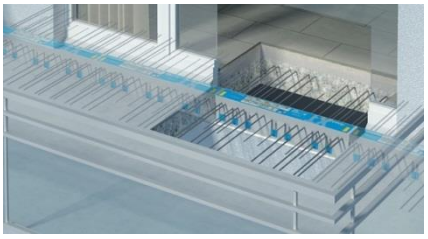


Prinzipschnitt (Quelle: Rapp + Rapp)

Die Kontur der beheizten Gebäudehülle (hier in rot dargestellt) zeigt auf, dass die auskragenden Balkone die gedämmte Hülle durchdringen und eine thermische Trennung erfordern. Hierfür sind optimierte thermisch getrennte Konsolen mit erhöhter Dammstoffstärke auf dem Markt verfügbar.



Auszug Schnitt (Quelle: Rapp + Rapp)

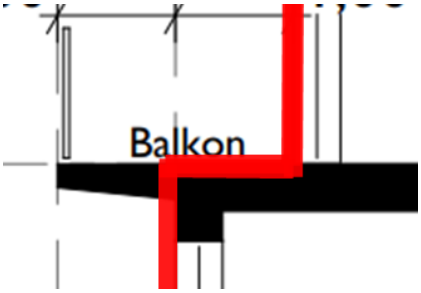


(Quelle: Schöck Bauteile GmbH)

Auch die Dämmung der zurückspringenden Dachfläche im Anschluss an den auskragenden Balkon erfordert sorgfältige Planung. Um einen stufenlosen Austritt auf den Balkon zur ermöglichen und die Dachfläche ausreihend stark (ca. 20 cm) zu dämmen, sollte dieses Detail spätestens in der Entwurfsplanung gelöst werden.

Da dieses Detail ein Regeldetail darstellt und pro Meter Gebäudelänge 4 laufende Meter dieses Details entstehen, sollte eine technisch und thermisch optimierte Lösung möglichst schon in der Leistungsphase 2 gefunden werden.

Dies hat ggf. Auswirkungen auf den Innenraum im darunterliegenden Geschoß oder bringt evtl. eine Stufe am Austritt mit sich.



Auszug Schnitt (Quelle: Rapp + Rapp)

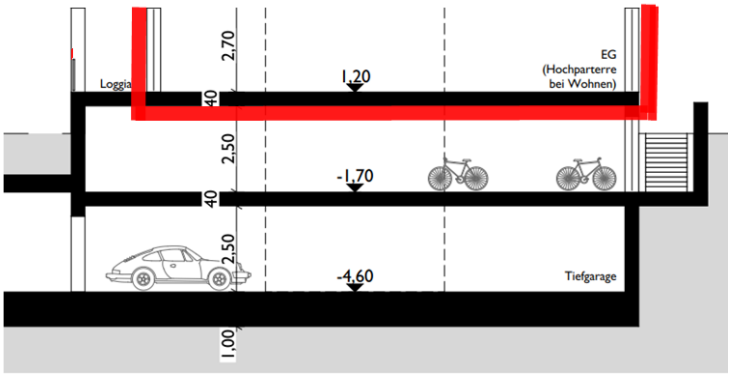
6.1.4 Bodenplatte / Kellerdecke

Der Übergang vom beheizen Gebäude zum unbeheizten Keller bzw. Tiefgarage erfordert eine sorgfältige Planung.

Hier sind durch die hohen statischen Lasten der Obergeschosse wärmebrücken-freie Lösungen i.d.R. nicht möglich. Allerdings lassen sich praktikable wärmebrücken-reduzierte Lösungen finden.

Diese sollten aber bereits im Vorentwurf (LP2) gelöst werden, da sie erheblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis und die Kosten haben können.

Je früher diese Detailpunkte gelöst werden und in die weitere Planung integriert werden, umso effizienter und kostengünstiger kann die Lösung gestaltet werden.



Auszug Schnitt (Quelle: Rapp + Rapp)

Auch hier sollten U-Werte von 0,15 W/m²K angesetzt werden.

