

Gutachten

# Energieeffiziente Bauleitplanung



- Grundlagen
- Planungsleitfaden
- Sicherung energieeffizienter Bauleitplanung

**Sachstand:**

Baukosten: 1/2006

Förderbedingungen: Oktober 2007

Energiepreise: Oktober 2007

Gesetzliche Grundlagen: Dezember 2007

Zinsen: Oktober 2007

**Autor:**

Dr.-Ing. Peter Goretzki

GOSOL - Solarbüro für energieeffiziente Stadtplanung

D-70619 Stuttgart, Zinsholzstraße 11,

Tel. (0711) 473994, info@gosol.de

Stuttgart, den 12. Oktober 2007 / Endfassung April 2008

© 2007 Dr. Peter Goretzki

Alle Rechte vorbehalten.

Alle Abbildungen und Texte sind urheberrechtlich geschütztes Eigentum des Autors.

Jede Verwendung oder Vervielfältigung ist nur mit schriftlicher Zustimmung des Autors zulässig.

**Auftraggeber:**

Landeshauptstadt Erfurt,

Stadtverwaltung

Stadtplanungsamt

Löberstraße 34

99096 Erfurt

<b>1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	<b>3</b>
1.1	Der Bebauungsplan - BauBG und BauNVO	3
1.2	Grundlagen des Wärmeumsatzes in Gebäuden	5
1.3	Gesetzliche Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz	6
1.3.1	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich	6
1.3.2	Mindestanforderung an den baulichen Wärmeschutz nach EnEV 2007	7
1.3.2.1	Nutzfläche $A_N$	8
1.3.2.2	Orientierung und erforderlicher Wärmeschutz nach EnEV	10
1.3.2.3	Kompaktheit und Wärmeschutz nach EnEV	10
1.3.2.4	Heizungsanlage und Wärmeschutz nach EnEV	10
1.3.2.5	Heizungssystem und realer Primärenergiebedarf $Q_{P,real}$	12
1.4	Verbesserter baulicher Wärmeschutz - Niedrigenergiebauweisen	13
1.4.1	KfW 60	16
1.4.2	KfW 40	16
1.4.3	Passivhaus	17
1.5	Nutzung Regenerativer Energien	17
1.5.1	Passive Sonnenenergienutzung	17
1.5.2	Thermische Sonnenenergienutzung	19
1.5.3	Photovoltaik	22
1.5.4	Wärmepumpen	22
<b>2</b>	<b>Leitfaden für den städtebaulichen Entwurf</b>	<b>24</b>
2.1	Verminderung der Wärmeverluste	25
2.1.1	Gebäudevolumen $V_e$	26
2.1.2	Bauweise / Gebäudetypologie	26
2.1.3	Ausformung der Baukörper	26
2.1.3.1	Kleine Baukörpervolumina	27
2.1.3.2	Große Baukörpervolumina	27
	Länge der Baukörper	28
	Tiefe der Baukörper	28
	Anzahl der Geschosse	29
	Dachausformung	30
	Dachneigung und Firsthöhe	30
	Dachform	31
2.2	Wärmegewinne durch passive Sonnenenergienutzung	32
2.2.1	Ausrichtung der Gebäude	33
2.2.2	Gegenseitige Verschattung von Gebäuden	35
2.2.3	Verschattung durch Vegetation	36
2.2.3.1	Verschattung durch geschlossene Baumreihen	36
2.2.3.2	Verschattung durch Einzelbäume	37
2.2.4	Einfluss solarer Verluste auf den Heizwärmebedarf	38
2.3	Aktive Sonnenenergienutzung	39
2.3.1	Thermische Solar-Kollektoren zur Trinkwassererwärmung	39
2.3.2	Photovoltaische Stromerzeugung	41
2.3.3	Konflikte mit passiver Sonnenenergienutzung	41
2.3.4	Gestalterische Integration	42

2.4	Geothermie	43
2.5	Besonnung als Kriterium für die Wohnqualität und Behaglichkeit	44
2.5.1	Anforderungen an die Besonnungsdauer	44
2.5.2	Mindestbesonnungsdauer nach DIN 5034	44
2.5.3	Empirische Anforderungen an Besonnungsdauer und Besonnungszeitraum	45
2.5.4	Besonnungsdauer und Ausrichtung der Wohnungen	45
2.5.5	Energieeinstrahlung im Sommer / Überwärmung	46
2.5.5.1	Fenster ohne horizontale Verschattungselemente	46
2.5.5.2	Fenster mit horizontalen Verschattungselementen (Balkone)	47
2.6	Topographische Standortbedingungen	48
2.6.1	Topographieverschattung - Besonnung / Passive Sonnenenergienutzung	48
2.6.2	Wärmeverlust - Umgebungstemperatur	50
2.6.3	Wind	50
2.7	Wirkungszusammenhänge - Synergien	51
2.7.1	Höhe baulicher Anlagen (§18 BauNVO)	51
2.7.2	Dachform und Dachneigung (§ 83 ThürBO)	52
2.7.3	Grundflächenzahl GRZ (§19 BauNVO)	53
2.7.4	Anzahl der Vollgeschosse, Geschossflächenzahl (§20 BauNVO)	53
2.7.5	Überbaubare Grundstücksflächen (§ 9 (1), Nr.2 BauGB; § 23 BauNVO)	54
2.7.6	Stellung baulicher Anlagen (§ 9 (1), Nr.2 BauGB)	55
2.7.7	Erschließung und Grundstückszuschnitt	55
2.7.8	Bauweise (§9 (1), Nr.2 BauGB; §22 BauNVO)	57
2.7.9	Grünordnung ( § 9 (1) Nr. 25 BauGB )	57
2.7.9.1	Auswahl von Baumarten	57
2.7.9.2	Bäume in privaten Grünflächen - Pflanzgebote	58
2.7.9.4	Bäume als Sonnenschutz	59
2.7.9.5	Verschattung und CO <sub>2</sub> Bilanz	60
2.8	Einbindung energieeffizienter Stadtplanung in die Planungsphasen	60
2.8.1	Der städtebauliche Wettbewerb	60
2.8.2	Bebauungskonzept / Gestaltungsplan	61
2.8.3	Bebauungsplanentwurf / Rechtsplan	61
2.8.4	Methoden der solar+energetischen Optimierung	61
2.9	Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Verminderung des Wärmebedarfs und Nutzung erneuerbarer Energien	62
2.9.1	Thermische Solaranlagen	64
2.9.1.1	Förderung	64
2.9.1.2	Wirtschaftlichkeit	64
2.9.2	Niedrigenergiebauweise KfW 60	64
2.9.2.1	Förderung	64
2.9.2.2	Wirtschaftlichkeit	65
2.9.3	Niedrigenergiebauweise KfW 40 / Passivhausstandard	65
2.9.3.1	Förderung	65
2.9.3.2	Wirtschaftlichkeit	65
2.9.4	Photovoltaik	65
2.9.4.1	Förderung	65
2.9.4.2	Wirtschaftlichkeit	66
2.9.5	Solar+energetisch optimierte verbindliche Bauleitplanung	66
2.9.5.1	Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Stadtplanung:	67

<b>3</b>	<b>Sicherung und Durchsetzung energieeffizienter Stadtplanung</b>	<b>68</b>
3.1	Planungs- und bauordnungsrechtliche Festsetzungen - energieeffiziente Stadtplanung nach BauGB, BauNVO und BO	68
3.1.1	Energetisch relevante, anerkannte Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 BauGB	69
3.1.2	Strittige und unzulässige Festsetzungen nach § 9 Abs.1 BauGB	71
3.1.2.1	Anschlusszwang an leitungsgebundene Energieversorgung	72
3.1.2.2	Gebiete in denen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bestimmte Luft verunreinigende Stoffe nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen.	72
3.1.2.3	Einsatz erneuerbarer Energien	72
3.1.2.4	Bauliche und sonstige technische Vorkehrungen zur Vermeidung oder Minderung von schädlichen Umwelteinwirkungen	74
3.2	Städtebaulicher Vertrag § 11 BauGB	75
3.3	Vorhaben- und Erschließungsplan nach § 12 BauGB / Vorhabenbezogener Bebauungsplan	76
3.4	Privatrechtliche Verträge	76
3.5	Beispiele für mögliche energetische Vereinbarungen in städtebaulichem Vertrag, Vorhabenbezogenem Bebauungsplan und zivilrechtlichem Vertrag	77
3.5.1	Niedrigenergiebauweisen /Erhöhter Wärmeschutz:	77
3.5.2	Thermische Sonnenenergienutzung:	78
3.5.3	Solar+energetische Prüfung/Optimierung (Städtebaulicher Vertrag / VEP)	79
3.6	Umsetzung und Vollzug energieeffizienter Stadtplanung	80
3.6.1	Solar+energetische Bebauungsplanoptimierung	80
3.6.2	Energetische Anforderungen an Gebäude	81
3.7	Zusammenfassende Bewertung der Maßnahmen	82
<b>4</b>	<b>Projektbeispiel einer solar+ energetischen Optimierung</b>	<b>85</b>
	Methode	85
	Ausgangssituation	85
	Ausgangsvariante	85
	Optimierungsansatz	86
	Optimierungsergebnis	86
	Erhöhter Wärmeschutz und alternative Energieversorgung	88
	Kosten	88
<b>Quellen:</b>		<b>89</b>

## Einführung

In der Bundesrepublik Deutschland werden etwa 36% des Endenergieverbrauchs für die Beheizung von Gebäuden aufgewandt. Dieser Verbrauchsbereich wird wesentlich durch gesetzliche Anforderungen, städtebauliche Vorgaben und die architektonische Umsetzung mitbestimmt.

Seit den 60er Jahren konnte durch stufenweise verschärfte Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz - je nach Gebäudetyp - der Heizwärmebedarf von Neubauten von 200 bis 300 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> auf heute 60 bis 120 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> vermindert werden.

Durch den verringerten Heizwärmebedarf steigerte sich gleichzeitig der "Solare Heizungsbeitrag" der bei jedem Gebäude vorhandenen, kostenlosen Solargewinne der Fenster - günstige Vorgaben des Bebauungsplans vorausgesetzt - von etwa 10%-15% in den 60ern auf heute 20%-35%.

Damit gewannen neben den Gebäudeabmessungen nun auch zunehmend die Besonnungsvoraussetzungen einen wesentlichen Einfluß auf den Heizwärmebedarf der Gebäude.

Nach Planung der Bundesregierung sollen die Auflagen an die Energieeffizienz in zwei Stufen weiter erhöht werden. In den Jahren 2008 und 2012 ist geplant die Anforderungen an effiziente Heiz- und Dämmtechnologien um weitere 30% gegenüber der Energieeinsparverordnung von 2002, welche materiell im Wesentlichen bis heute gültig ist, zu verschärfen.

Das geplante Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz soll zudem in Neubauten einen Anteil von 15% regenerativer Wärmegewinnung vorschreiben.

Das vorliegende Gutachten soll der Stadt Erfurt planungsrechtliche und technische Hilfestellungen für energieeffiziente und solargerechte Bauleitplanung geben. Der Schwerpunkt liegt auf den kommunalen Steuerungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen.

## Gliederung

Im **Kapitel 1**, dem **Grundlagenteil** werden die energetischen, technischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Energiebilanz, aktiver und passiver Sonnenenergienutzung, der Anforderungen an den Wärmeschutz und technischer Gebäudeausrüstung sowie deren Zusammenwirken erläutert.

Als **Kapitel 2** verdeutlicht der **Leitfaden für den städtebaulichen Entwurf** die Wirkungen singulärer städtebaulicher Entwurfparameter auf den Primärenergiebedarf von Gebäuden sowie die Synergieeffekte energieeffizienter Stadtplanung.

Das **3. Kapitel Sicherung und Durchsetzung energieeffizienter Stadtplanung** zeigt die planungs- und bauordnungsrechtlichen Instrumente zur Beeinflussung des Primärenergiebedarfs sowie die Möglichkeiten erweiterter solar+energetischer Festsetzungen in Verträgen auch anhand von Beispielen auf.

Im **4. Kapitel** werden anhand eines **Beispiels** die Möglichkeiten einer solar+energetischen Optimierung dargestellt.

# Zusammenfassung

Das städtebauliche Konzept und dessen Ausformulierung durch den Bebauungsplan bestimmt, selbst bei vorgegebener Gebäudetypologie und Bebauungsdichte, den Energiebedarf von Neubaugebieten innerhalb einer Spannweite von bis zu 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr ( $\text{kWh/m}^2_{\text{WFA}}$ ). Zum Vergleich: Eine thermische Kollektoranlage erreicht  $7 \text{ kWh/m}^2_{\text{WFA}}$ .

Die Umsetzung energieeffizienter Stadtplanung erfordert keine besonderen Festsetzungen oder die rigide Südausrichtung aller Gebäude sondern die individuelle Überprüfung und Abstimmung der allgemeinen planungs- und bauordnungsrechtlichen Festsetzungen hinsichtlich ihrer energetischen Auswirkung.

Als Synergieeffekt energieeffizienter Stadtplanung können neben dem Bauland- und Erschließungsbedarf auch die Baukosten der Gebäude gesenkt und die Bebauungsdichte bei verbesserter Besonnungssituation erhöht werden.

Die Ausschöpfung des Potentials energieeffizienter Stadtplanung erfordert, einer statischen Berechnung vergleichbar, einen individuellen Optimierungsprozess der jeweiligen städtebaulichen Konzeption durch solar-energetische Computersimulation, welche den zulässigen Wärmeverlust sowie die aktiven und passiven Solargewinne entsprechend den städtebaulichen Vorgaben bilanziert und optimiert. Insbesondere die Abstimmung der Höhenentwicklung und Dachform ist einer der wesentlichsten Ansatzpunkte zur Heizenergieeinsparung.

Eine auf schematische Anwendung simpler solarenergetischer Faustregeln reduzierte „Optimierung“ ist aufgrund der komplexen Wechselwirkungen nicht möglich.

Die Wahl der effizienten Wärme- und Energieversorgung eines Planungsbereich, insbesondere mit Nah- oder Fernwärme reduziert darüber hinaus, auch bei identischen Baukörpern, den sich nach den Mindestanforderungen der EnEV maximal ergebenden Primärenergiebedarf innerhalb einer Spannweite von rund 20%. Im Rahmen kommunaler Satzungen kann hier ein Anschluss- und Nutzungszwang durchgesetzt werden.

Weitergehend kann entsprechend BauGB auch die Errichtung, jedoch nicht die Nutzung, von baulichen Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energien, wie insbesondere Solarenergie festgesetzt werden. Dieses Instrument ist derzeit jedoch noch nicht erprobt und rechtlich risikobehaftet.

Die Festsetzung eines erhöhten Wärmeschutzes ist über das Planungsrecht nicht möglich. Hier bieten die Instrumente des Städtebaulichen Vertrags, des Vorhaben- und Erschließungsplans sowie Kaufverträge zu kommunalem Bauland einen weiten Spielraum. Diese können u.a. auch Vereinbarungen zur Art der Wärmeversorgung, der Heizungsanlagen und aktiver Solarenergienutzung beinhalten.

Der Vollzug energetischer Festsetzungen aus Satzungen oder Verträgen erfordert deren Überprüfung. Derzeit werden Wärmeschutznachweise im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens materiell nicht geprüft.

Sowohl für die solar+energetische Optimierung der Bebauungspläne als auch die Prüfung energetischer Vorgaben müssen deshalb Haushaltsmittel für Personalstellen oder externe Prüfung bzw. Optimierung bereit gestellt und gegebenenfalls die Bauantragsteller zur Kostenübernahme verpflichtet werden.

# 1 Allgemeine Grundlagen

## 1.1 Der Bebauungsplan - BauBG und BauNVO

### Bebauungsplan und Energiebedarf

Der städtebauliche Entwurf bzw. Bebauungsplan beeinflusst den Heizwärmebedarf eines Neubaugebietes ohne an irgendeiner Stelle explizite energetische Festsetzungen zu treffen.

Entscheidend ist hierbei das räumlich gestalterische Konzept und dessen Präzisierung durch die **Festsetzung** u.a. von Art und Maß der baulichen Nutzung, der Bauweise, der überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstücksflächen der Stellung baulicher Anlagen, der Abstandsflächen, der Verkehrsflächen und Pflanzbindungen.

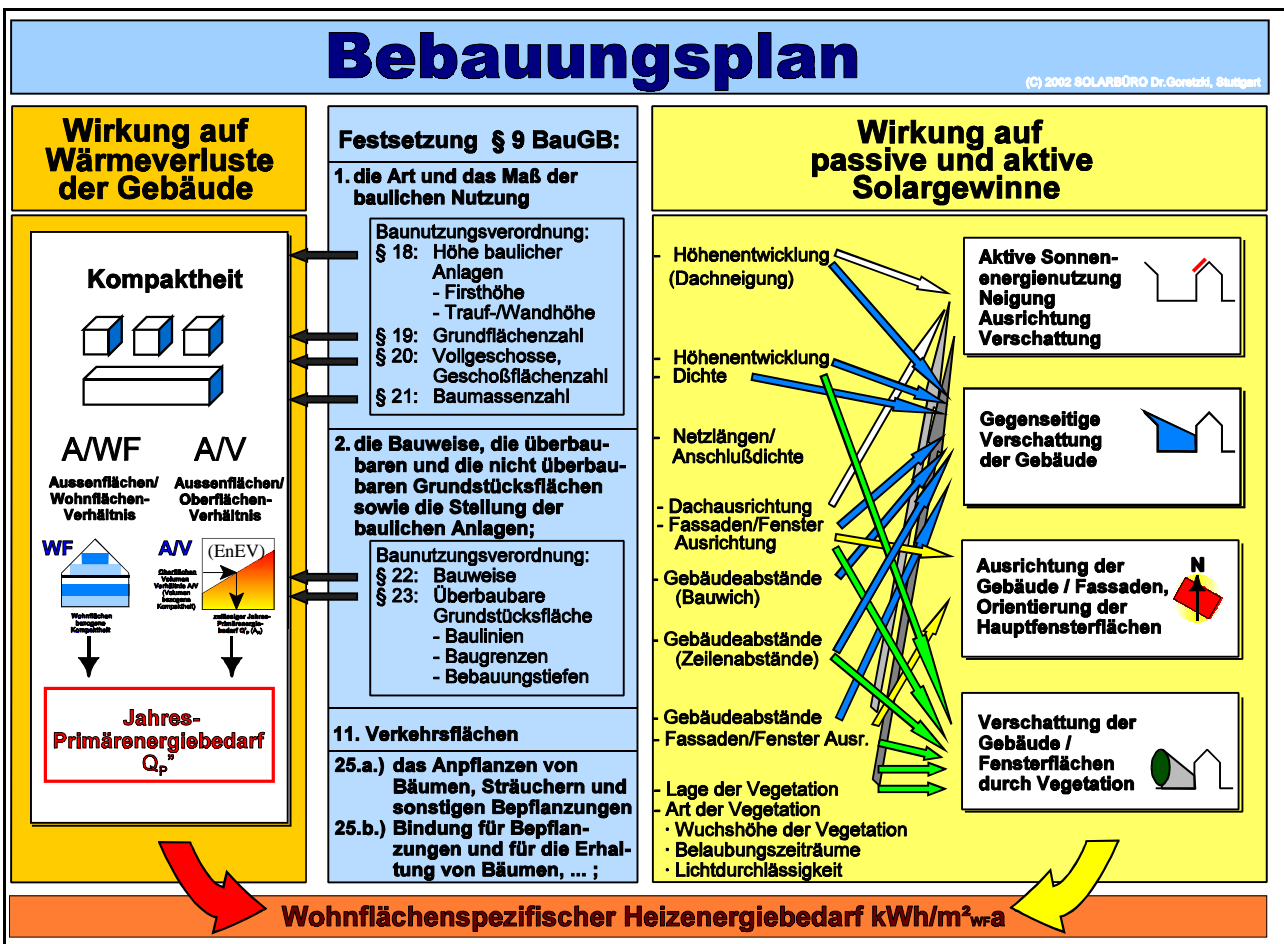


Abb. 1: Komplexe Wechselwirkungen städtebaulicher Festsetzungen nach BauGB und BauNVO auf den Energiebedarf einer Siedlungsstruktur.