6.1.5 Wärmebrücken

Je besser die Gebäudehülle gedämmt ist, umso großer ist der Einfluss der Wärmebrücken.

Allerdings ist es bei einem großen kompakten Gebäude leichter eine wärmbrückenfreie Konstruktion zu realisieren, da große Gebäude hier etwas „toleranter“ sind.

Bei der Umsetzung der Optimierten Variante 3 spielt die Vermeidung von Wärmebrücken eine wichtige Rolle.

Je früher die kritischen Wärmebrücken betrachtet werden, umso leichter können hier kostengünstige und praktikable Lösungen gefunden werden.

Die wesentlichen Wärmebrücken sind bereits im Vorentwurf leicht erkennbar sollten auch in dieser Leistungsphase gelöst, oder noch besser durch geschickte Anpassungen vermieden werden.

Hier liegt großes Potential zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Wirtschaftlichkeit

6.2 Anlagentechnische Komponenten

Der Einfluss der Analgentechnik ist geringer als der der Gebäudehülle. Jedoch gehört zur Gesamteffizienz auch eine optimierte, auf die Besonderheiten des Objektes abgestimmte Anlagentechnik.

6.2.1 Beheizung und Heizwärmeverteilung

Die Art der Beheizung hat auf den Wärmebedarf des Gebäudes keinen großen Einfluss.

Allerdings kann abhängig von der Wärmeerzeugung ein Niedertemperatur-System wie z.B. Fußbodenheizung oder Betonkerntemperierung vorteilhaft sein. Insbesondere beim Einsatz von Wärmepumpen sind solche Systeme besonders effizient.

Beim Einsatz von Fernwärme spielt das Temperaturniveau im Heizungssystem keine signifikante Rolle.

Als Heizverteilsystem können daher auch konventionelle Heizkörper eingesetzt werden. (bei Fernwärme).

Alternativ könnte aber auch eine Betonkerntemperierung eine kosteneffiziente Art der Wärmeverteilung darstellen. Über diese Variante kann ohne signifikante Mehrkosten auch eine komfortable und effiziente Kühlung realisiert werden.

Die Option einer Betonkerntemperierung sollte weiter untersucht werden

6.2.2 Kühlung

Der Kühlbedarf hängt sehr stark von der jeweiligen konkreten Nutzung ab. Ohne eine spezifische Nutzungsfestlegung kann noch keine Aussage zum Kühllast getroffen werden.

In den Abschätzungen wurde daher keine Kühllast angesetzt.

Aktuelle Situation:

In der heutigen klimatischen Situation kann in unseren Breiten i.d.R. auf eine aktive Kühlung verzichtet werden. Durch die Kombination von passiven Maßnahmen kann der sommerliche Komfort trotzdem gewährleitet werden.

Passive Maßnahmen sind:

- Außenliegender Sonnenschutz mit Lichtlenkung
- Optimierte Verglasungsanteile (nicht zu große Fenster)
- Freie Nachtlüftung (von allem bei Wohnnutzung)
- Aktivierung der Speichermasse (z.B. keine abgehängten Decken)

Zukünftige Situation:

Durch den bereits spürbaren Klimawandel sind längere Hitzeperioden zu erwarten und der Kühlbedarf kann den nächsten Jahren stark ansteigen.

Bereits jetzt werden in zahlreichen Wohngebäuden Splitgeräte zur Kühlung installiert. Diese sind weder energetisch, gesundheitlich, noch ästhetisch wünschenswerte Lösungen.
In der Gesamtbetrachtung sollte daher im Sinne einer nachhaltigen Planung zumindest die Option einer Kühlung angedacht werden.
Die Kühlung sollte dann allerdings von Anfang an als möglichst effiziente und klimaneutrale Systemlösung gedacht werden.

Hier würde sich die Betonkerntemperierung (BKT) als Wärme- und Kälteverteilsystem sehr gut eignen, da hier ohne größere Mehrkosten eine zukunftsfähige Option zur Kühlung entsteht.

(Kälte-Erzeugung siehe 8.3 ff.)

6.2.3 Lüftung mit und ohne WRG

In jedem Falle sollte eine Lüftungsanlage in allen Nutzungseinheiten (Wohnungs- sowie Nicht-Wohnungsnutzung) vorgesehen werden.

Diese wurde auch in allen Varianten berücksichtigt. Lediglich in der Variante 3 wurde eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) angesetzt.

Eine Abluftanlage führt zu keiner energetischen Verbesserung, sorgt aber für den hygienisch notwendigen Luftwechsel und verhindert damit zuverlässig Schimmelbildung

Eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung trägt erheblich zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs bei und ist damit wichtiger Bestandteil der Optimierten Variante 3. Die Wärmerückgewinnung kann bis zu 90% betragen.

Die Lüftung mit WRG ist deutlich aufwendiger, da hier auch Leitungen für die Zuluft, sowie ein Lüftungsgerät mit Wärmetauscher erforderlich sind. Die Lüftung kann zentral, wohnungsweise oder raumweise erfolgen.

Bei Neubauten ist die zentrale oder wohnungsweise Versorgung i.d.R. sinnvoll. Raumweise Lüftung mit WRG kommt eher in der Sanierung zum Einsatz

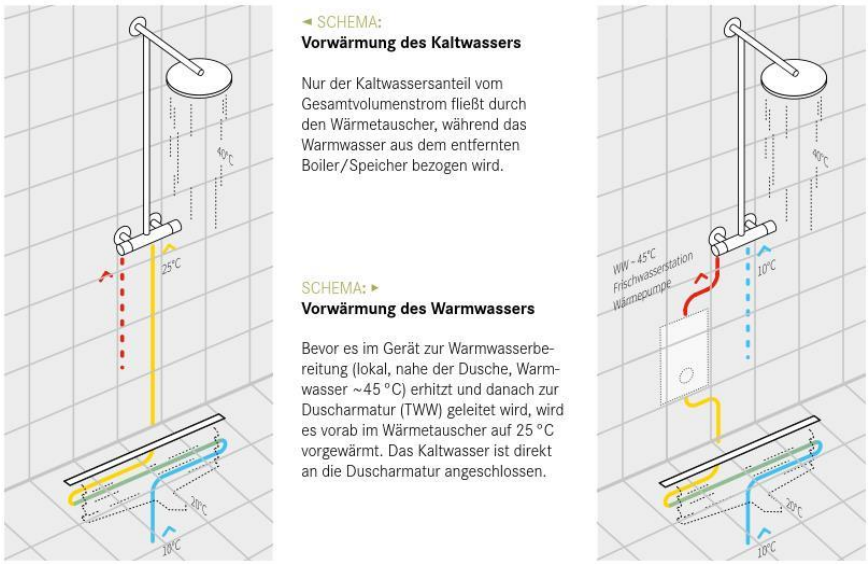
Lüftung mit WRG sollte bereits im Vorentwurf eingeplant werden

6.2.4 Warmwasserversorgung

Der Warmwasserbedarf ist im Wesentlichen von der Art der Nutzung (z.B. Wohnnutzung) und dem Benutzerverhalten abhängig. Die Anlagentechnik kann hier allerdings zur Verbesserung der Effizienz beitragen.

Folgende Aspekte sollten berücksichtigt werden:

- Erhöhte Dämmung der Zirkulationsleitungen
  (Richtwert: Dämmstoffstärke = 2x Rohdurchmesser)
- Kurze Zirkulationsleitungen, reduzierte Leitungsdurchmesser
- Stromeffiziente Pumpen
- Niedrige Wassertemperaturen z.B. durch den Einsatz von Frischwasserstationen oder Ultrafiltration. Dies bringt auch erhebliche Vorteile bei der Hygiene (verringerte Legionellen-Gefahr und Verkalkung)
- Einsatz von wassersparenden Armaturen (für Duschen und Waschbecken), da diese ebenfalls den Warmwasserbedarf deutlich senken.
- Eine weitere Option bei der Wohnungsnutzung ist die Wärmerückgewinnung in den Duschen. Diese Technik ist einfach und effizient und hat sich in den letzten Jahren in der Praxis bewährt.