### Wärmeverlust

Mit der *Geschosszahl*, der *Bauweise*, der *First- und Traufhöhe* der Gebäude, der *Dachform*, der Ausformung der überbaubaren Grundstücksfläche sowie durch Festsetzungen zu der *äußeren Gestaltung der Gebäude* wird über die **Gebäudegeometrie** der spezifische **Wärmeverlust** der zukünftigen



Sonnenenergienutzung	<p>gen Gebäude maßgeblich um bis zu <math>60\text{kWh/m}^2_{\text{WFA}}</math> beeinflusst. Selbst innerhalb eines Gebäudetyps erreicht die Spannweite bis zu <math>30\text{kWh/m}^2_{\text{WFA}}</math>.</p>
	<p>Neben der <i>Höhenentwicklung</i> und der <i>Dachform</i> der Gebäude beeinflussen die <i>Stellung der Gebäude</i> und ihre durch die <i>überbaubare Grundstücksfläche</i> bestimmte Lage zueinander sowie gegebenenfalls festgesetzte <i>Pflanzgebote</i> den potentiellen <b>Energiegewinn</b> durch <b>aktive</b> und insbesondere <b>passive Nutzung der Sonnenenergie</b>. Ungünstige Orientierung, Verschattung durch Nachbargebäude und festgesetzte Bäume können den passiven Solargewinn mehr als halbieren und damit den Heizwärmebedarf um über 20% (bis zu <math>18\text{kWh/m}^2_{\text{WFA}}</math>) erhöhen.</p> <p>Für <b>aktive Solarsysteme</b> ist zudem auch die <i>Dachneigung</i> von entscheidender Bedeutung. Ungünstige Ausrichtung und Verschattung von Dachflächen können hier die Energieausbeute merklich vermindern und so die Energieerzeugungskosten deutlich erhöhen.</p>
Energieeffizienz im BauGB Ziele, Belange und Festsetzungen	<p>Jeder Bebauungsplan bestimmt über seine planungsrechtlichen Festsetzungen direkt den zukünftigen Heizenergiebedarf eines Neubaugebiets. Selbst bei identischer Bebauungsdichte beträgt die Spannweite des resultierenden Heizenergiebedarfs bis zu 40%.</p>
	<p>Mit der 1998 novellierten Fassung des <b>Baugesetzbuchs</b> (BauGB) wurden die <b>Nutzung erneuerbarer Energien</b> und <b>nachhaltige, d.h. auch energie-sparende Bauweisen</b> erstmals als Belang explizit in die Bauleitplanung eingeführt.</p> <p>Dieser Belang wird im BauGB 2004 weiter gestärkt:</p> <p>Hier wird der Belang der Nutzung erneuerbarer Energien in § 1, Abs.6, Nr.7 f um <b>die sparsame und effiziente Nutzung von Energie</b> erweitert.</p> <p>Weiter wurde durch die Zielvorgaben in § 1, Abs.5 klargestellt, dass alle städtebaulichen Festsetzungen nach Maßgabe von § 9, Abs.1 auch hinsichtlich der Beachtung des Ziels des „<b>Allgemeinen Klimaschutz</b>“ abgewogen werden müssen.</p> <p>Der Katalog der aus städtebaulichen Gründen möglichen Festsetzungen in § 9, Abs. 1, Nr. 23 b) wurde um Gebiete in denen „bei der Errichtung von Gebäuden bestimmte <b>bauliche Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energien wie insbesondere Solarenergie getroffen werden müssen</b>“ ergänzt.</p> <p>Noch konkreter wurde in § 11 der Gegenstand des Städtebaulichen Vertrags gefasst. Hier können „<b>die Nutzung von Netzen und Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung</b> sowie von <b>Solaranlagen für die Wärme,- Kälte- und Elektrizitätsversorgung</b>“ privatrechtlich vereinbart werden.</p> <p>Die Zulässigkeit von Festsetzungen nach § 9, (1), 23 b) und § 11 BauGB wird in Kapitel 3 ausführlich behandelt.</p> <p>Energieeffiziente Stadtplanung muss primär als Optimierung der Wirkungszusammenhänge der städtebaulichen Festsetzungen und nicht als einzelne isolierte Festsetzung verstanden werden.</p>

## 1.2 Grundlagen des Wärmeumsatzes in Gebäuden

### Heizwärmebilanz von Gebäuden

Die **Wärmebilanz** eines Gebäudes wird durch dessen **Wärmegewinne** und **Verluste** bestimmt.

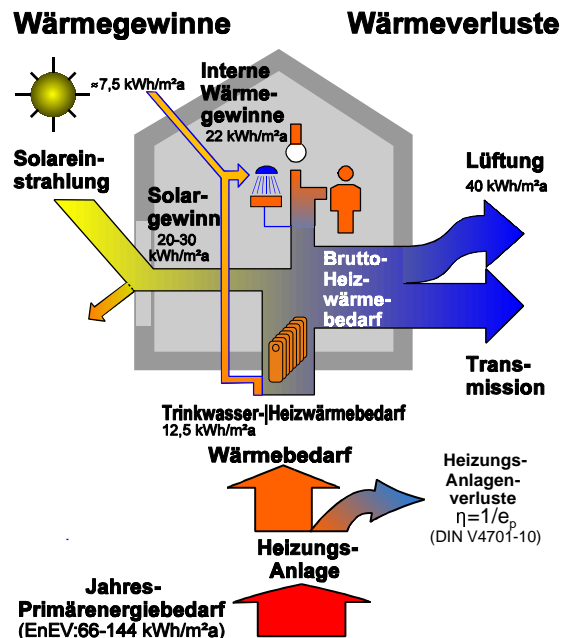


Abb.2: Wärmebilanz eines Gebäudes

Gesetzliche Vorgaben begrenzen dabei den zulässigen Wärmebedarf, schöpfen jedoch die technischen Möglichkeiten zur Energieeinsparung derzeit nicht aus.

### Wärmeverluste - Wärmebedarf

Der **Wärmebedarf** eines Gebäudes setzt sich aus den Komponenten Transmissionswärmeverlust, Lüftungswärmeverlust und Wärmebedarf für Warmwasser zusammen.

Der **Transmissionswärmeverlust** wird durch den Wärmedämmwert der Bauteile bestimmt. Je niedriger der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  (früher  $k$ -Wert genannt), desto weniger Wärme verliert das Bauteil. Der zulässige Transmissionswärmeverlust liegt bei nach den Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV gedämmten Wohngebäuden bei effizienten Heizungsanlagen zwischen ca. 65 und 110 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a, bei weniger effizienten Anlagen etwa zwischen 30 und 75 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a.

Der **Lüftungswärmeverlust** wird durch die Erfordernis bestimmt dem Raum Sauerstoff zu- und Kohlendioxid sowie Raumfeuchtigkeit abzuführen. Im Mittel muss die Raumluft hierzu 0,3 bis 0,7 mal je Stunde ausgetauscht werden. Der wohnflächenspezifische Lüftungswärmeverlust beträgt bei manueller Lüftung ca. 40 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a, bei mechanischer Lüftung ca. 25-30 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a und bei Lüftungswärmerückgewinnungsanlagen ca. 10 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a. Durch die Lüftungsanlage erhöht sich jedoch der Strombedarf.

Der **Wärmebedarf für Wasser** liegt bei etwa 12,5 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a. Durch eine thermische Solaranlage können hiervon im Jahresmittel 60%, d.h. rund 7,5 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a abgedeckt werden.

Wärmegewinne

In der Wärmebilanz des Gebäudes stehen den Wärmeverlusten auch **Wärmegewinne** gegenüber.

Die **Internen Wärmequellen** (Personen, Geräte, Beleuchtung usw.) können mit etwa 16 bis 25 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> angesetzt werden.

Die zur Heizung nutzbaren **passiven Solargewinne** erreichen bei üblichen Fenstergrößen, je nach städtebaulich bedingten Besonnungsvoraussetzungen und Gebäudetyp, etwa 15 bis 30 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub>.

**Gesetzliche Mindestanforderungen**

## 1.3 Gesetzliche Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz

Die Energieeinsparverordnung EnEV und das zukünftig auf die EnEV aufsetzende Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärmeG definieren die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz, die Nutzung erneuerbarer Energien und die zugehörigen Nachweisverfahren.

Diese Nachweisverfahren können jedoch nicht die Ermittlung eines realen Energiebedarfs leisten, sondern führen hinsichtlich einer gewünschten Planungsoptimierung oft zu irreführenden Ergebnissen und damit zu energetischen Fehlsteuerungen.

EEWärmeG

### 1.3.1 Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich

Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien

Am 5.12.2007 hat das Bundeskabinett den Entwurf des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärmeG beschlossen. Danach muss bei Neubauten der Wärmeenergiebedarf anteilig mit erneuerbaren Energien gedeckt werden.

Diese Pflicht kann durch die Nutzung von Biomasse, Geothermie, solarer Strahlungsenergie und Umweltwärme erfüllt werden durch:

**Solarthermie**

#### 1. Nutzung von solarer Strahlungsenergie.

Dabei müssen Sonnenkollektoren mit einer Fläche von mindestens 0,04 m<sup>2</sup> Kollektorfläche je m<sup>2</sup> Nutzfläche A<sub>N</sub> nach EnEV installiert werden. Die Bundesländer können höhere Mindestflächen festlegen.

**Biomasse, Geothermie und Umweltwärme**

#### 2. Nutzung von fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse, Geothermie und Umweltwärme. Dabei muss der Wärmeenergiebedarf überwiegend aus diesen Energieträgern gedeckt werden.

- flüssige und gasförmige Biomasse

Bei **flüssiger Biomasse** müssen Heizkessel der besten verfügbaren Technik entsprechen. Die Erzeugung der Biomasse muss die Anforderungen der geplanten Nachhaltigkeitsverordnung erfüllen.

Bei **gasförmiger Biomasse** muss die Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erfolgen.

- feste Biomasse

Bei Nutzung von **fester Biomasse** darf ausschließlich Biomasse, d.h. naturbelassenes Holz, Holzpellets und Stroh nach § 3, Abs. 1, Nr. 4, 5, 5a oder 8 der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen eingesetzt werden.

- Geothermie und Umweltwärme  
Bei Nutzung der **Umweltwärme und Geothermie** durch **Wärmepumpen** müssen:
  - elektrisch angetriebene **Sole/Wasser- oder Wasser/Wasser-Wärmepumpen** eine Jahresarbeitszahl von 4,0 oder mehr,
  - elektrisch angetriebene **Luft/Wasser-Wärmepumpen** eine Jahresarbeitszahl von 3,3 oder mehr,
  - mit **fossilen Brennstoffen betriebene Wärmepumpen** eine Jahresarbeitszahl von 1,2 oder mehr erreichen.
- Umweltwärme  
Zu **Umweltwärme** zählen auch Abwärme, Abwasserwärme und Wärme in Fortluft, wie Wärme aus mechanischer Wärmerückgewinnung soweit der Wärmebedarf überwiegend hieraus gedeckt wird.

**Ersatzmaßnahmen**

Ersatzweise gilt die Pflicht auch als erfüllt, wenn der Gebäudeeigentümer:

- erhöhter baulicher Wärmeschutz  
3. Maßnahmen zur **baulichen Einsparung der Energie** trifft.  
Hierzu müssen bei Wohngebäuden die Anforderungen der EnEV nach Anlage 1, Tabelle 1, bzw. bei Nichtwohngebäuden die Anforderungen nach Anlage 2, Tabelle 1 um 15% unterschritten werden.
- Kraft-Wärme-Kopplung  
4. den Wärmeenergiebedarf überwiegend und unmittelbar aus **Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** deckt.
- Nah- oder Fernwärmeversorgung  
5. den Wärmeenergiebedarf unmittelbar aus einem **Netz der Nah- oder Fernwärmeversorgung deckt** und diese
  - zu einem wesentlichen Anteil aus **Erneuerbaren Energien** oder
  - überwiegend aus **Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** nach Maßgabe der Anlage zu diesem Gesetz stammt.

Anschluss- und Nutzungszwang

Die Gemeinden und Gemeindeverbände werden ermächtigt einen Anschluss- und ausschließlichen **Nutzungszwang** vorzuschreiben.

**EnEV 2007****1.3.2 Mindestanforderung an den baulichen Wärmeschutz nach EnEV 2007**

Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz werden aktuell durch die **Energieeinsparverordnung EnEV 2007** definiert.

spezifischer Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$

spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_T$

Diese bestimmt den auf die Nutzfläche  $A_N$  bezogenen, **maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$**  und den **maximal zulässigen spezifischen Transmissionswärmeverlust  $H_T$**  eines Gebäudes **in Abhängigkeit von dessen Oberflächen / Volumen-Verhältnis  $A/V$** . Hierbei gelten für Wohngebäude und „andere Gebäude“ unterschiedliche Anforderungen.

Der nutzflächenbezogene Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV ist lediglich eine Anforderung im Baugenehmigungsverfahren und darf nicht mit dem realen wohnflächenbezogenen Energiebedarf verwechselt werden.

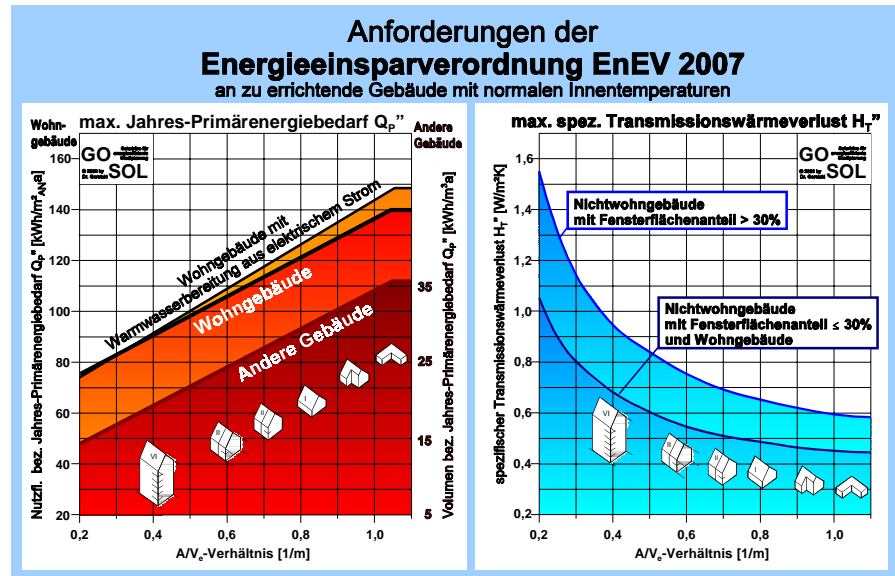


Abb.3: Anforderungen nach EnEV an den nutzflächenspezifischen Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  und den Transmissionswärmeverlust  $H_T$

absoluter Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$

Der für den Wärmeschutznachweis zu ermittelnde **absolute Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$**  setzt sich aus dem **Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h$**  für Raumwärme und dem Zuschlag für **Warmwasser  $Q_w$**  ( $Q_w = 12,5 \text{ kWh/m}^2_{aN}$ ) zusammen. Hierbei ist der Nachweis zu führen  $Q_p < Q_p'' \times A_N$ .

Anlagenaufwandszahl  $e_p$

Über die **Anlagenaufwandszahl  $e_p$**  werden die Verluste der **Heizungsanlage** berücksichtigt ( $Q_p = e_p (Q_h + Q_w)$ ). Je niedriger  $e_p$ , desto effizienter ist eine Heizungsanlage.

Spannweite  $e_p$

Die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  liegt bei effizienten Heizungsanlagen im Bereich von etwa 0,85 (z.B. Fernwärme, Brennwertkessel mit Solaranlage, Wärmepumpe) bis etwa 2,3 bei weniger effizienten Heizungsanlagen (Niedertemperatur- oder Brennwertkessel außerhalb der thermischen Hülle).

Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs  $Q_p$  durch den Transmissionswärmeverlust  $H_T$

Insbesondere bei Gebäuden mit effizienten Heizungsanlagen wird der Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nicht durch die  $Q_p''$  Anforderung sondern durch die Begrenzung des **zulässigen Transmissionswärmeverlust  $H_T$**  bestimmt.

### Nutzfläche $A_N$

#### 1.3.2.1 Nutzfläche $A_N$

Bezugsgröße Nutzfläche  $A_N$ : ein Geburtsfehler der EnEV!

Die EnEV bezieht alle Anforderungen auf das **Gebäudevolumen  $V_e$**  bzw. auf die hieraus abgeleitete **Nutzfläche  $A_N = 0,32 \times V_e$** .