Duschwasser-Wärmerückgewinnung (Quelle: Franke.com)

6.2.5 Stromeffizienz

Hier ist der Verbrauch für den Betrieb des Gebäudes (Hilfsstrom) vom Stromverbrauch durch den Nutzer zu unterscheiden.

Die oben aufgeführten Maßnahmen zur Optimierung des Energiebedarfs für das Quartier lassen sich ebenso auf eine gewerbliche Nutzung übertragen." – Können Sie so etwas mit aufnehmen

Auf den Nutzerstromverbrauch hat der Errichter des Gebäudes relativ wenig Einfluss. Allerdings kann durch Information und Aufklärung das Bewusstsein der Nutzer geschärft und damit der Verbrauch gesenkt werden. In Variante 3 wurde davon ausgegangen, dass der Stromverbrauch durch die Nutzer um ca, 10% reduziert werden kann (Effizienzfaktor 0,9).

Der Hilfsstrom hängt stark von der Effizienz der eingesetzten Pumpen für WW und Heizung ab. Hier zahlt sich der Einsatz von hocheffizienten Pumpen aus, auch wenn diese in der Anschaffung etwas teurer sind.

Auch ist der Hilfsstrom für die Heizungspumpen umso geringer, je geringer der Wärmebedarf für die Beheizung des Gebäudes ist.

7 Potential zur Nutzung regenerativer Energien

Die örtlichen Gegebenheiten zur Nutzung regenerativer Energien wurden untersucht und bewertet.

Auf dem Gelände sind zwar verschiedene Nutzungen regenerativer Energien denkbar, jedoch deren Nutzung durch die Verfügbarkeit der sehr effizienten Fernwärme nicht zielführend.

Auf eine weitere Betrachtung von Biomasse-Nutzung wird daher verzichtet.

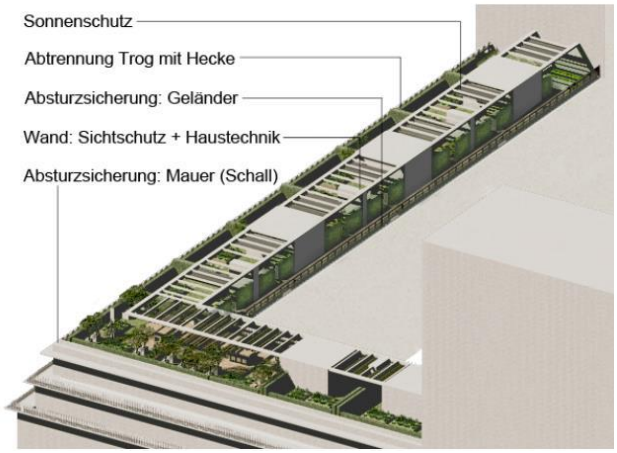
Die Nutzung der Photovoltaik sowie der vorhandenen geologischen Gegebenheiten zur Kühlung (Brunnen) soll jedoch im Weiteren noch betrachtet werden.

7.1 Nutzung der Dachflächen für Photovoltaik

Wie bereits unter 4.4 beschrieben, stehen nur Teile der Dachflächen für eine PV Nutzung zur Verfügung, da hier zwischen konkurrierenden Nutzungen abgewogen werden muss.

Aus energetischer Sicht wäre eine Vollbelegung der Dachflächen mit PV zwar wünschenswert, steht aber im Konflikt mit den andern, ebenfalls wertvollen Nutzungen.