$A_N > \text{BGF} !!!$

Diese imaginäre Nutzfläche  $A_N$  übersteigt meist deutlich die reale Nutz- oder Wohnfläche WF, oft sogar die Bruttogeschossfläche BGF des Gebäudes. Hierdurch können sich eklatante Fehlbewertungen und Fehlsteuerungen bei der energetischen Optimierung der Gebäudegeometrie hinsichtlich des wohnflächenspezifischen Heizenergiebedarfs ergeben.

Die imaginäre volumenbezogene Nutzfläche  $A_N$  nach EnEV steht in keinem linearen Bezug zu den im Bauwesen und der Wohnungswirtschaft gebräuchlichen realen Flächen wie Bruttogeschossfläche BGF oder beheizte Wohnfläche WF (nach Wohnflächen-Verordnung).

Der nutzflächenbezogene Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV ist deshalb kein Maß für den tatsächlichen, wohnflächenbezogenen Energiebedarf eines Gebäudes und darf daher nicht für Vergleiche herangezogen werden.

Je nach Geschosshöhe, Dachausformung und Klima überschreitet der reale wohnflächenbezogene Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_{p,WF}$  den auf  $A_N$  bezogenen Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV um 20-40%.

Für vergleichende energetische Bewertungen oder energetische Optimierungen muss der Wärme- oder Energiebedarf deshalb immer auf eine beheizte, reale Fläche (BGF, WF) bezogen werden.

**Beispiel für Fehlsteuerung**  
infolge unzutreffender Nutzfläche  $A_N$ :

Volumen steigt:  $A/V$  und  $Q_p$  signalisieren Energieeinsparung




Hier patzt die EnEV:  
 $A_N$  = Fläche aus Kubikmeter !

Im Ergebnis erhöhter Energiebedarf

$A/V$  und  $Q_p$  täuschen eine Energieeinsparung bei tatsächlich erhöhtem Energiebedarf vor.

Das folgende Beispiel zeigt exemplarisch die Fehlbewertung und damit die Fehlsteuerung des Energiebedarfs bei der Beurteilung der Höhenentwicklung (Dachausformung, Neigung, Kniestock, ...) infolge der Bezugsgröße  $A_N$ :

- So bewirkt jede Vergrößerung der Geschoss- oder Wandhöhe und damit des Gebäudevolumens  $V$  (1) ein günstigeres  $A/V$ -Verhältnis (2) und täuscht damit einen niedrigeren, auf die Nutzfläche  $A_N$  bezogenen, Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV (3) vor.
- Gleichzeitig vergrößert sich mit dem Volumen  $V$  rechnerisch auch die hieraus abgeleitete imaginäre Nutzfläche  $A_N$  (4) nach EnEV (mit  $A_N = V \times 0,32$ ). Im Beispiel übersteigt die "Nutzfläche"  $A_N$  sogar die reale Bruttogeschossfläche BGF von 160 m<sup>2</sup>.
- Damit erhöht sich jedoch im Ergebnis der nach EnEV zulässige absolute Primärenergiebedarf  $Q_p$  ( $Q_p = Q_p \times A_N$ ) (5).
- Da sich die tatsächliche Wohnfläche WF (6) nicht vergrößert, steigt mit dem absoluten auch der reale wohnflächenbezogene Primärenergiebedarf  $Q_{p,WF}$  (7) an.

Dachform		FD	PD 10°	PD 10°	
Bauweise		freist	freist	DH	
Gebäuelänge = 10,0 m Gebäudetiefe = 8,0 m Z=II, BGF= 160 m <sup>2</sup>					
Wandhöhe Süd		5,6	7,0	7,0	m
Wandhöhe Nord		5,6	5,6	5,6	m
A [m <sup>2</sup> ]		361,6	388,0	337,6	m <sup>2</sup>
V [m <sup>3</sup> ]	(1)	448	504	504	m <sup>3</sup>
Oberflächen/Volumen Verhältnis $A/V$	(2)	<b>0,81</b>	<b>0,77</b>	<b>0,67</b>	1/m
$Q_p$ (EnEV, Tab.1, Sp 2)	(3)	122,4	118,9	111,3	kWh/m <sup>2</sup> a
<b><math>A_N = 0,32 \times V</math></b>	(4)	<b>143,4</b>	<b>161,3</b>	<b>161,3</b>	m <sup>2</sup>
$Q_p = Q_p \times A_N$	(5)	17546,4	19166,1	17952,0	kWh/a
WF	(6)	126,0	126,0	126,0	m <sup>2</sup>
wohnflächenbezogener Primärenergiebedarf $Q_{p,WF}$ $Q_{p,WF} = Q_p / WF$	(7)	<b>139,3</b>	<b>152,1</b>	<b>142,5</b>	$\frac{kWh}{m^2_{WF}a}$

Trotz sinkendem  $A/V$ -Verhältnis (2) und  $Q_p$  (3) erhöht sich der reale wohnflächenbezogene Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_{p,WF}$  (7). Im Beispiel ergibt sich für das Pultdach PD gegenüber dem Flachdach FD ein günstigerer Wert für  $A/V$  (2) und  $Q_p$  (3) sowie infolge des größeren Gebäudevolumens  $V$  (1) nach EnEV eine größere

(irreale) Nutzfläche  $A_N$  (4): Das Pultdach erscheint damit energetisch günstiger als das Flachdach. Tatsächlich ist jedoch das Flachdach, bei den vorgegebenen Wandhöhen, gemessen am absoluten ( $Q_p$ ) (5) und wohnflächenspezifischen Primärenergiebedarf  $Q_{p,WF}$  (7), energetisch günstiger, da die reale Wohnfläche WF (6) in beiden Fällen identisch ist.

Im Ergebnis unterschreitet der wohnflächenspezifische Primärenergiebedarf des freistehenden Gebäudes mit Flachdach den des Doppelhauses mit flach geneigtem Pultdach.

## Orientierung und Wärmeschutz

Ungünstige Orientierung muss durch erhöhte Wärmedämmung ausgeglichen werden

### 1.3.2.2 Orientierung und erforderlicher Wärmeschutz nach EnEV

Der zulässige Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h$  aus der Begrenzung des zulässigen spez. Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV errechnet sich u.a. unter Berücksichtigung der orientierungsabhängigen passiven Solargewinne  $Q_s$ .

Ost-West orientierte Gebäude müssen daher, um den verminderten Solarertrag auszugleichen, gegenüber Nord-Süd orientierten Gebäuden einen um ca. 5% erhöhten baulichen Wärmeschutz aufweisen.

## Kompaktheit und Wärmeschutz

Kompaktheit und Wärmedurchgangskoeffizient U

### 1.3.2.3 Kompaktheit und Wärmeschutz nach EnEV

Die Anforderungen der EnEV an den baulichen Wärmeschutz und damit an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizient U eines Gebäudes werden in Abhängigkeit von dessen Oberflächen/Volumen-Verhältnis  $A/V$  definiert (s. Abb. 3).

Mit sinkendem  $A/V$ -Verhältnis, d.h. höherer „Kompaktheit“ reduziert sich - trotz schärferer  $Q_p$  Anforderung und damit sinkendem Energiebedarf - der nach EnEV notwendige bauliche Wärmeschutz, d.h. die erforderliche Wärmedämmung.

Die Dämmeigenschaften werden durch den Wärmedurchgangskoeffizienten U beschrieben. Der Wärmedurchgangskoeffizient U gibt in W je  $m^2$  Bauteiloberfläche und Grad Kelvin Temperaturdifferenz zwischen den Oberflächen an wie viel Wärme ein Bauteil pro Stunde durchdringt.

Je niedriger der U-Wert, desto besser die Wärmedämmung.

Bei kompakten Gebäuden erfordert ein über die Mindestanforderungen der EnEV hinausgehender prozentual erhöhter Wärmeschutz geringere bauliche Aufwendungen und damit geringere Kosten als bei Gebäuden mit hohem  $A/V$ -Verhältnis, d.h. geringerer Kompaktheit.

## Heizungsanlage und Wärmeschutz

### 1.3.2.4 Heizungsanlage und Wärmeschutz nach EnEV

Der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV berechnet sich aus dem Produkt Wärmebedarf des Gebäudes ( $Q_h + Q_w$ ) mit der Anlagenaufwandszahl  $e_p$  ( $Q_p = (Q_h + Q_w) \times e_p$ ).

Damit bestimmt die **Heizungsanlage eines Gebäudes** über  $e_p$  den zulässigen Heizwärmebedarf  $Q_h$  (mit  $Q_h = Q_p / e_p - Q_w$ ) und damit den erforderlichen baulichen Wärmeschutz.

realer Heizwärmebedarf nach  
EnEV

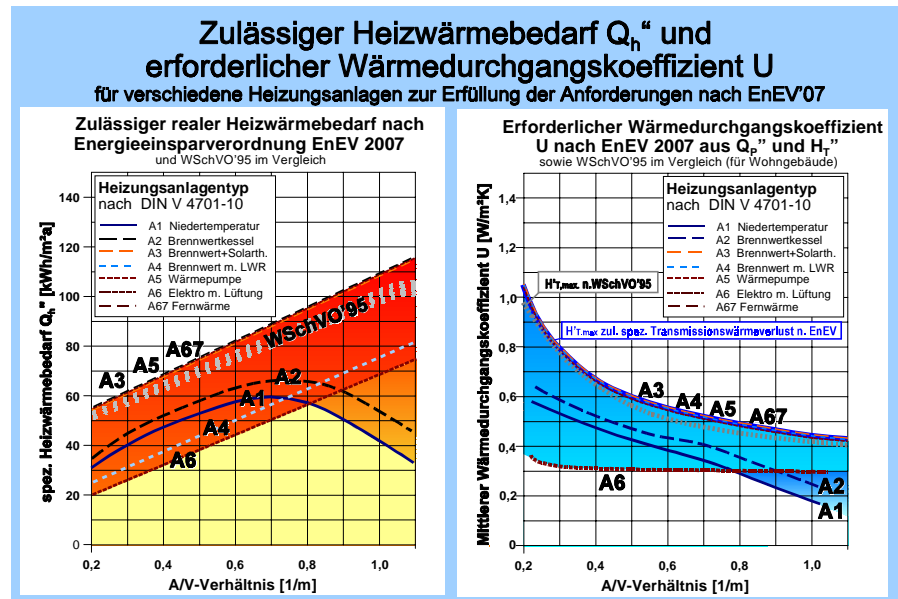


Abb.5: Realer spezifischer Heizwärmebedarf und nach EnEV 2007 erforderlicher Wärmedurchgangskoeffizient in Abhängigkeit von A/V-Verhältnis und Heizungsanlage.

Je kleiner die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  desto höher darf der Wärmebedarf ( $Q_h + Q_w$ ) eines Gebäudes sein.

Die Heizungsanlage bestimmt damit nach EnEV den erforderlichen Wärmeschutz und damit die erforderlichen Wärmedurchgangskoeffizienten U eines Gebäudes.

effiziente Heizungsanlage  
oder Wärmeschutz

Während bei **effizienten Heizungsanlagen**, insbesondere in Verbindung mit regenerativer Energiegewinnung (Heizungsanlagen A3, A4, A5 und A67 in Abb. 5) gegenüber der Wärmeschutzverordnung von 1995 (WSchVO'95) kein erhöhter Dämmaufwand notwendig wird (hier wird der Energiebedarf durch die EnEV-Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes  $H_T$  bestimmt), kann bei **weniger effizienten Heizungsanlagen** (A1, A2, A6) ein spürbar höherer baulicher Wärmeschutz notwendig werden um die  $Q_p$  Anforderung der EnEV zu erfüllen.

Die EnEV beinhaltet damit einen „Bonus“ für effiziente Heizungsanlagen und regenerative Energiegewinnung, wie z.B. thermische Kollektoranlagen, Lüftungswärmerückgewinnung und Wärmepumpen.

**Effiziente Heizungsanlagen dürfen gegen den baulichen Wärmeschutz aufgerechnet werden.**

Solar-/Anlagenbonus  
vermindert Anforderungen an  
den baulichen Wärmeschutz

Dieser „**Solar-/Anlagenbonus**“ wird beispielhaft in Abb. 5 durch Vergleich der Heizungsanlagen „Brennwertkessel A2“ und „Brennwertkessel mit solarer Warmwasserbereitung A3“ deutlich.

Bei Gebäuden mit thermischer Solaranlage ist ein rund 40% höherer Transmissionswärmeverlust zulässig.

Soll der, bei A2 gegenüber A3 erhöhte Wärmeschutz allein durch die Außenwand erbracht werden, wird dort eine Verdoppelung der Dämmstoff-



bzw. Wandstärke erforderlich. Die Mehrkosten hierfür liegen in Größenordnung einer thermischen Solaranlage.

Gebäude mit thermischen Solaranlagen welche lediglich die Mindestanforderungen der EnEV erfüllen weisen infolge des Solar-/Anlagenbonus der EnEV gegenüber Gebäuden ohne Solaranlage i.d.R. einen höheren realen Gesamtprimärenergiebedarf auf. Dieser Effekt wird durch das EEWärmeG nochmals verstärkt.

Bei Gebäuden mit geringer Kompaktheit kann die Baukosteneinsparung infolge der nach EnEV geringeren Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz die Kosten der Solaranlage erreichen oder übertreffen. Bei Gebäuden mit hoher Kompaktheit können etwa die Hälfte der Kosten der Solaranlage eingespart werden.

### Heizungssystem und resultierender Primärenergiebedarf

#### 1.3.2.5 Heizungssystem und realer Primärenergiebedarf $Q_{P,real}$

Der resultierende, reale Primärenergiebedarf  $Q_{P,real}$  ist im Ergebnis auch wesentlich vom gewählten Heizungssystem abhängig, da bei effizienten Heizungsanlagen der Energiebedarf über die  $Q_p$ -Anforderung hinausgehend durch  $H_T$  begrenzt wird.

Die Abbildung 6 zeigt, dass die effizienten Heizungsanlagen mit  $e_p < 1,25$  (hellblau unterlegt) gegenüber den weniger effizienten Heizungsanlagen mit  $e_p > 1,25$  nach EnEV einen bis zu 25% niedrigeren realen Primärenergiebedarf  $Q_{P,real}$  aufweisen. Unter Berücksichtigung des EEWärmeG verkehrt sich dieser Effekt. In jedem Fall sind bei effizienten Heizungsanlagen die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz (Wärmedurchgangskoeffizient U) um bis zu 50% geringer.

Der resultierende reale Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_{P,real}$  ist wesentlich mit vom Heizungssystem abhängig und keine konstante, allein vom A/V-Verhältnis abhängige Größe.

Hinsichtlich des resultierenden realen Jahres-Primärenergiebedarfs  $Q_{P,real}$  schneidet hierbei u.a. die Versorgung mit Nah- und-Fernwärme besonders günstig ab.

### Folgen des EEWärmeG

Befremdlicher Weise ergibt sich nach den Mindestanforderungen der EnEV + EEWärmeG der höchste resultierende reale Primärenergiebedarf  $Q_{P,real}$  für Raumwärme und Trinkwassererwärmung für die Variante Brennwertkessel mit solarthermischer Trinkwasserbereitung (BW+SOL).

Infolge des EEWärmeG werden Gebäude mit „ineffizienten Heizungsanlagen“ (wie Brennwert- und Niedertemperaturkessel ohne Solarthermie oder elektrische Direktheizung) den realen Primärenergiebedarf  $Q_{P,real}$  von Gebäuden mit Nutzung regenerativer Energie (Solarthermie, Photovoltaik, Umweltwärme) deutlich unterschreiten. Hierfür sind jedoch oft deutlich erhöhte Aufwendungen für den baulichen Wärmeschutz ( $U < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) notwendig - dabei werden die für KfW 60 bzw. KfW 40 erforderlichen Dämmstoffstärken teilweise überschritten.

Damit ergibt sich ein wirtschaftlicher Zwang zur Nutzung von Umweltenergie in Sinne des EEWärmeG.

### Real sich ergebender Jahres-Primärenergiebedarf $Q_{P,real}$ und maximal zulässiger, mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient $U$ nach den Mindestanforderungen der EnEV 2007 und EEWärmeG 2008

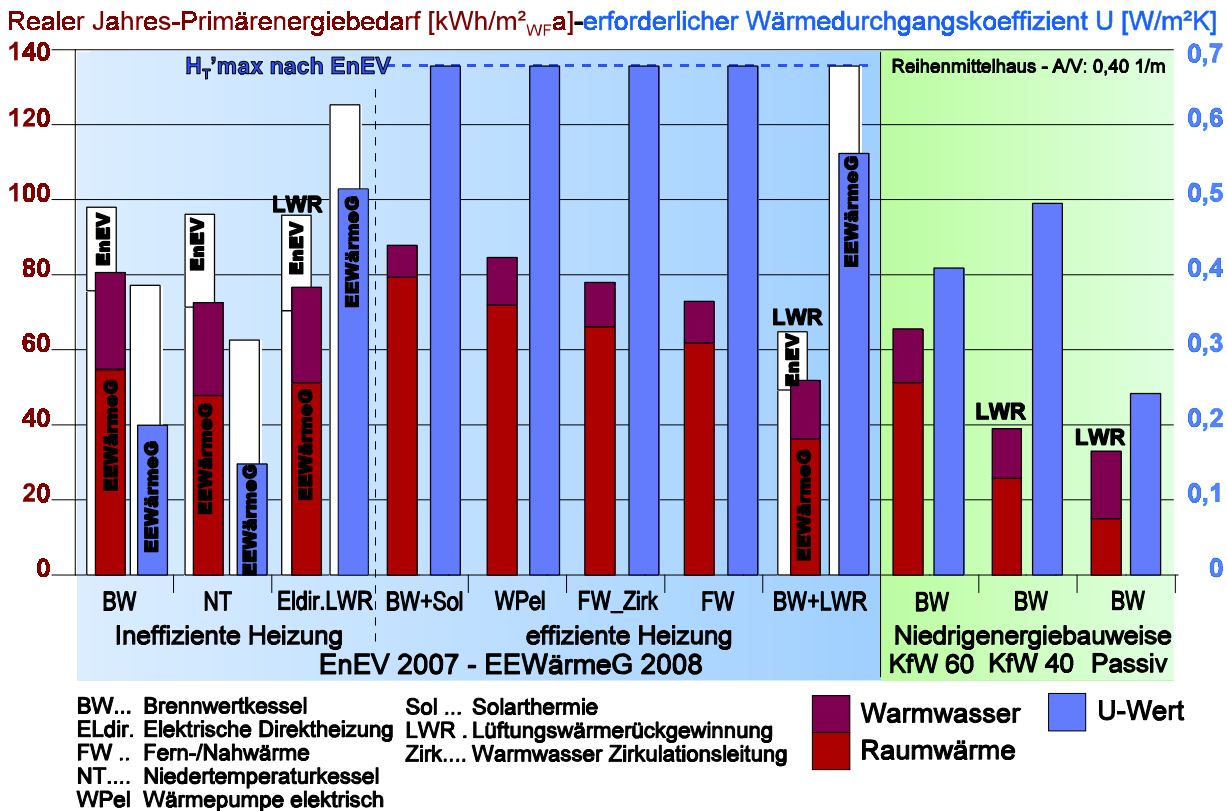


Abb.6: Resultierender realer Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_{P,real}$  ( $Q_H$ =rot /  $Q_W$ =violett) und hierfür erforderlicher mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  (blau) eines Reihenhauses mit  $A/V = 0,40$  [1/m] in Abhängigkeit von der Heizungsanlage entsprechend den Mindestanforderungen nach EnEV + EEWärmeG sowie für Niedrigenergiebauweisen.

Bei „effizienten“ Heizungsanlagen wird der zulässige Wärmebedarf durch  $H_{T,max}$  bestimmt. Anders als zu erwarten führen die EnEV-Anforderungen an  $Q_P$  und  $H_T$  weder zu einem identischen, realen Energiebedarf noch zu vergleichbaren Aufwendungen für den baulichen Wärmeschutz (hell rot/violett unterlegt: „alte“ Anforderung nach EnEV 2007 ohne EEWärmeG).

#### Niedrigenergiebauweisen

## 1.4 Verbessertes bauliches Wärmeschutz - Niedrigenergiebauweisen

Heizungsanlage kontra Wärmeschutz

Die EnEV lässt also alternativ eine energieeffiziente Heizungsanlage mit weniger baulichem Wärmeschutz oder eine ineffiziente Heizungsanlage mit höherem Wärmeschutz zu. Die im Heizungsanlagenbereich erzielte Energieeinsparung darf damit durch einen nicht dem Stand der Technik entsprechenden baulichen Wärmeschutz wieder „verschwendet“ werden.

Insbesondere bei Gebäuden mit effizienten Heizungsanlagen ist es sinnvoll den Transmissionswärmeverlust durch eine gegenüber den Mindestanforderungen der EnEV verbesserte Wärmedämmung der Gebäudehülle zu reduzieren.

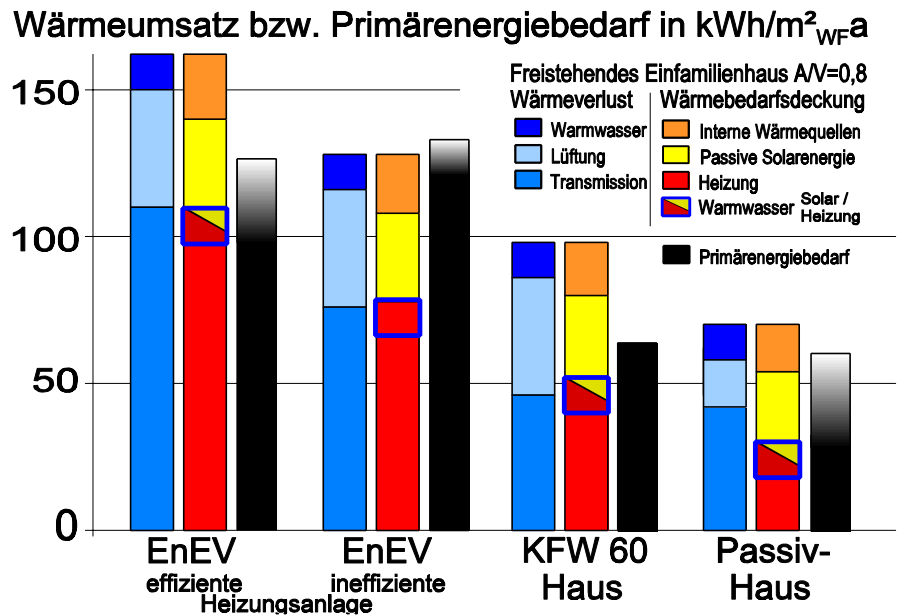


Abb.7: Wärmeumsatz und Primärenergiebedarf im Vergleich

Diesen Weg beschreiten **Niedrigenergie- bis hin zum Passiv-/Ultraniedrigenergiehaus**, welche mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der opaken Gebäudehülle im Bereich von ca.  $U = 0,15-0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreichen. Damit kann der Heizwärmebedarf pro Jahr auf bis zu  $30-40 \text{ kWh/m}^2_{\text{WF,a}}$  reduziert werden.

Der bauliche und damit auch Kosten-Aufwand verbesserter Wärmedämmung steigt mit dem A/V-Verhältnis, da sowohl der Anteil der Außenoberflächen als auch die Anforderungen an diese steigen.

Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  und Dämmstoffstärke

#### Wärmedurchgangskoeffizient $U$

Der Wärmedurchgang durch ein homogenes Bauteil ist umgekehrt proportional zu dessen Dicke. Mit zunehmender Dämmstoff-/Bauteildicke steigt der Dämmaufwand überproportional gegenüber der erreichbaren Energieeinsparung.

Grenzen ökologisch und ökonomisch sinnvoller Wärmedämmung

Spätestens bei Wärmedurchgangskoeffizienten unter  $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  (entsp. ca. 25-30 cm Wärmedämmung) werden die Grenzen ökologisch und monetär sinnvoller Wärmedämmung überschritten.

Mehr Wärmedämmung führt, selbst langfristig betrachtet, unter Einbeziehung des Energieaufwands für die Herstellung des Wärmedämmstoffs („graue Energie“) weder zu einer weiteren Energie- noch Baunutzungskosten-Einsparung sondern zu Mehraufwendungen.

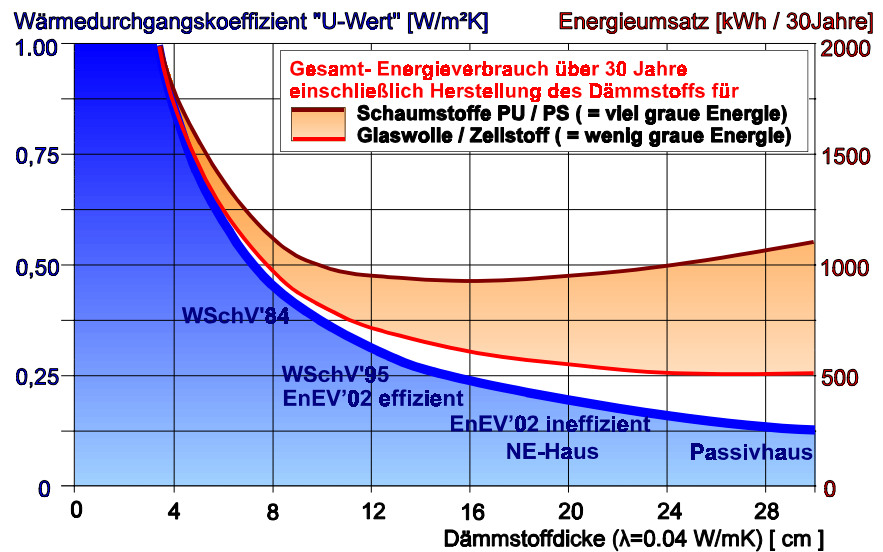


Abb.8: Wärmedurchgangskoeffizient und Gesamt-Energieaufwand über 30 Jahre in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke.

**Förderungs-Anforderungen**

Anforderungen EnEV 2007, KfW 60 und KfW 40 im Vergleich

**Anforderungen für Förderung von Niedrigenergiebauweisen**

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW definiert im Rahmen ihrer Förderbedingungen die Niedrigenergiestandards KfW 60, KfW 40 / Passivhaus.

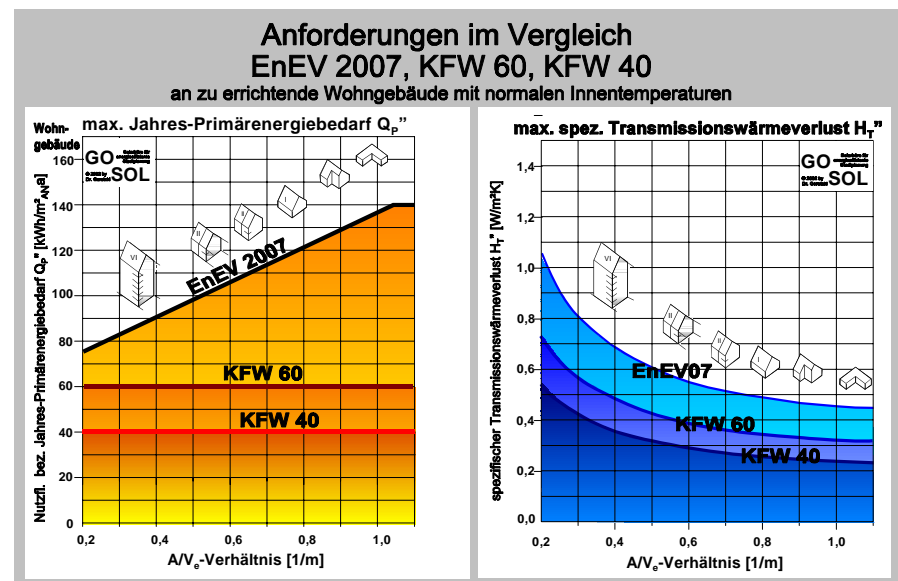


Abb.9: Anforderungen nach EnEV, KfW 60 und KfW 40 im Vergleich

Während die Anforderung an den spez. Transmissionswärmeverlust  $H_t'$  in Abhängigkeit von  $A/V$  definiert wird, gilt für den Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p''$  ein konstanter, vom  $A/V$ -Verhältnis und damit auch vom Gebäudetyp unabhängiger Grenzwert.

Damit erhöht sich mit zunehmendem  $A/V$ -Verhältnis auch der bauliche Aufwand für erhöhten Wärmeschutz nach KfW 60/KfW 40.

## Anforderungen KfW 60

## 1.4.1 KfW 60

Voraussetzung für die Förderung eines **Niedrigenergiehaus nach KfW 60** Standard ist, dass der **Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$**  **nicht mehr als 60 kWh pro m<sup>2</sup>** Gebäudenutzfläche  $A_N$  beträgt. Gleichzeitig muss der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene **spezifische Transmissionswärmeverlust  $HT'$**  **den in der EnEV (Anhang 1, Tabelle 1) angegebenen Höchstwert um mindestens 30 % unterschreiten.**

Diese Anforderung kann bereits durch eine energieeffiziente Heizungsanlage, insbesondere in Verbindung mit einer solarthermischen Trinkwasserbereitung und erhöhter Wärmedämmung erreicht werden. Mit der geplanten Verschärfung der EnEV 2009 wird voraussichtlich mittelfristig der heutige KfW 60-Standard die Mindestanforderung an den baulichen Wärmeschutz darstellen.

Mehrkosten 3-6%

Die **Mehrkosten für KfW 60-Häuser** betragen ca. 3-6% der Bauwerkskosten, d.h. 30 bis 100 Euro je Quadratmeter Wohnfläche [Schulze Darup]. Das Energieeinsparpotential reicht von ca. 15 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a bei einer sechsgeschossigen geschlossenen Bebauung bis ca. 70 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a bei einem eingeschossigen Einfamilienhausbungalow mit einem A/V-Verhältnis von mehr als 1,0 m<sup>-1</sup>.

Die zusätzlichen Bauwerkskosten steigen überproportional zum erreichbaren Energieeinsparpotential. Der KfW 60-Standard ist bei kompakten Baukörpern im Geschosswohnungsbau bereits mit nach EnEV im Einfamilienhausbau erforderlichen Dämmstärken relativ einfach erreichbar. Dagegen erfordern Baukörper mit geringer Kompaktheit ( $A/V > 0,7 \text{ m}^{-1}$ ) bereits sehr hohe bauliche Aufwendungen in Form mittlerer U-Werte von maximal 0,25 W/m<sup>2</sup>K oder eine Lüftungswärmerückgewinnungsanlage.

## Anforderungen KfW 40

## 1.4.2 KfW 40

Voraussetzung für die Förderung eines (**Ultra-**) **Niedrigenergiehaus nach KfW 40** Standard ist, dass der **Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$**  **nicht mehr als 40 kWh pro m<sup>2</sup>** Gebäudenutzfläche  $A_N$  beträgt. Gleichzeitig muss der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene **spezifische Transmissionswärmeverlust  $H_T'$**  **den in der EnEV angegebenen Höchstwert um mindestens 45 % unterschreiten.** Diese Anforderungen können nur noch bei sehr kompakten Gebäuden durch erhöhte Wärmedämmung erbracht werden. In der Regel wird jedoch eine Lüftungswärme-Rückgewinnungsanlage erforderlich.

Mehrkosten 6-20%

Die **Mehrkosten** für KfW 40-Häuser betragen aufgrund des breiten energetischen Gestaltungsspielraums ca. 6-20% der Bauwerkskosten, d.h. 60 bis 300 Euro/m<sup>2</sup><sub>WF</sub> [Schulze Darup]. Das Energieeinsparpotential reicht von ca. 35 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a bei einer sechsgeschossigen geschlossenen Bebauung bis ca. 85 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a bei einem freistehenden Einfamilienhaus mit einem A/V-Verhältnis von 0,8 m<sup>-1</sup>.

Bei geringerer Kompaktheit ist der KfW40 Standard nicht mehr sinnvoll - hier muss das Augenmerk zunächst auf die Festsetzung kompakter Baukörper gerichtet werden.

Die zusätzlichen Bauwerkskosten steigen auch hier überproportional zum erreichbaren Energieeinsparpotential.

## Definition Passivhaus

## 1.4.3 Passivhaus

Das **Passivhaus** führt den Weg des Niedrigenergiehauses konsequent weiter. Durch Wärmetauscher wird bis zu 85% der in der Abluft enthaltenen Wärme zurückgewonnen und der Lüftungswärmebedarf auf ca.  $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{WFa}}$  gesenkt.

Der verbleibende Jahres-Heizwärmebedarf darf dabei  $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{An,a}}$ , der Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$   $40 \text{ kWh}$  pro  $\text{m}^2$  Gebäudenutzfläche  $A_N$  nicht überschreiten. Konventionelle Heizungsanlagen kommen für diesen Gebäudetyp deshalb nicht in Betracht. Die Beheizung erfolgt i.d.R. durch Nachheizen der Zuluft.

Mehrkosten 8-15%

Die **Mehrkosten** eines Passivhauses gegenüber einem entsprechend ausgestatteten, nach EnEV gedämmten Gebäude liegen bei etwa 8-15%, d.h.  $80\text{-}250 \text{ Euro/m}^2_{\text{WF}}$  [Schulze Darup], die jährliche Energiekosteneinsparung bei etwa  $3,5 - 6,5 \text{ Euro}$  je Quadratmeter Wohnfläche.

erhöhter Strombedarf

Der **Stromverbrauch** für Haustechnik (Ventilatoren, Wärmepumpe u.a.) liegt beim Passivhaus mit ca.  $15\text{-}25 \text{ kWh/m}^2_{\text{WFa}}$  deutlich über dem eines konventionellen Gebäudes. Nach älteren Untersuchungen der FHG kann, insbesondere bei geringen Querschnitten und langen Lüftungsschächten, die eingesparte Lüftungswärme durch erhöhten Strombedarf wieder aufgezehrt werden.

Während nach Dämmstandard EnEV der Energiebedarf noch primär durch die Kompaktheit bestimmt wird, wird beim Passivhaus-Standard der Energiebedarf gleichbedeutend durch die passiven Solargewinne mitbestimmt.

Mit zunehmendem baulichen Wärmeschutz gewinnen die passiven Solargewinne in der Heizwärmebilanz der Gebäude zunehmend an Bedeutung.

## Regenerative Energien

## 1.5 Nutzung Regenerativer Energien

Passive  
Sonnenenergienutzung

## 1.5.1 Passive Sonnenenergienutzung

Jedes Gebäude besitzt mit seinen Fenstern ein hocheffizientes Solarsystem.

Energiebilanz von  
Verglasungen

Die Energiebilanz ist neben den städtebaulichen Rahmenbedingungen auch von den physikalischen Eigenschaften des Fensters abhängig. Je geringer der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  als Maß für den Wärmeverlust und je größer der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  als Maß für die durchdringende Solareinstrahlung, desto länger ist der Zeitraum der positiven Energiebilanz (siehe Abb. 10, Seite 18).

Solarer Heizungsbeitrag

Der erzielbare solare Heizungsbeitrag SHB, d.h. das Verhältnis des zur Substitution von Heizwärme genutzten Solargewinns zum verbleibenden Heizwärmebedarf ist dabei wesentlich vom Wärmedämmstandard und Gebäudetyp abhängig.

Mit zunehmendem Wärmedämmstandard erhöht sich der Solare Heizungsbeitrag durch passive Sonnenenergienutzung.