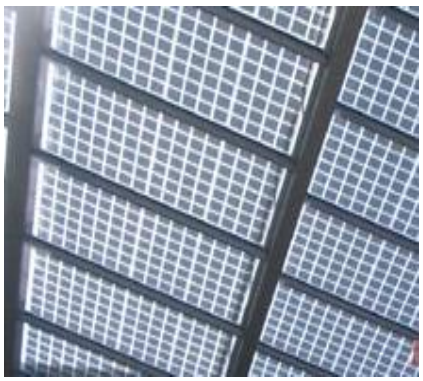
Die vorgeschlagene Ausgestaltung der Dachflächen stellt einen guten Kompromiss zwischen den Nutzungsoptionen dar.



Auszug aus Gestaltungsleitfaden (Quelle: Lützow 7 Müller Wehberg)

Die Dächer der Treppenhäuser eignen sich gut für eine PV Belegung mit kostengünstigen Standardmodulen.

Die Pergolen könnten mit Semi-transparenten PV-Modulen belegt werden Diese sind nicht westlich teurer als eine ggf. ohnehin erforderliche VSG-Sicherheitsverglasung für „überkopf“ Anwendungen.



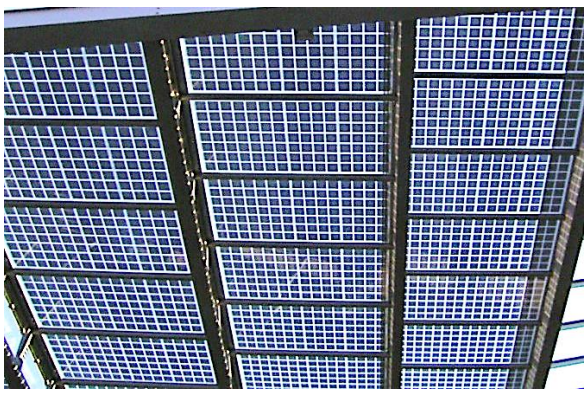


Illustration semitransparente PV-Module (Quelle: ING+ARCH)

Die Dächer der 13-geschossigen Türme könnten vollflächig mit PV belegt werden. Ebenso das Dach des SO-Studentenwohnheims.

Auszug aus Gestaltungsleitfaden (Quelle: Lützow 7 Müller Wehberg)

Gerade bei den Türmen wäre zu prüfen ob eine Begrünung in dieser Höhe noch nennenswerte Auswirkungen auf das Mikroklima hat. Hier scheint der Nutzen der PV zu überwiegen.

Auch eine Kombination aus Begrünung und PV ist möglich

Illustration PV mit Gründach; süd-orientiert (Quelle: Bauder AG)

Da auf den Dächern mit starken Windlasten zu rechnen ist und PV Module inzwischen so kostengünstig sind, sollte statt der klassischen Süd-Orientierung eine Ost-West Orientierung vorgezogen werden

Vorteile:

- Geringere Angriffsfläche für Wind
- Höhere Belegungsdichte, damit mehr Ertrag
- Bessere zeitliche Verteilung des Ertrags über den Tagesgang.
- Damit kann ggf. auf teure Stromspeicher verzichtet werden
- Kombination mit Begrünung trotzdem möglich

Illustration PV mit Gründach; ost-west-orientiert (Quelle: Enerix Solar)

Abschätzung zur PV Nutzung:

Für die Abschätzung des möglichen PV-Stromertrags werden folgende Annahmen getroffen.
Im weiteren Projektverlauf sind diese zu überprüfen und genauer zu ermitteln. Hier geht es zunächst nur um eine grobe Abschätzung der Größenordnung des möglichen Ertrags im Verhältnis zum zu erwartenden Bedarf.

Potential der PV Nutzung	Fläche	Belegungsgrad	Potentielle Leistung kW_{peak}
Dachgärten	14.000 m²	~ 15 %	~ 400 kW_{peak}
Hochhäuser	4.000 m²	~ 50%	~ 350 kW_{peak}
Dach Studentenwohnh.	1.800 m²	~ 50%	~ 150 kW_{peak}
Sonstige Flächen*	80.000 m²	~ 0,01%	~ 100 kW_{peak}
Summe PV Potential			**~ 1.000 kW_{peak}**

* PV in Freiflächen z.B. Überdachungen von Freiflächen, Spielplatz, Mülltonnen, Fahrradstellplätze etc.