## Energiebilanz von Verglasungen

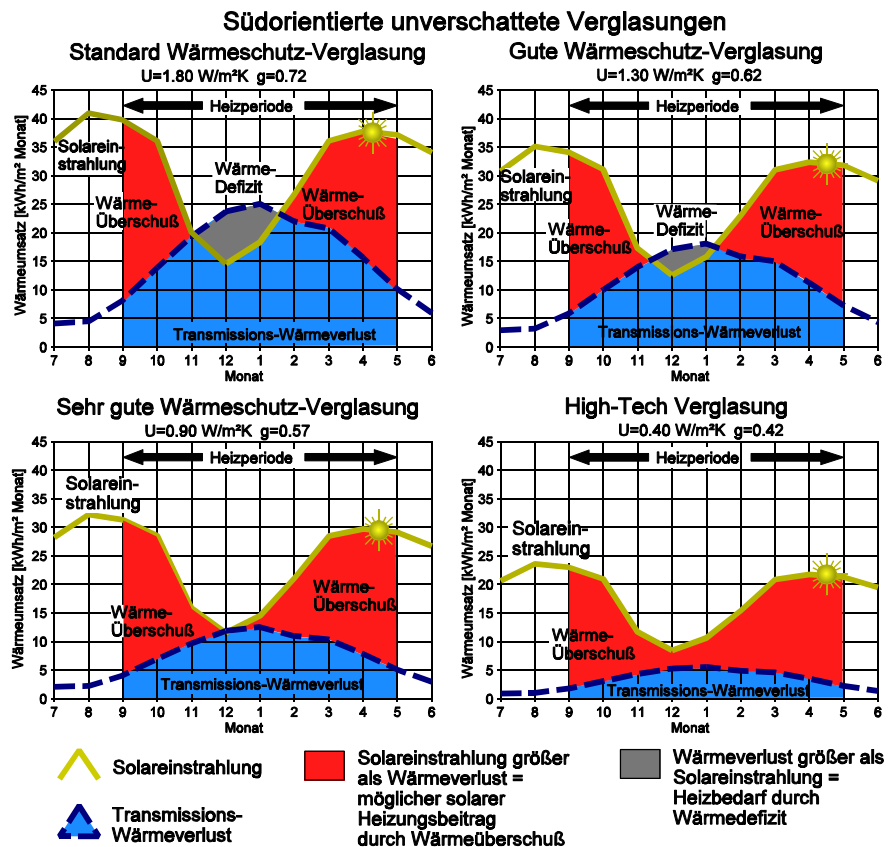


Abb.10: Energiebilanz verschiedener Verglasungstypen im Jahresgang

## Städtebauliche Rahmenbedingungen

Während der Solare Heizungsbeitrag bei vor 1972 gebauten Gebäuden noch unter 15% lag, erreicht er heute, mit üblichen Fenstergrößen, bei nach den Mindestanforderungen der EnEV gedämmten Gebäuden 25%-35% und bei Niedrigenergiehäusern 40%-50%. Bei Passivhäusern übertrifft der genutzte Solargewinn sogar oft den verbleibenden Heizwärmebedarf.

Ungünstige Bebauungsplanfestsetzungen können den möglichen passiven Solargewinn halbieren. Mit zunehmendem Wärmeschutzstandard erhöhen sich die Anforderungen an einen „Solargerechten Städtebau“.

Da bei der passiven Sonnenenergienutzung der Ort der Wärmeentstehung, der Wärmenutzung und Wärmespeicherung identisch ist, kann ohne Überwärmung der Räume nur ein begrenztes solares Wärmeangebot genutzt werden.

## Solarer Nutzungsgrad

Der nutzbare **Solargewinn**, d.h. derjenige Anteil der Solareinstrahlung, der tatsächlich Heizenergie ersetzt, ist vom Verhältnis zwischen Solareinstrahlung und Wärmebedarf des Solarraums bzw. des Gebäudes abhängig. Je höher die solare Einstrahlung und je geringer der Wärmebedarf sowie die Speicherkapazität, desto geringer ist der (monatliche) **solare Nutzungsgrad**, d.h. das Verhältnis zwischen dem nutzbaren Solargewinn und insgesamt in den Raum eingestrahelter Solarenergie. Daraus ergibt sich auch ein typischer Jahresgang mit geringen solaren Nutzungsgraden in der Über-

# Heizwärmebilanz für ein Reihemittelhaus nach Dämmstandard

GO Gesellschaft für  
energieeffiziente  
Bauplanung  
© 1998  
Dr. Gombast  
**SOL**

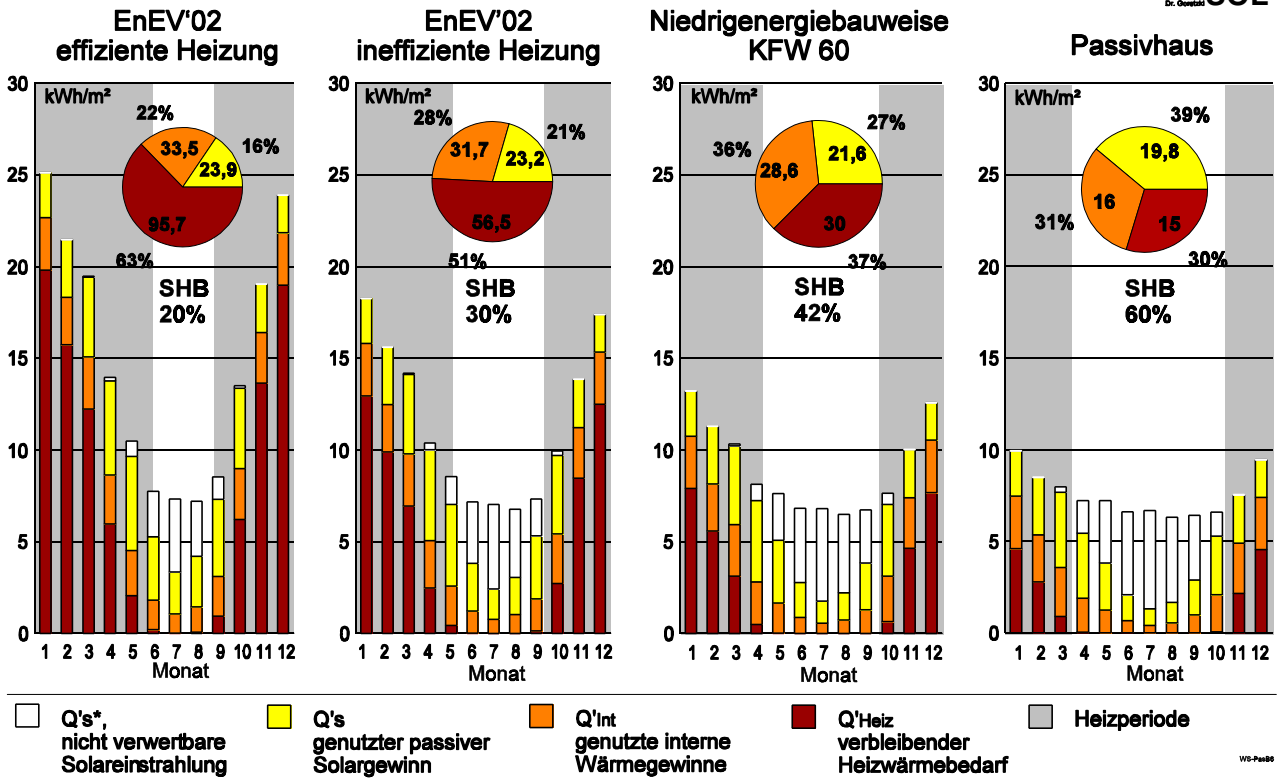


Abb.11: Wärmeumsatz und Solarer Heizungsbeitrag nach Dämmstandard

Solarer Heizungsbeitrag SHB

gangszeit und sehr hohen Nutzungsgraden im Winter.

Bei üblichen Fenstergrößen (ca. 12%-18% der Wohnfläche) erreicht der nutzbare passive Solargewinn eines Gebäudes während der Heizperiode unter günstigen Voraussetzungen ca. 20-30 kWh/m<sup>2</sup>a Wohnfläche bzw. bis zu 350 kWh/m<sup>2</sup>a Fensterfläche.

Große Fensterflächen

Große Fensterflächen und Wintergärten erhöhen zwar die Wohnqualität, können jedoch die Solargewinne nicht beliebig steigern. Je nach Verglasungsart, Wärmebedarf des Gebäudes und äußeren Einstrahlungsbedingungen ergibt sich eine "optimale Verglasungsfläche".

Solarthermie

## 1.5.2 Thermische Sonnenenergienutzung

Gegenüber der passiven Sonnenenergienutzung wird bei der aktiven Sonnenenergienutzung die erzeugte Wärme nicht direkt am Ort ihrer Entstehung genutzt, sondern an den Ort des Verbrauchs transportiert. Hierfür ist elektrische Energie für den Betrieb von Umwälzpumpen erforderlich.

Wirkungsgrad

Der **Wirkungsgrad** eines thermischen Kollektors sinkt mit der Umgebungstemperatur. Vakuumröhrenkollektoren weisen gegenüber Flachkollektoren im Temperaturbereich über 30° C einen bis zu 25% höheren Wirkungsgrad auf, sind damit für Anlagen zur Heizungsunterstützung besser geeignet, jedoch auch mehr als doppelt so teuer.



### Aktive Sonnenenergienutzung im Jahresgang

Neigung und monatlicher Ertrag für Flachkollektor

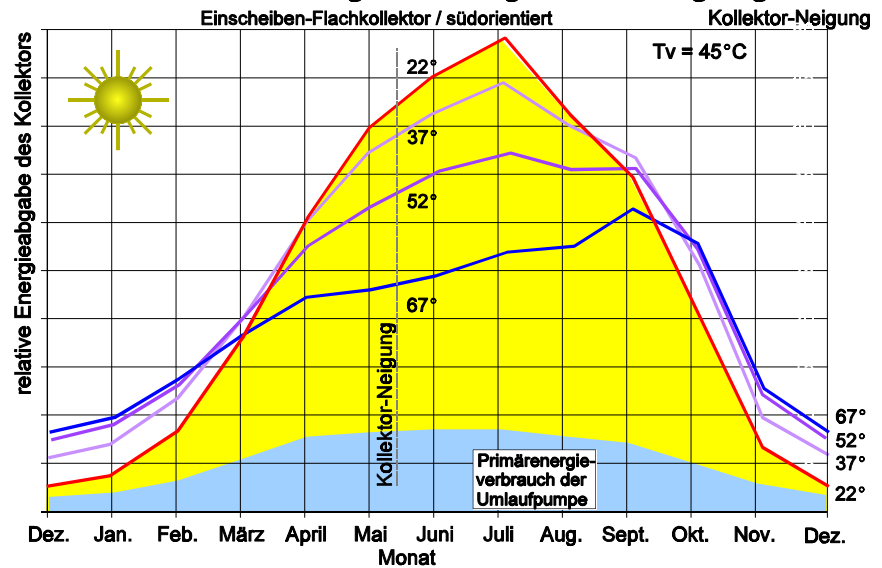


Abb.12: Energieabgabe eines Flachkollektors im Jahresgang in Abhängigkeit von der Neigung der Süd orientierten Kollektorfläche.

Der monatliche Energieertrag ist neben der Aufstellrichtung wesentlich von der Neigung abhängig. Flache Neigungswinkel erbringen im Sommer, steile im Winter optimierte Energieerträge.

Wärmebedarf

Der **Wärmebedarf** für Trinkwasser/Brauchwasser liegt nach EnEV bei 12,5 kWh/m<sup>2</sup><sub>An</sub>a.

Eine solarthermische Anlage für Trinkwasserbereitung ist insbesondere bei Gebäuden mit bereits erhöhtem Wärmeschutz eine sinnvolle Maßnahme zur weiteren Senkung des Wärmebedarfs.

Solarer Deckungsgrad

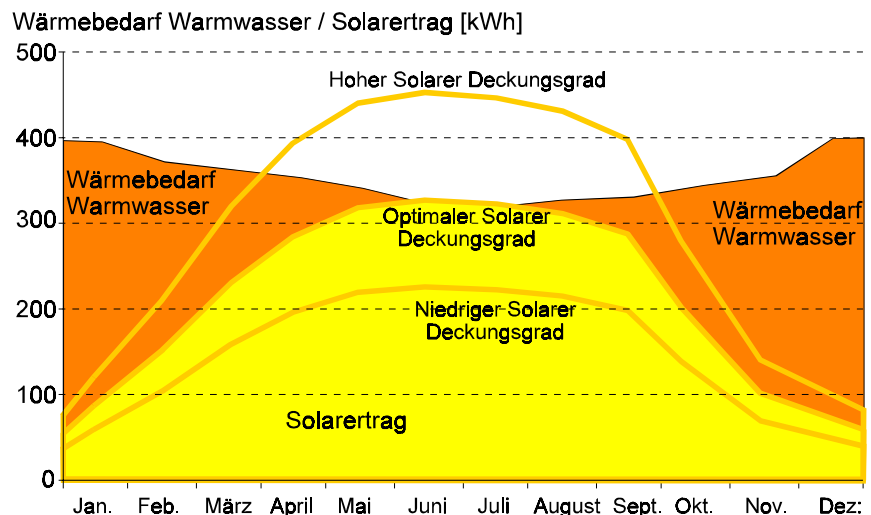


Abb.13: Solarer Deckungsgrad

erforderliche Kollektorfläche	<p>Um im Jahresmittel einen optimalen solaren Deckungsgrad von 60% zu erzielen sind ca. 1.0 -1,3 m<sup>2</sup> Flachkollektorfläche je Person oder ca. 3-4 m<sup>2</sup> je 100m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche notwendig.</p> <p>Der Entwurf zum EEWärmeG vom 05.12.2007 sieht eine Mindestkollektorfläche von 4% bezogen auf die Nutzfläche A<sub>N</sub> vor.</p> <p>Außerhalb der Heizperiode kann damit fast der gesamte Warmwasserbedarf solarthermisch abgedeckt und die konventionelle Kombi-Heizungsanlage stillgelegt werden.</p>
Anlagenaufwandszahl e <sub>p</sub>	<p>Damit erhöht sich die Effizienz der Heizungsanlage - die Anlagenaufwandszahl e<sub>p</sub> sinkt: die Primärenergieeinsparung der solarthermischen Anlage liegt damit über der eigentlich solarthermisch erzeugten Wärmemenge.</p>
Optimaler Deckungsgrad	<p>Die Erhöhung des Jahresdeckungsgrades über 60% hinaus führt, da im Sommer zunehmend überschüssige Wärme erzeugt wird, zu einem ungünstigeren Kosten-Nutzen-Verhältnis und ist deshalb nicht empfehlenswert (s. Abb. 13).</p>
Kosten und Kosteneinsparung	<p>Bei Investitionskosten von ca. 4000-6000 Euro für eine Flachkollektoranlage mit ca. 5 m<sup>2</sup> und 300 l Speicher für ein Einfamilienhaus wird bei einem Jahresdeckungsgrad von rund 60% eine jährliche Energiekosteneinsparung von rund 250-350 Euro erzielt.</p>
energetische Amortisation	<p>Die energetische Amortisationszeit einer thermischen Solaranlage liegt, bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 15-25 Jahren, zwischen 0,5 und 2,5 Jahren.</p>
Energieerzeugungskosten	<p>Die Erzeugungskosten je Kilowattstunde Wärme liegen für Anlagen mit Flachkollektoren bei etwa 18-25 Cent/kWh, bei Vakuum-Röhrenkollektoren bei etwa 25-40 Cent/kWh.</p>
Wirtschaftlichkeit	<p>Damit überschreiten die Wärmeerzeugungskosten der Solarthermie die herkömmlicher Wärmeerzeugung (ca. 7-18 Cent/kWh) deutlich. Für sich gesehen ist Solarthermie damit ohne Förderung oder Einsparungen im baulichen Wärmeschutz (d.h. Nachrüstung im Gebäudebestand) nicht wirtschaftlich.</p>
Solar-/Anlagenbonus nach EnEV	<p>Im Neubaubereich ergeben sich bei Gebäuden mit thermischer Trinkwasserbereitung gegenüber Gebäuden ohne Solarthermie infolge der nach EnEV rund 30%, unter Berücksichtigung des EEWärmeG teilweise bis zu 60% geringeren Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz (mittlerer U-Wert, vergl. Abb. 6, Seite 13) erhebliche Baukosteneinsparungen im Bereich der Wärmedämmung. Diese können die Kosten der Solaranlage erreichen oder sogar übertreffen. Damit sind thermische Solaranlagen bei Neubauten wirtschaftlich.</p>
Solaranlagen zur Heizungsunterstützung	<p>Solaranlagen zur Heizungsunterstützung sind nur bei Gebäuden mit hohem Wärmebedarf in der Übergangszeit, d.h. geringem baulichen Wärmeschutz und eingeschränkten Möglichkeiten zur passiven Sonnenenergienutzung sinnvoll. Bei Gebäuden mit niedrigem Wärmebedarf konkurrieren thermische Solaranlagen zur Heizungsunterstützung mit passiver Sonnenenergienutzung.</p>

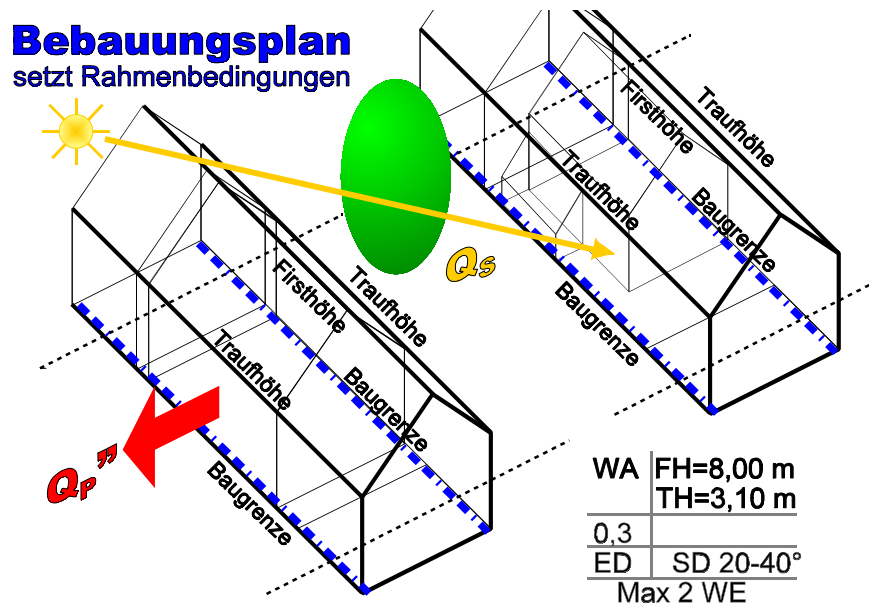
<b>Photovoltaik</b>	<b>1.5.3 Photovoltaik</b>
	Anlagen zur solaren Stromerzeugung können eine sinnvolle Alternative oder Ergänzung zu thermischen Solaranlagen darstellen.
Netzkopplung	Der erzeugte Strom wird i.d.R. vollständig in das Netz eingespeist, da die derzeitige Einspeisevergütung von knapp 50 Cent/kWh deutlich über dem Bezugspreis für Haushaltsstrom von ca. 18 Cent/kWh liegt.
Kosten	Die Investitionskosten liegen bei ca. (4000) 5000 bis 6500 Euro je kW installierter Leistung.  Die Erzeugungskosten für Solarstrom liegen bei optimalen Einstrahlungsbedingungen im Bereich von ca. 34 - 50 Cent/kWh.
Potential	Anders als bei der solaren Trinkwassererwärmung ist die Energiegewinnung nicht auf den Eigenbedarf begrenzt. Das Gesamtpotential für Solarstrom ist durch die Aufnahmefähigkeit des Netzes für fluktuierenden Strom auf ca. 10-20% der gesamten Stromerzeugung begrenzt.
energetische Amortisation	Die energetische Amortisationszeit für Photovoltaikmodule liegt, je nach Herstellungsort und Zellentyp zwischen etwa 3 und 8 Jahren. Hinsichtlich der Schadstoffbilanz sind insbesondere Module aus chinesischer Produktion kritisch zu beurteilen.
Wirkungsgrad	Anders als thermische Solaranlagen kann eine Photovoltaikanlage auch die diffuse Einstrahlung mit hohem Wirkungsgrad nutzen, reagiert andererseits mit Wirkungsgradeinbußen bei hohen Umgebungstemperaturen (Hinterlüftung notwendig) oder bei Teilverschattung von in Serie geschalteten Solar-Modulen mit Leistungsabfall.  Ca. 10-16% der Solareinstrahlung können von Photovoltaikanlagen in Strom umgewandelt werden.  Optimale Neigungswinkel der Anlagen werden nach unten durch den für die Selbstreinigung notwendigen Neigungswinkel von ca. 20° , nach oben durch die ab ca. 30° abnehmende Einstrahldichte auf ca. 40° begrenzt.
Photovoltaikanlage = Unternehmen	Die im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegten Mindestvergütungssätze für die Stromeinspeisung erlauben in der Regel einen wirtschaftlichen Betrieb der Photovoltaikanlage.  <b>Bei einer 100% Netzeinspeisung wird der Betreiber der Photovoltaikanlage zum, gegebenenfalls umsatzsteuerpflichtigen, Unternehmer.</b>
<b>Wärmepumpen</b>	<b>1.5.4 Wärmepumpen</b>
Funktionsprinzip	Wärmepumpen entziehen einem Medium mit niedrigem Temperaturniveau Energie um diese dann auf höherem Temperaturniveau an ein anderes Medium abzugeben. Für den Antrieb der Wärmepumpe muss Energie zugeführt werden.
Effizienz	Der Strom zum Betrieb von Wärmepumpen wird mit einem 2,4-3,8-fachen Primärenergieaufwand beim Verbraucher bereitgestellt. Um energieeffizient zu arbeiten muss die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe einen höheren Wirkungsgrad als die Stromerzeugung aufweisen.
Jahresarbeitszahl	Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe, d.h. das Verhältnis zwischen erzeugter Wärmemenge und eigenem Energieverbrauch, ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Heizmedium.

Heizungseignung	Wärmepumpenheizungen eignen sich damit nur für Gebäude mit geringem Energiebedarf und einer großflächigen Wärmeverteilung auf niedrigem Energieniveau, wie z.B. Fußboden- oder Wandheizung mit Vorlauftemperaturen um 35° C.
<b>Wärmequelle</b>	<b>Wärmequelle für Wärmepumpen / Geothermie</b>
Außenluft	Der Energieniveau der Wärmequelle sollte im Winter für Heizungsanlagen möglichst hoch sein. Außenluft kommt damit als Wärmequelle nicht in Betracht.
geeignete Wärmequellen	Als Energiequelle kommt das <b>Grundwasser oder Erdwärme</b> in Betracht, da das Erdreich bereits ab 5-10 m Tiefe auch im Winter die Jahresmitteltemperatur aufweist.
- Grundwasser	Fließendes <b>Grundwasser</b> ist als Wärmequelle besonders effizient, da ständig neue Wärme herantransportiert wird. Für die Nutzung ist eine Genehmigung der Wasserschutzbehörde notwendig.
- Erdwärme	Die <b>Erdwärme</b> kann über horizontal oder vertikal verlegte Wärmetauscher genutzt werden.
<b>horizontale Wärmetauscher</b>	Die preisgünstigeren <b>horizontalen Wärmetauscher</b> (Erdkollektoren oder Erdkorb) aus Kunststoffrohren werden in ein bis zwei Meter Tiefe im Gartenbereich verlegt und entziehen die in den oberen Bodenschichten im Sommer gespeicherte Sonnenwärme. Dabei sind <b>Leistungen</b> zwischen 10-40 W/m <sup>2</sup> (trockener-feuchter Boden) zu erwarten. Die insgesamt notwendige Fläche ist vom Wärmebedarf des Gebäudes und der Bodenbeschaffenheit abhängig. Als Anhaltswert für den <b>Flächenbedarf</b> ist etwa das doppelte der Wohnfläche notwendig. Hier werden Jahresarbeitszahlen von bis zu 3,5 erreicht. Kleinere Flächen führen zu geringen Jahresarbeitszahlen und Unterkühlung der Erdoberfläche.
- Leistung	
- Flächenbedarf	
<b>vertikaler Wärmetauscher</b>	Eine Alternative mit geringerem Flächenbedarf stellt ein <b>vertikaler Wärmetauscher</b> im Form von Erdsonden dar. Diese nutzen die Erdwärme und werden in meist 40-50 m, teilweise bis zu 150 m tiefen Bohrungen verlegt.  Erdsonden weisen gegenüber horizontalen Erdkollektoren einen höheren Wirkungsgrad und geringeren Freiflächenbedarf auf, sind jedoch durch die Wasserschutzbehörde genehmigungspflichtig. In den Wasserschutzzonen I und II sind Erdsonden untersagt.

## 2 Leitfaden für den städtebaulichen Entwurf

Wie lässt sich der Energiebedarf von Neubaugebieten durch energieeffiziente Bauleitplanung günstig beeinflussen ?

Der Bebauungsplan bestimmt die Rahmenbedingungen unter denen die Gebäude erstellt werden können. Dabei werden Festsetzungen getroffen, die den zukünftigen Energiebedarf maßgeblich beeinflussen.



Der Bebauungsplan schafft Rahmenbedingungen für energieeffizientes Bauen

Minderung des Heizwärmebedarfs

### Ansätze zur Verminderung des Heizwärmebedarfs

Zur Senkung des Heizwärmebedarfs als maßgeblicher Zielgröße der Minderung des umweltrelevanten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze notwendig:

Verlustminimierungsprinzip

o Das **Verlustminimierungsprinzip** versucht über die mögliche Ausformung der Baukörper bestimmende städtebauliche Festsetzungen die Wärmeverluste durch kompakte Baukörper zu minimieren.

Gewinnmaximierungsprinzip

o Das **Gewinnmaximierungsprinzip** versucht über die Anordnung der Gebäude durch Minimierung der Solaren Verluste möglichst hohe solare Gewinne zu ermöglichen.

Wechselwirkungen

Städtebauliche Maßnahmen zur Minimierung der Wärmeverluste bzw. zur Maximierung der Solargewinne stehen oftmals in Konkurrenz zueinander.

So vermindert beispielsweise die Reduzierung der Gebäudehöhe die Verschattungswirkung auf Nachbargebäude, führt also dort zu höheren Solargewinnen. Die gleiche Maßnahme erhöht oder vermindert jedoch auch die Kompaktheit, d.h. den spezifischen Wärmeverlust des Gebäudes selbst.

quantitative Optimierung notwendig

Dies macht in jedem Fall eine quantitative Optimierung, d.h. die Bilanzierung der solar und energetischen Wirkungen einer Maßnahme notwendig.

Computersimulation  
notwendig

Eine umfassende solar+energetische Planungsoptimierung erfordert aufgrund der komplexen Wirkungszusammenhänge immer eine Computersimulation.

Konzeption

Der notwendigen rechnerischen Optimierung geht immer die Entwicklung einer solar+energetisch tragfähigen städtebaulichen Konzeption voraus. Hierzu dienen die nachfolgenden Faustregeln.

Verminderung der  
Wärmeverluste

## 2.1 Verminderung der Wärmeverluste

Gebäude verlieren durch ihre Hüllfläche Wärme an die Umgebung.

Kompakte Gebäude  
ermöglichen!

Das in seiner energetischen Wirksamkeit bedeutendste städtebauliche Instrument zur Verminderung der Wärmeverluste ist die Minimierung der wärmeübertragenden Hüllflächen im Verhältnis zur Nutz- oder Wohnfläche, d.h. die Ermöglichung kompakter Gebäude im Rahmen der Bebauungsplanfestsetzungen.

A/V-Verhältnis

### A/V-Verhältnis - Kompaktheit der Gebäude

Als Maß für die Kompaktheit gilt verbreitet das Oberflächen/Volumen-Verhältnis A/V, welches auch in der EnEV verwendet wird: Je kleiner die wärmeübertragende Hüllfläche A im Verhältnis zum eingeschlossenen Gebäudevolumen  $V_e$ , desto niedriger der nach EnEV maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  und desto weniger Wärme verliert das Gebäude bezogen auf das Gebäudevolumen  $V_e$  und damit die volumenabhängige Nutzfläche  $A_N$ .

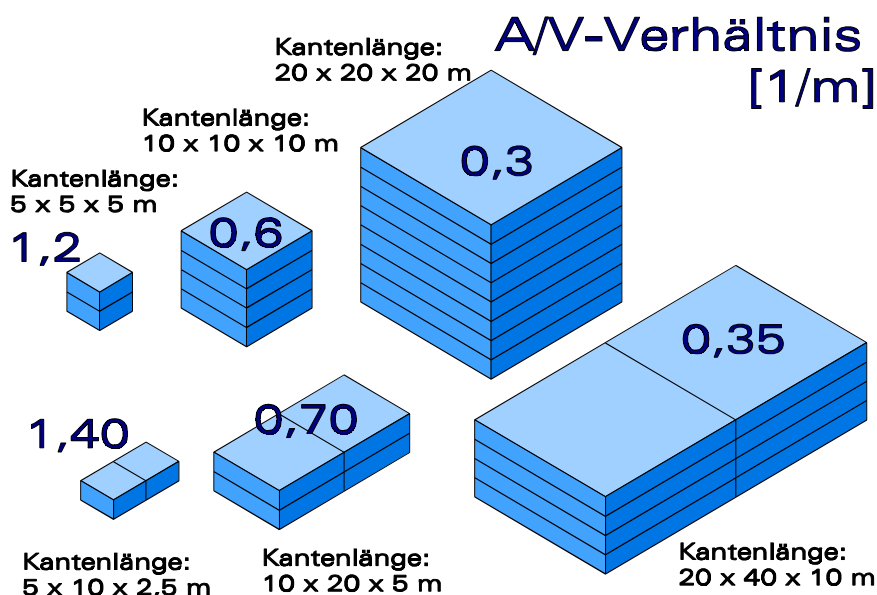


Abb.15: Baukörpervolumen und davon abhängiges A/V-Verhältnis.

## Gebäudevolumen

2.1.1 Gebäudevolumen  $V_e$ 

Das A/V-Verhältnis ist primär von der **absoluten Größe** des zusammenhängenden **Baukörpervolumens  $V_e$**  und erst sekundär von dessen Ausformung abhängig (Abb. 15). Hier gilt allgemein:

Je größer das Gesamtvolumen  $V_e$  eines zusammenhängenden Baukörpers, desto kleiner, d.h. günstiger ist das erreichbare A/V-Verhältnis.

## Gebäudetypologie

## 2.1.2 Bauweise / Gebäudetypologie

Für das A/V-Verhältnis ist zunächst die Bauform, d.h. die Gebäudetypologie maßgeblich. Für jede Bauform ergibt sich innerhalb der vom jeweiligen Baukörpervolumen bestimmten Spannweite ein typisches A/V-Verhältnis.

## Gebäudetypologie und A/V-Verhältnis

A/V-Werte der verschiedenen Bauformen reichen dabei von 0,25 bei einer mehrgeschossigen Blockrandbebauung bis zu etwa 1,2 bei einem eingeschossigen Winkelbungalow (siehe Abb.16).

Verdichtete Bebauungsformen tendieren grundsätzlich zu günstigen A/V-Verhältnissen.

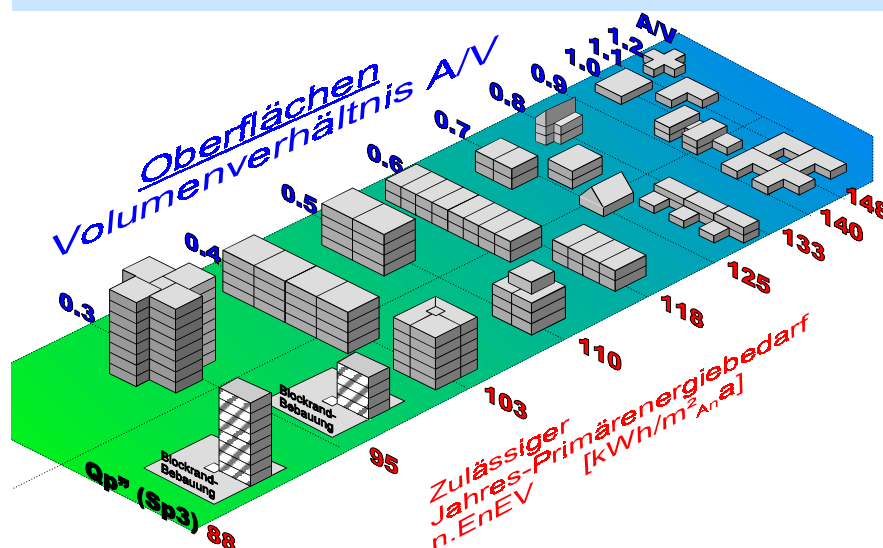


Abb.16: Typische A/V-Verhältnisse unterschiedlicher Gebäudetypen.

Die Wahl der Bauform ist eine wesentliche städtebauliche Weichenstellung für den Heizwärmebedarf einer Neubausiedlung.

## Ausformung

## 2.1.3 Ausformung der Baukörper

Neben dem absoluten Volumen eines Baukörpers, d.h. dem Gebäudetyp ist auch dessen Ausformung für das A/V-Verhältnis bedeutend.

## Günstige Gebäudeabmessungen als Ziel

Da die Gebäudetypologie in der Regel nicht durch energetische Überlegungen, sondern durch die Marktnachfrage bestimmt wird, konzentriert sich der Handlungsrahmen energieeffizienter Stadtplanung auf die energetisch günstige **Ausformung der Gebäude innerhalb einer Gebäudetypologie** durch geeignete Festsetzung der überbaubaren Grundstücksfläche und der Höhe baulicher Anlagen.

Geometrische Gesetze -  
nur bedingt gültig!

Den geometrischen Gesetzen folgend würde sich ein möglichst großer, gleichseitiger Würfel bzw. ein Kreiszyylinder oder eine Kugel als idealer Baukörper anbieten. Dies ist jedoch nur teilweise richtig, da ein Bauteil an das Erdreich nur halb so viel Energie verliert als an die Außenluft.

Bei identischem A/V-Verhältnis und Wärmeschutz verliert damit ein flaches Gebäude weniger Energie als ein turmartiges.

Für die Bewertung der Kompaktheit müssen deshalb die wärmeübertragenden Oberflächen mit einem Temperaturkorrekturfaktor gewichtet werden.

**Kleine Baukörper**

### 2.1.3.1 Kleine Baukörpervolumina

Zumindest für kleinere, freistehende Gebäude mit einem Baukörpervolumen bis ca. 2000 m<sup>3</sup> oder ca. 8 Wohneinheiten sollte:

Grundriss

- Das Baufenster einen Gebäudegrundriss mit einem Längen- zu Tiefen-Verhältnis von 1:1 bis 3:2 ermöglichen.

Höhenentwicklung

- Die mittlere Dachhöhe  $H (= (TH+FH)/2)$  im Verhältnis zur Kantenlänge des Gebäudegrundrisses etwa im Bereich von 2 zu 3 liegen. Dabei steht eine optimale Nutzbarkeit eines Dachgeschosses bei der konkreten Höhenbestimmung im Vordergrund.

Die beiden Grundkanten eines kleineren Baukörpers können zueinander ein Verhältnis von 1:1 bis 3:2 aufweisen. Die mittlere Höhe des Baukörpers sollte gegenüber der mittleren Grundkantenlänge eher kleiner sein, d.h. ein Höhen zu Grundkanten-Verhältnis von 1:1 bis 2:3 einhalten.

**Große Baukörper**

### 2.1.3.2 Große Baukörpervolumina

Die **Erfordernis einer natürlichen Belichtung und Belüftung begrenzt** - zumindest im Wohnungsbau - **die größtmögliche quadratische Grundfläche** eines einzelnen Baukörpers auf maximal 15m-17m und damit die Wahl der energetisch idealtypischen Bauform.

Längen zu Tiefen und Höhen-  
Verhältnis entscheidend

Damit kommt der Wahl eines günstigen Längen zu Tiefen und Höhen-Verhältnisses eine entscheidende Bedeutung zu.

Ziel muss immer eine möglichst kompakte, zusammenhängende Bauform sein, welche die Gebäudeoberfläche gering hält.

Durch ein knapp bemessenes, auf das Maß der baulichen Nutzung abgestimmtes Baufenster kann auf städtebaulicher Ebene einer starken Auflösung von Baukörpern entgegengewirkt werden.

Nachfolgend wird gezeigt, wie sich die Veränderungen der einzelnen Baukörperabmessungen auf das A/V-Verhältnis auswirken. Es werden **Schwellenwerte** aufgezeigt, ab welchen einerseits besonders starke und andererseits keine wesentlichen Auswirkungen auf das A/V-Verhältnis und damit den zulässigen spezifischen Wärmeverlust mehr feststellbar sind.

Bitte beachten Sie, dass das Baukörpervolumen bei dieser Darstellungsweise nicht konstant bleibt, sondern mit dem jeweils dargestellten Geometriefaktor anwächst.



**Gebäudelänge****Länge der Baukörper**

Das A/V-Verhältnis eines Baukörpers nimmt - bei unverändertem Baukörperquerschnitt - mit zunehmender Länge L des Gebäudes oder der Hausgruppe ab.