Darüber hinaus möglich wären:

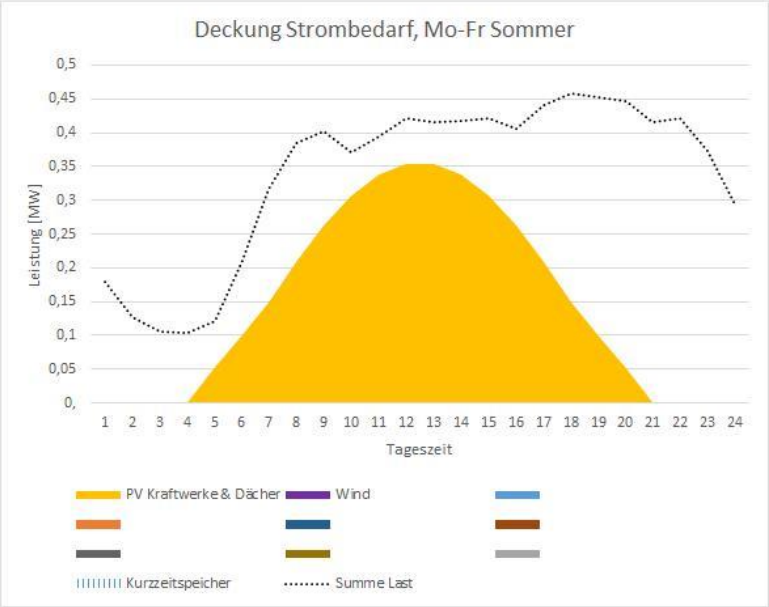
- Fassadenmodule, (bei hinterlüfteten Fassade)
- Balkonmodule, integriert in Balkongeländer

Illustration Geländer und Fassade mit PV (Quelle: ING+ARCH)

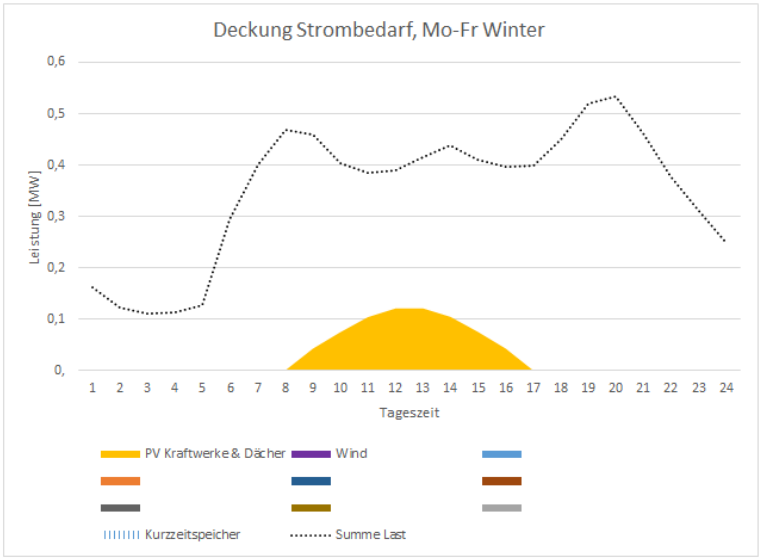
Abschätzung Deckungsanteil PV

Mit der abgeschätzten PV–Anlage könnte ein Jahresertrag von ca. 670 MWh erziehlt werden und damit der Stromverbrauch entsprechend kompensiert werden.
Der PV Ertrag würde etwa 20% des zu erwartenden Strombedarfs des Quartiers decken.

Die Lastkurve zeigt, dass auch im Sommer der gesamte Ertrag innerhalb des Areals als Eigenverbrauch genutzt werden kann.



(Quelle: ING+ARCH)



(Quelle: ING+ARCH)

Die aktuellen Verordnungen und Gesetze bieten allerdings zurzeit keine günstigen Bedingungen für die Vermarktung des PV-Stroms.