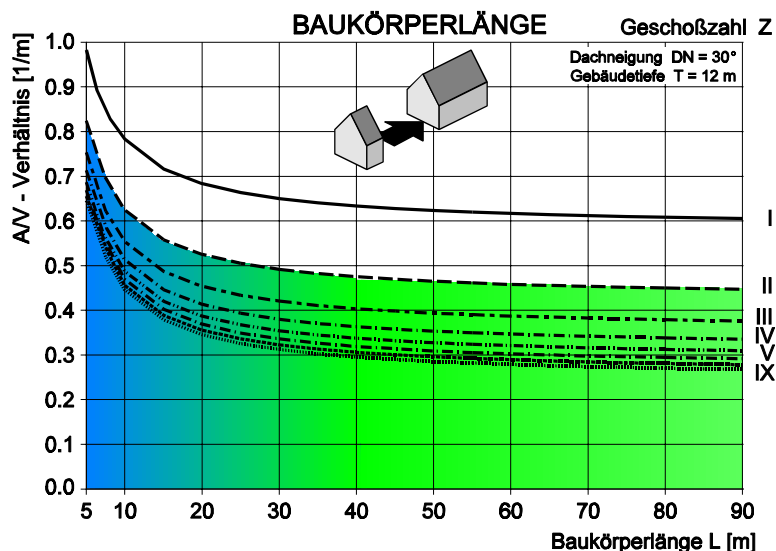


Abb.17: Kompaktheit (A/V-Verhältnis) in Abhängigkeit von der Baukörperlänge L (Gebäude- bzw. Zeilenlänge).

Während bei unterschreiten einer Gebäudelänge von etwa 15m-20m das A/V-Verhältnis überproportional ansteigt verliert sich bei Gebäude-/Zeilenlängen von mehr als 40 bis 60 m der Einfluß zunehmend (Abb. 17).

**Optimale Gebäudelänge**

Die Gebäude-/Zeilenlänge sollte aus energetischen Gesichtspunkten bei zweigeschossigen Gebäuden ca. 20 m, bei mehrgeschossigen Gebäuden ca. 30 m nicht unterschreiten. Eine Erhöhung der Länge des Baukörpers über 60 m hinaus ist dagegen energetisch kaum noch wirksam.

**Gebäudetiefe****Tiefe der Baukörper**

Mit zunehmender Baukörpertiefe verbessert sich das A/V-Verhältnis. Dabei ist kein ausgeprägter Schwellenwert, jedoch ein überproportionaler Anstieg des A/V-Verhältnisses mit abnehmender Baukörpertiefe feststellbar (siehe Abb. 18).

Tiefe Gebäude verursachen bei identischer Höhe, GFZ und GRZ aufgrund der dann größeren Zeilenabstände eine geringere Verschattung der Umgebung.

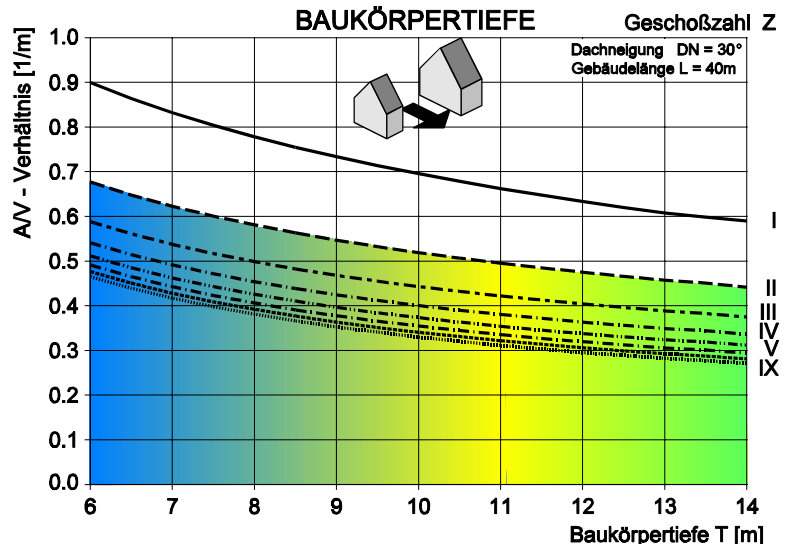


Abb.18: Kompaktheit (A/V-Verhältnis) in Abhängigkeit von der Baukörpertiefe T.

Minimale Baufenstertiefe

Geringe Gebäudetiefen beeinflussen das A/V-Verhältnis ungünstig. Die Gebäudetiefe sollte deshalb 10 m nicht unterschreiten.

Höhenentwicklung

Anzahl der Geschosse

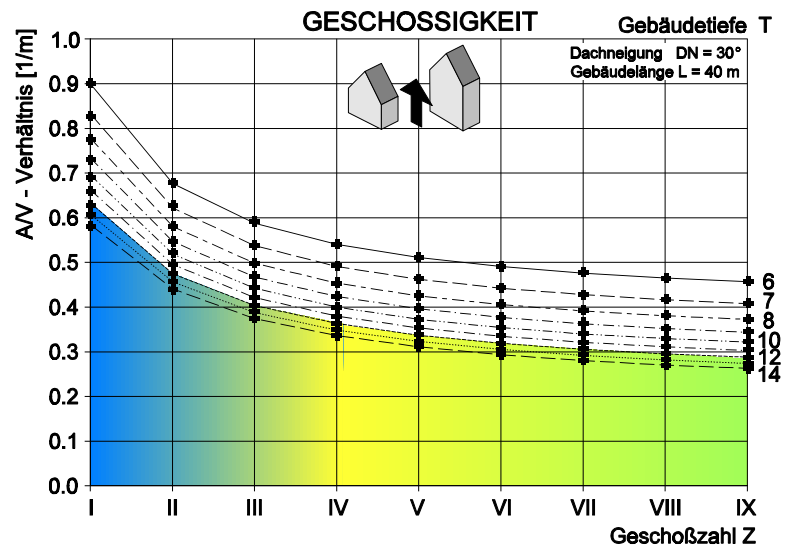


Abb.19: Kompaktheit (A/V-Verhältnis) in Abhängigkeit von der Anzahl der Vollgeschosse Z.

Das A/V-Verhältnis wird mit steigender Anzahl der Vollgeschosse Z günstiger.

Optimale Geschossigkeit

Beim Übergang von einem auf zwei Vollgeschosse ist ein sehr starker, beim Übergang von zwei auf drei Vollgeschosse ein starker Rückgang des A/V-Verhältnisses zu verzeichnen.

Faustregel

Dagegen schwindet der Einfluß der Geschosshöhe auf das A/V-Verhältnis bei mehr als 6 Geschossen zunehmend (siehe Abb. 19).

Die Geschosshöhe beeinflusst das A/V-Verhältnis maßgeblich. Bei weniger als 2-3 Vollgeschossen ist ein sehr deutlicher Anstieg des A/V-Verhältnisses und damit des Heizwärmebedarfs feststellbar.

Eingeschossige Bauformen sollten deshalb vermieden werden. Dagegen ist bei mehr als 5-6 Vollgeschossen keine wesentliche Verbesserung des A/V-Verhältnisses mehr zu erwarten.

**Dachausformung**

A/V-Verhältnis irreführend

**Dachausformung**

Anders als bei der Länge und Tiefe der Gebäude ist das A/V-Verhältnis bei der Beurteilung der Dachausformung irreführend (siehe auch Beispiel Seite 9), da der spezifische Heizwärmebedarf auf die reale Wohnfläche WF nach Wohnflächenverordnung (WoFIVo) bezogen werden muss.

Parameter der Kompaktheit

Diese wird bei Dachräumen wesentlich beeinflusst von:

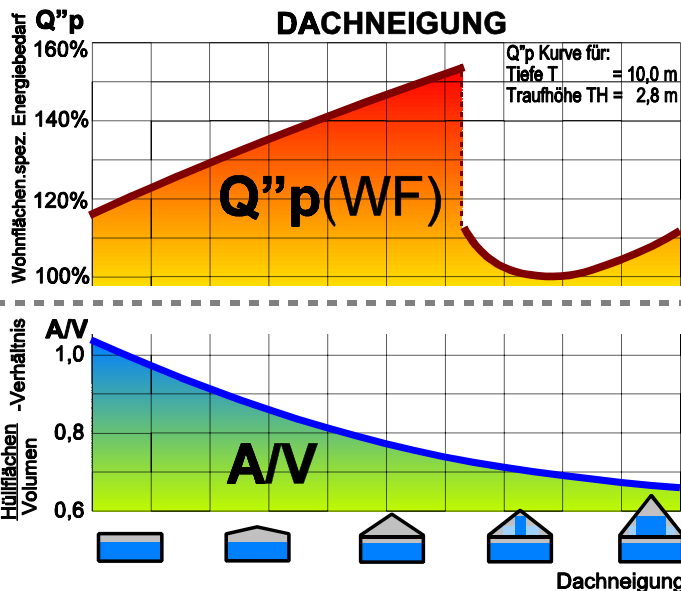
- Dachform,
- Dachneigung (bzw. FH),
- Drempehöhe (bzw. TH) und
- Baukörpertiefe.

Zwischen A/V-Verhältnis und realem wohnflächenbezogenen Heizenergiebedarf sind oftmals gegenläufige Tendenzen feststellbar, denn eine größere Geschosshöhe oder ein großer Luftraum im DG erhöht zwar das Gebäude-Volumen V und damit die imaginäre Nutzfläche  $A_N$  nach EnEV, nicht aber die real nutzbare Wohnfläche WF.

**Dachneigung, First- und Traufhöhe**

A/V-Verhältnis und Energiebedarf sind oft gegenläufig

**Dachneigung und Firsthöhe**



Das A/V-Verhältnis ist kein Maß für den Energiebedarf

Abb.20: Wohnflächenspez. Heizenergiebedarf und Oberflächen/Volumen-Verhältnis A/V in Abhängigkeit von der Dachneigung (Gebäudehülle=Dämmlage)

geneigte Dachformen

Bei allen **geneigten Dachformen** können bereits geringe Änderungen der Höhenfestsetzungen (Traufhöhe TH, Firsthöhe FH bzw. Dachneigung DN)

	den wohnflächenspezifischen Wärmeverlust und damit den tatsächlichen Heizenergiebedarf um bis zu 50% verändern.
	Die Sprünge ergeben sich aus der Anrechenbarkeit eines Dachgeschosses als Aufenthaltsraum bzw. aus der tatsächlichen Nutzbarkeit der Flächen im Dachgeschoss (Stehhöhe).
Beurteilungskriterien für Kompaktheit	Die „Kompaktheit“ der Dachform kann nicht anhand des A/V-Verhältnisses, sondern nur anhand einer wohnflächenbezogenen Größe beurteilt werden.
„Ideale Dachneigung“	Die ideale Dachneigung ist von der Dachform, der Drempehöhe und der Gebäudetiefe abhängig. Bei einer geringen Drempehöhe sind steilere Dachformen günstig. Mit wachsender Drempehöhe werden zunehmend flachere Dachneigungen günstiger.
- Satteldach	Bei Satteldächern lässt sich ein günstiger Wärmeverlust erzielen bei einer Dachneigung von: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10° bis 20° verbunden mit einer Drempehöhe um zwei Meter oder</li> <li>- 40° bis 45° verbunden mit einer Drempehöhe um einen Meter.</li> </ul>
- Pultdach	Für Pultdächer günstige Dachneigungen sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 25° bis 30° für eine Drempehöhe um einen Meter oder</li> <li>- 3° bis 5° bei Drempehöhen um zwei Meter.</li> </ul>
- Flachdach	Flachdachlösungen oder flach geneigte Pultdächer (DN<5°) mit <u>anrechenbaren</u> Vollgeschossen sind Dachgeschossen mit 10° bis 20° geneigten Pultdächern vorzuziehen.
Dacheinschnitte und Dachaufbauten	Dacheinschnitte, Gaupen oder Gebäudeversprünge sind demgegenüber energetisch eher von untergeordneter Bedeutung - der Gestaltungsspielraum von Bauherren bleibt damit auch bei energieeffizienten Planungen unberührt.
	Die Höhenfestsetzung ist die in ihrer quantitativen energetischen Wirkung wichtigste Festsetzung.
	Die ideale Höhenfestsetzung, auch hinsichtlich der Kombination der erforderlichen Festsetzungen FH, TH und DN muss in jedem Fall individuell rechnerisch ermittelt werden.
<b>Energetische Rangfolge der Dachformen</b>	<b>Dachform</b>
	Zusammen mit der Dachneigung besitzt auch die Dachausformung einen wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf eines Gebäudes.
	Bei optimierter Dachneigung, Trauf- und Firsthöhe ergibt sich hinsichtlich des geringsten Wärmeverlustes folgende energetische Rangfolge:
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flachdach (bei <math>Z \geq II</math>)</li> <li>2. Satteldach</li> <li>3. Pultdach</li> <li>4. Tonnendach</li> <li>5. Staffelpultdach</li> <li>6. Staffeldach</li> </ol>
Energetische Relevanz	Durch geeignete Festsetzung der zulässigen Gebäudeabmessungen kann der Wärmeverlust in Neubaugebieten innerhalb einer Spannweite von rund 30 kWh/m <sup>2</sup> <sub>WFa</sub> beeinflusst werden.

Einsparpotential

Hierdurch können jährlich zwischen 2 und 4 Euro Heizkosten je Quadratmeter Wohnfläche eingespart werden. Gleichzeitig können die Baukosten um bis zu 50 Euro je Quadratmeter Wohnfläche gesenkt werden.

Passive  
Sonnenenergienutzung

## 2.2 Wärmegewinne durch passive Sonnenenergienutzung

Der städtebauliche Entwurf schafft oder verhindert mit seinen Vorgaben die Möglichkeiten zur effizienten Nutzung der Sonnenenergie. Ungünstige städtebauliche Vorgaben können den verfügbaren Solargewinn halbieren.

Wohngebäude

Die Folge sind bei **Wohngebäuden** ein erhöhter Heizwärmebedarf und sogar erhöhte Baukosten, da aufgrund der  $Q_p$ -Anforderung der EnEV ungünstige Besonnungsvoraussetzungen teilweise durch eine verstärkte Wärmedämmung ausgeglichen werden müssen.

Grundsätzlich gilt: Je höher der Wärmedämmstandard desto höhere Anforderungen sind an den Städtebau hinsichtlich günstiger Besonnungsvoraussetzungen zu stellen.

Definition

„Solare Verluste“ und  
„Verfügbarer Solargewinn“

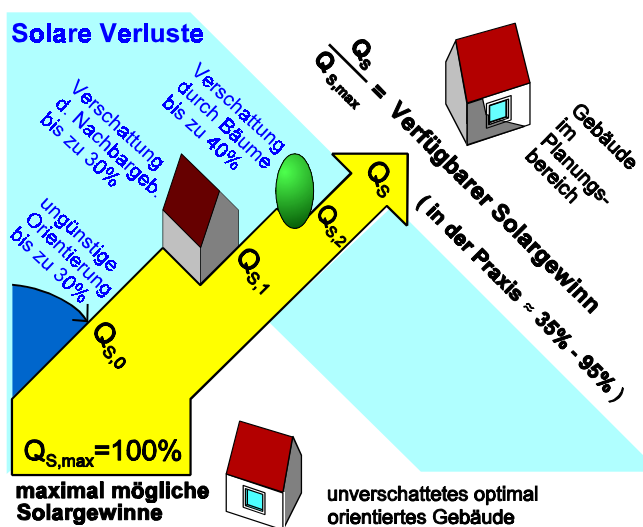


Abb.21: Definition des verfügbaren Solargewinns und des Solaren Verlusts

Bürogebäude

Bei **Bürogebäuden** tritt dagegen, infolge der meist hohen Kompaktheit der Baukörper und der höheren internen Wärmegewinne oft schon im Winter Kühlbedarf auf. Hier muss energieeffiziente Stadtplanung das Ziel der Verminderung der Solareinstrahlung in das Gebäude verfolgen.

Wesentliche Ursachen für  
„Solare Verluste“

Die wesentlichsten städtebaulichen Rahmenbedingungen, welche die passiv-solaren Verluste bestimmen, sind:

- die Ausrichtung der Gebäude
- die Verschattung durch Nachbargebäude
- die Verschattung durch Vegetation
- und in besonderen Fällen die Verschattung durch die Topographie.

Solare Verluste nach Ursachen

Solare Verluste nach Ursachen[%]

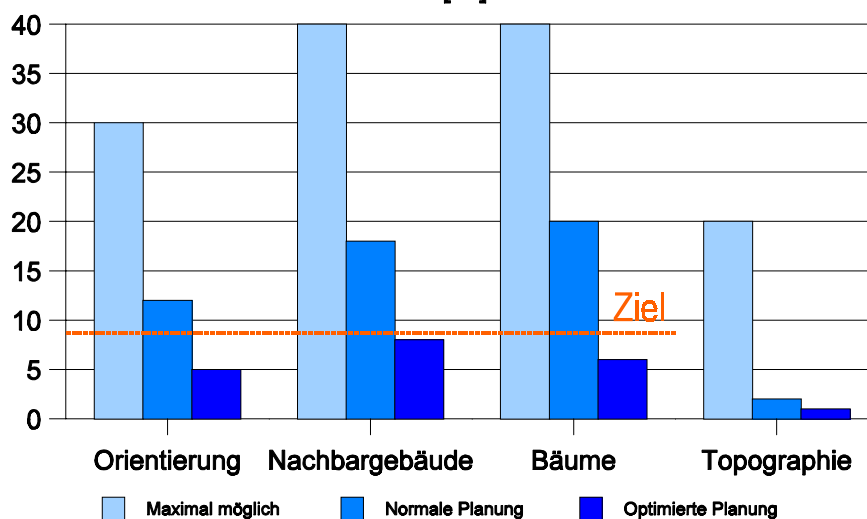


Abb.22: Maximale/Übliche/Optimierte Solare Verluste nach Ursachen

Kriterien für energieeffiziente Stadtplanung

Bei energieeffizienter Stadtplanung sollte die Summe der solaren Verluste aus Orientierung sowie Verschattung durch Nachbargebäude und Bäume 20% nicht überschreiten.

Solare Verluste durch ungünstige Orientierung

## 2.2.1 Ausrichtung der Gebäude

Unterschiede nach Gebäudetyp

Die Ausrichtung von Gebäuden wird durch das Erschließungssystem und die Anordnung der überbaubaren Grundstücksflächen bestimmt.

Der Einfluss der Orientierung eines Gebäudes auf dessen **Solargewinne** wird von der Ausrichtung und Größe der einzelnen, auf die verschiedenen Fassaden verteilten Fensterflächen bestimmt.

Diese Verteilung ist vom Gebäudetyp abhängig. Ein freistehendes Einfamilienhaus weist deshalb bei Ost-West Ausrichtung gegenüber einem Reihemittelhaus nur eine halb so hohe Einstrahlungsverminderung auf.