Eine Überarbeitung des Mieterstromgesetzes könnte die Situation deutlich verbessern.

In jedem Fall kann der Strom zur Deckung des Hilfs- und Allgemein-Stroms des Quartiers schon heute wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden. Hier wäre aber die Ergänzung von Stromspeichern erforderlich um den Deckungsanteil zu erhöhen.

Eine weitere Option wäre es den PV-Strom zur Warmwasser-Erzeugung und zur Kühlung effizient einzusetzen. (siehe 8.3)

7.2 Bewertung des Potentials anderer regenerativer Quellen

Als weiter Quelle regenerativer Energie wäre die Nutzung der geologischen Gegebenheiten denkbar. Im einem der Bestandsgebäude wurde Grundwasser zur Kühlung eingesetzt. Es erscheint daher möglich dies ggf. auch für die neue Bebauung einzusetzen. In der weiteren Planung wäre zu prüfen, ob dies über Brunnen oder Erdsonden erfolgen kann.
Diese Ressource ließe sich im Sommer zur Kühlung einsetzen. Dies setzt aber eine effiziente Verteilung, wie z.B. die zuvor beschriebene Betonkerntemperierung voraus.

Im Winter wären dies als Wärmequelle für eine Wärmepumpe geeignet. Dies müsste gegen eine Fernwärmenutzung abgewägt werden.

8 Energetische Versorgungskonzepte

Die Fernwärme bzw. Nahwärmeversorgung ist im urbanen Raum die sinnvollste Versorgungsvariante mit dem höchsten Entwicklungspotenzial in Richtung CO_2 Neutralität.

Eine CO2 neutrale Versorgung auf Quartiersebene ist zwar auch mit Biomasse (z.B. Hackschnitzel) denkbar, aber im urbanen Raum durch das Heranschaffen des Brennstoffs sowie der lokalen Emissionen problematisch. Auch ist Biomasse zwar CO_2 neutral aber nicht zwingend nachhaltig.

Der Anschluss an das Münchner Fernwärmenetz bietet hier die sinnvollste Option zur Versorgung des Quartiers mit Wärme.

Insbesondere, da die Umstellung auf eine CO_2 Neutrale Wärmeerzeugung bereits geplant und in der Umsetzung ist.

So wird der CO2 Ausstoß des Quartieres Im Wärmesektor über die nächsten Jahre kontinuierlich sinken und CO_2-Neutralität erreicht werden.

8.1 Ausschließliche Wärmeversorgung mit Fernwärme

Die ausschließliche Nutzung der Fernwärme für die Heizung sowie für die Warmwasserbereitung ist die technisch einfachste Variante.

Durch den sehr günstigen CO_2 Faktor der Münchner Fernwärme ist diese Variante sehr empfehlenswert. Vor allem durch den geplanten Entwicklungspfad der Münchner Fernwärme zur CO_2 Neutralität ist dies eine sehr günstige Lösung.

Lediglich der erforderliche Kühlbedarf kann hierüber nicht gedeckt werden. Daher sollte die Kombination mit anderen Maßnahmen geprüft werden.

8.2 **Fernwärme und passive Brunnenwassernutzung**

Die Grundwasser- oder Sondennutzung könnte durchaus sinnvoll in das Energiekonzept integriert werden. Zum einen können Sie direkt zur passiven Kühlung verwendet werden, was auch wieder für die Nutzung einer Betonkern-Temperierung/Kühlung sprechen würde.

Hierzu ist der zu erwartende Kühlbedarf genauer zu untersuchen sowie die potentielle Kühlleistung der Brunnen zu ermitteln.

8.3 **Fernwärme mit Wärmepumpe und Brunnenwassernutzung**

Eine weitere Option ist die Kombination von Fernwärme und Wärmepumpe mit Brunnenwassernutzung.

In dieser Variante könnte die Wärmpumpe im Sommer mit eigenem PV Strom betrieben werden und die Brunnen als Wärmesenke verwenden.
Hiermit wären wesentlich höhere Kühllasten abzudecken als bei einer rein passiven Kühlung.

Über den Einsatz der BKT könnte auch in den Wohnungen sehr kostengünstig und CO_2-neutral eine Kühloption angeboten werden.

Dabei konnte der PV-Strom ohne kompliziertes Mieterstrommodell wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt und vermarktet werden.

Ferner könnte als „Abfallprodukt„ die Abwärme der Kühlung zur Warmwasserbereitung verwendet werden. Hiermit können die Nebenkosten für die Bewohner weiter gesenkt werden. Das Warmwasser würde so im Sommerhalbjahr effizient und kostengünstig erzeugt werden.

Im Winter kann die Wärmepumpe unterstützend eingesetzt werden, um die Spitzenlast zu reduzieren und damit teure Anschlussleistung reduzieren.

Der Betrieb der WP könnte auch durch die Stadtwerke gesteuert werden und als Stromsenke bei Netzüberschüssen eingesetzt werden.

Weiter könnte mit den Stadtwerken die Optionen untersucht werden, das Areal am Rücklauf der Fernwärme anzuschließen, da beim Einsatz der BKT nur sehr niedrige Vorlauftemperaturen nötig sind.

Dies könnte zur Entlastung des Fernwärmenetzes beitragen und ggf Ausbaukosten vermeiden.

Die Temperaturanhebung für das Warmwasser könnte ggf. über die Wärmepumpe erfolgen.

Diese Variante sollte in der Planung weiter untersucht werden

9 Empfehlungen für weiter Schritte

9.1 Allgemeine Empfehlungen

Bei der weiteren Betrachtung sollten insbesondere die kritischen Stellen der Gebäudehülle frühzeitig analysiert werden.

Hierbei ist insbesondere die Staffelung der Terrassen zu berücksichtigen, da dies Auswirkungen auf die Konstruktion des Gebäudes hat.

Ebenso sind die Übergänge zu den unbeheizten Kellergeschossen wärmetechnisch frühzeitig zu optimieren. Hierbei sind insbesondere auch die Übergänge der Treppenhäuser zu betrachten.

Die Lüftung sollte frühzeitig in die Planung integriert werden, da sie Auswirkung auf die Grundrissgestaltung hat.

9.2 Weiterführende Bewertungen der Varianten

Im weiteren Projektverlauf sollten die Varianten mit den Stadtwerken sowie dem Umweltreferat abgestimmt werden.

Für die detaillierteren Betrachtung der Varianten sollten frühzeitig genauere Berechnungen ausgeführt werden.

Diese sollte unbedingt erfolgen bevor eine vertiefte Entwurfsplanung stattfindet. Insbesondere die Festlegung des energetischen Standards sowie die Betrachtung der Wärmebrücken sollte bereits im Vorentwurf erfolgen.

9.3 **Workshops mit den Stakeholdern**

Es hat sich gezeigt, dass die Durchführung von Workshops mit den verantwortlichen Planern zu einem frühen Zeitpunkt im Projekt sehr hilfreich ist und zu sehr guten Ergebnissen führt.

Hierbei sollten insbesondere die kritischen Punkte im Bereich der Wärmebrücken angesprochen werden und die verschiedenen Lösungsfade im Bereich der Anlagentechnik diskutiert werden.

Dies sollte bereits in der Vorentwurfsphase begonnen werden und bis in Werkplanung fortgeführt werden.

9.4 **Energetische Projektsteuerung und Projektbegleitung**

Im Idealfall könnte eine energetische Projektsteuerung zur Projekt-Begleitung eingesetzt werden.

Diese würde eine regelmäßige Begutachtung des Planungsstandes vornehmen und das Projekt in allen Leistungsphase bis zur Fertigstellung begleiten.

So könnte der Projektablauf effizient gestaltet werden, nachträgliche Änderungen der Planung vermieden werden und ein energie- und kosteneffizientes Gesamtergebnis erzielt werden.