Lokalklima

Zudem verschieben lokalklimatisch bedingte Wolkenbildungen am Vor- bzw. Nachmittag das Einstrahlungsmaximum um bis zu 7° aus der Südrichtung.

maximal möglicher orientierungsbedingter Solarer Verlust

Da sich bei der Drehung von Gebäuden positive und negative Auswirkungen auf einzelne Fenster überlagern, wird der solare Verlust durch ungünstige Gebäudeorientierung bei üblichen Fensteraufteilungen auf etwa 30% der bei optimaler Ausrichtung möglichen Solargewinne begrenzt.

Bei Gebäuden mit nur drei Fassaden mit Fenstern (Doppelhaus, Reihendhaus) wird das Einstrahlungsmaximum erst bei einer Südabweichung von bis zu 20° erreicht. Dabei ergeben sich deutlich differierende Einstrahlungsbedingungen für den linken und rechten Endtyp (schwarz gestrichelte Kurve: rechter Endtyp).

orientierungsbedingte  
Solare Verluste

Solare Verluste durch ungünstige Gebäudeorientierung in %

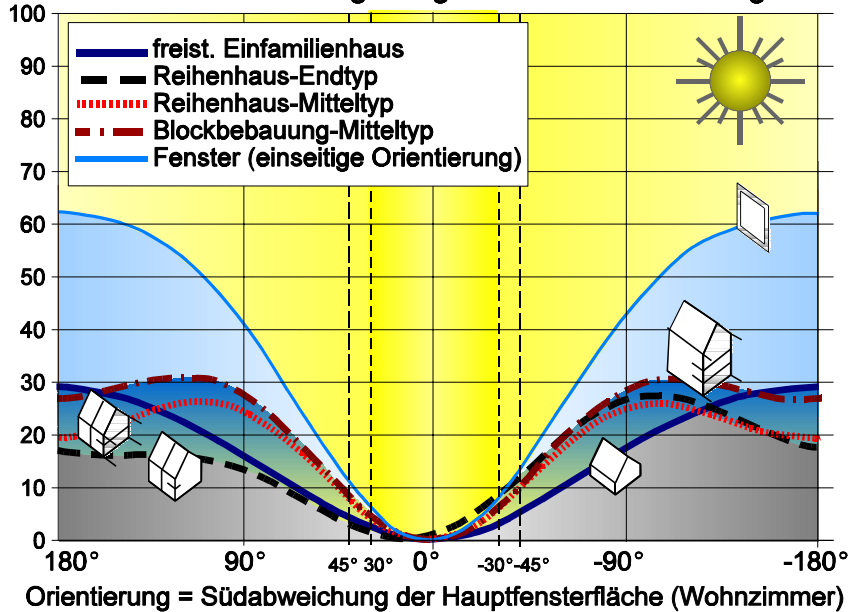


Abb.23: Einfluss der Ausrichtung der Hauptfensterflächen auf den Solaren Verlust verschiedener Gebäudetypen (ohne Verschattung).

Faustregel

Die Orientierung sollte bei der Mehrzahl der Gebäude im Planungsbereich um nicht mehr als etwa  $\pm 30^\circ$  aus der Südrichtung abweichen.

Eine strikte Süd-Ausrichtung oder die Ausrichtung aller Gebäude nach Süden ist nicht notwendig.

Eine überwiegend Ost-West orientierte Bebauung ist solarenergetisch nicht vertretbar.

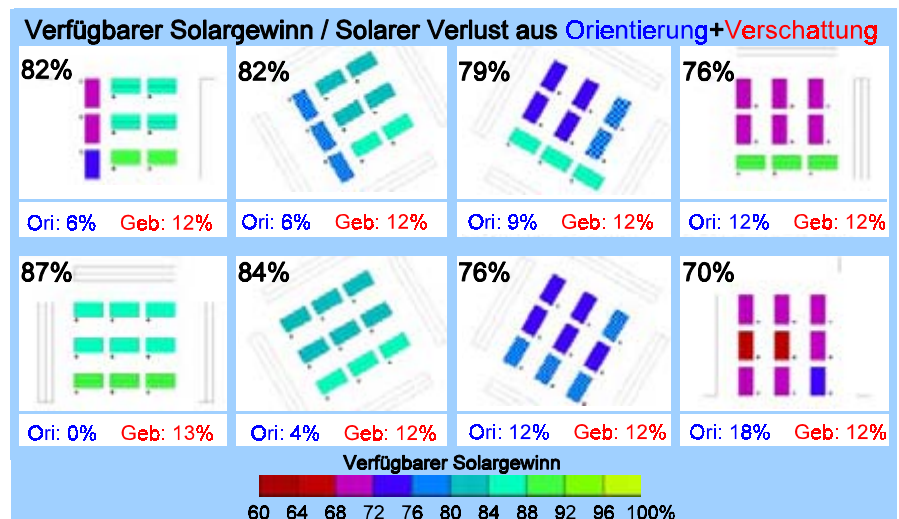


Abb.24: Verfügbarer Solargewinn (Farbfüllung: hellgrün=100%, dunkelrot=60%) und Solarer Verlust (Zahl) aus Südabweichung (blau) und gegenseitiger Verschattung der Gebäude (rot) bei 0°, 30°, 60° und 90° Ost-Drehung der Zeilenstruktur aus der Südrichtung (Umgebung: Blockrandbebauung).

**Gegenseitige Verschattung von Gebäuden**

**2.2.2 Gegenseitige Verschattung von Gebäuden**

Die **Verschattung durch Nachbargebäude** verursacht bei größeren bis mittleren Gebäudeabständen (Abstand/Höhe > 2,3) einen eng auf die Wintermonate November bis Januar konzentrierten solaren Verlust. Mit abnehmendem Gebäudeabstand nimmt die Verschattungswirkung auch im Herbst und Frühjahr deutlich zu.

Die Verschattungswirkung ist direkt abhängig von dem Verhältnis zwischen dem Abstand der schattenwerfenden Kante A und der Höhendifferenz H der schattenwerfenden Kante zum Fußpunkt der Fassade sowie von der Länge der schattenwerfenden Gebäude und deren seitlichem Abstand zueinander.

Die Abbildung zeigt den mittleren solaren Verlust während der Heizperiode (Basis EnEV) für gleich hohe, parallele, ununterbrochene Zeilen, in Abhängigkeit vom A/H-Verhältnis, als Mittelwert über die gesamte Fassadenhöhe.

Solare Verluste infolge Verschattung durch Nachbargebäude

Verschattungswirkung geschlossener Bauweise

**Solarer Verlust infolge Verschattung durch Nachbargebäude in %**

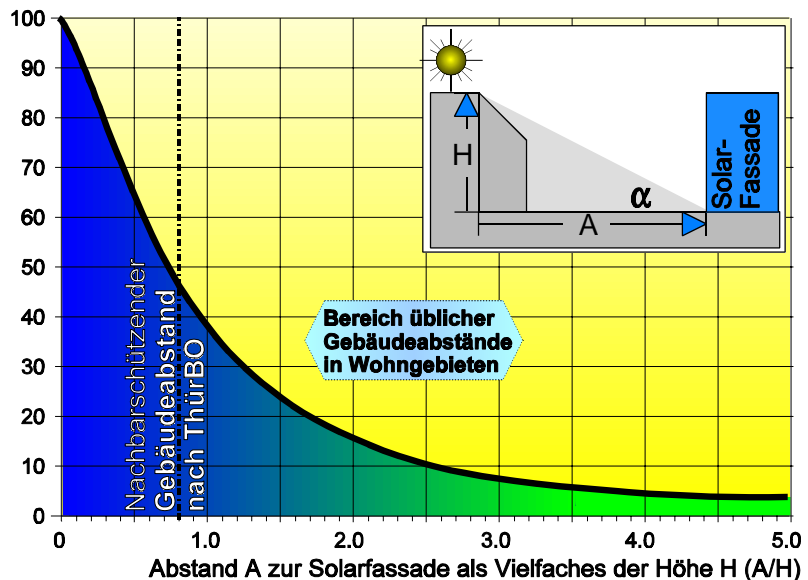


Abb.25: Solarer Verlust in Abhängigkeit vom Abstands-/Höhen-Verhältnis A/H einer geschlossenen Bebauung

Verschattungswirkung bei offener Bauweise

Bei Einfamilienhäusern in offener Bauweise mit seitlichem Mindestabstand vermindert sich die Verschattungswirkung um etwa 1/8.

Abstandsregel

Der Abstand zwischen der Fassade und der schattenwerfenden Kante sollte nach Westen, Süden und Osten bei Zeilen gleicher Höhe mindestens das 2,7-fache der Höhe der schattenwerfenden Kante aufweisen (Verschattungswinkel Alpha < 20°).

Eine Vergrößerung des Abstandes über die 3,5-fache Gebäudehöhe hinaus erbringt keine wesentliche Erhöhung der Solargewinne.



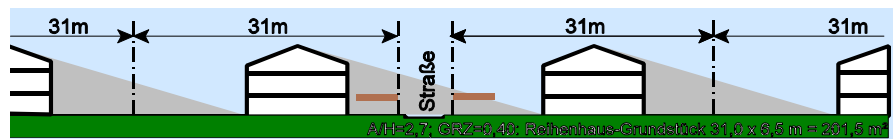


Abb.26: Bei einer zweieinhalbgeschossigen Reihenhausbauweise mit GRZ=0,4 ergibt  $A/H=2,7$  Grundstücke mit rund  $200\text{m}^2$ , bei einer Grundstückstiefe von 31m.

Verschattungswirkung und Ausrichtung der Fensterflächen

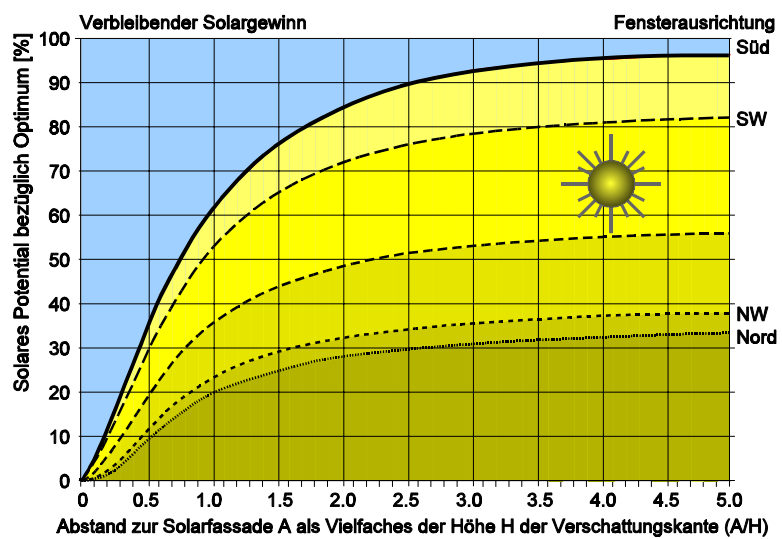


Abb.27: Verschattungswirkung in Abhängigkeit von der Orientierung

Der prozentuale Solare Verlust einer Fensterfläche infolge Verschattung durch Nachbargebäude ist weitgehend unabhängig von der Ausrichtung der Fensterfläche und ergibt sich aus dem Produkt der verfügbaren Solargewinne.

Beachtenswert ist der solare Verlust infolge verminderter Diffuseinstrahlung bei der Nordfassade.

## Verschattung durch Bäume

Laubabwerfende Bäume

Nadelbäume

## 2.2.3 Verschattung durch Vegetation

Die durch laubabwerfende Bäume verursachten Solaren Verluste teilen sich quantitativ etwa zu gleichen Teilen auf den belaubten Zeitraum im Herbst von September bis etwa Mitte November und die Verschattung durch das Geäst im unbelaubten Zeitraum von etwa Mitte November bis Mitte April auf. Die Verschattung nach dem Blattaustrieb ab Mitte April ist von der quantitativen Wirkung her ohne große Bedeutung.

Die Verschattungswirkung von Nadelbäumen ist der von Gebäuden gleichzusetzen.

### 2.2.3.1 Verschattung durch geschlossene Baumreihen

Der durch Bäume verursachte Solare Verlust ist vom Verhältnis zwischen Baumhöhe und Abstand des Baums zu der Fassade, der Höhe des Baums im Verhältnis zu der Gebäudehöhe, der Baumart und der Dichte der Bepflanzung abhängig.

## Verschattungswirkung durch geschlossene Baumreihen laubabwerfender Bäume

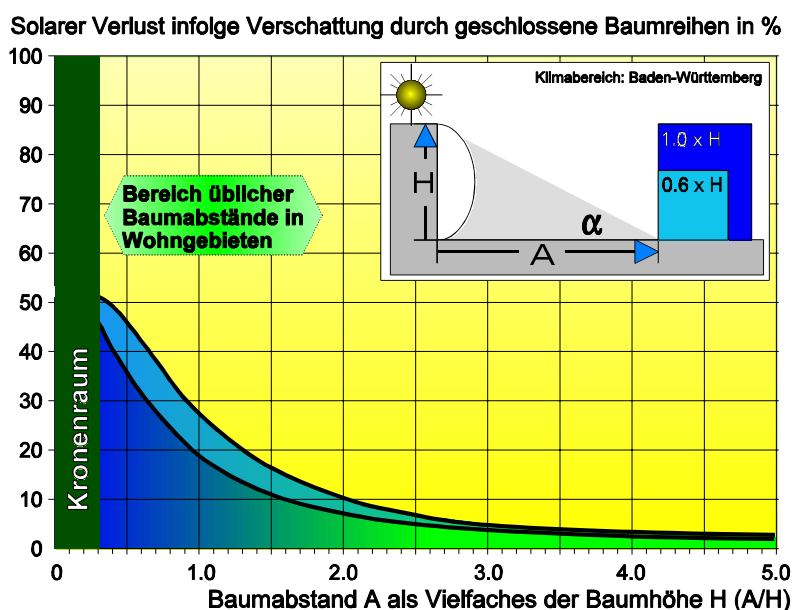


Abb.28: Solarer Verlust in Abhängigkeit von Abstand A und Höhe H einer geschlossenen Baumreihe für zwei Gebäudehöhen

Die Abbildung zeigt den während der Heizperiode durch eine geschlossene Baumreihe verursachten Solaren Verlust in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen Abstand A des Baumes zum Gebäude und Höhe H des Baums für gleich hohe und niedrigere Gebäude.

Der prozentuale Solare Verlust einer Fensterfläche infolge Baumverschattung ist dabei von deren Ausrichtung weitgehend unabhängig.

### Abstandsregel Baumreihen

Geschlossene Baumalleen sollten zumindest die 2,0-fache Baumhöhe als Abstand zu südwestlich bis südöstlich ausgerichteten Fassaden einhalten (Verschattungswinkel  $\alpha < 35^\circ$ ). Einzelbäume sollten nicht direkt vor den Hauptfensterflächen angeordnet werden.

### Dichte der Bepflanzung

Der notwendige Abstand zu Solarfassaden ist auch von der Dichte in welcher Bäume neben- bzw. hintereinander gepflanzt werden abhängig. Bereits 3-4 hintereinander gepflanzte Bäume verhindern, auch ohne Belaubung, allein durch das Geäst den Lichtdurchgang praktisch vollständig. Baumgruppen oder Alleen müssen deshalb einen größeren Anstand zu Gebäuden einhalten als Einzelbäume.

Bei lockeren Baumreihen vermindert sich der mittlere Solare Verlust proportional zur Pflanzdichte.

### 2.2.3.2 Verschattung durch Einzelbäume

Die Verschattungswirkung von Einzelbäumen wird durch deren Lage und Abstand zu den Fensterflächen der Gebäude bestimmt.

Bei allen Baumstandorten muss bedacht werden, dass während der Vegetationsperiode direkt vor den Fenstern angeordnete Bäume die natürliche Belichtung stark beeinträchtigen und hierdurch einen erhöhten Strombedarf verursachen können.

### Verschattungswirkung von laubabwerfenden Einzelbäumen

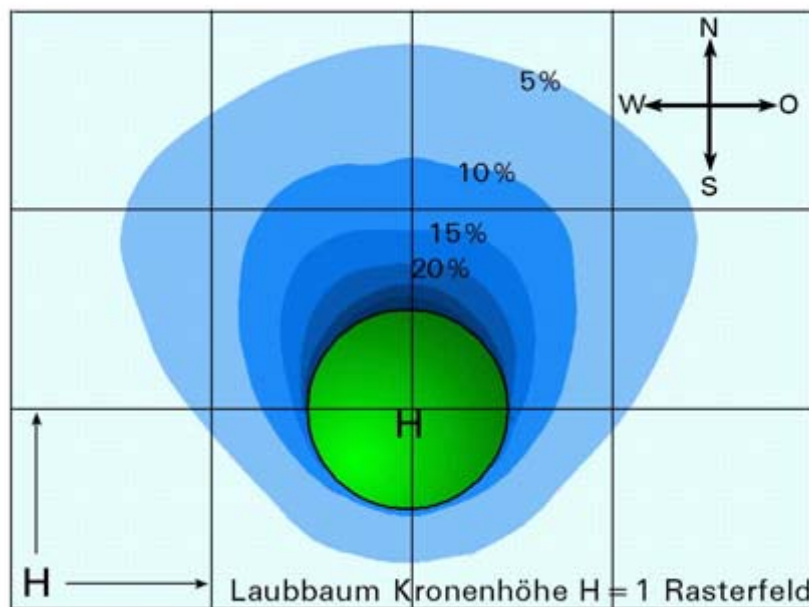


Abb.29: Verschattungswirkungsfeld eines Einzelbaums bezogen auf ein gleichhohes Gebäude.

Die Abbildung 29 quantifiziert den Solaren Verlust eines Gebäudes (Gebäudehöhe = Baumhöhe) im Umfeld eines Baums während der Heizperiode.

### Abstandsregel Einzelbäume

Einzelbäume sollten als Abstand zu Fassaden mit Fensterflächen die 1,2 bis 1,5-fache Wuchshöhe, Baumgruppen und Alleen die 1,5 bis 2,0-fache Wuchshöhe einhalten.

### Zunahme des Heizwärmebedarfs infolge Solarer Verluste

Dämmstandard

#### 2.2.4 Einfluss solarer Verluste auf den Heizwärmebedarf

Mit steigendem Dämmstandard wirken sich die Solargewinne zunehmend auf die Heizwärmebilanz aus. Damit steigen die Anforderungen an „solargerechten“ Städtebau. Gleichzeitig verschiebt sich auch die energetische Relevanz der einzelnen Ursachen für solare Verluste. So erfordert das Passivhaus sowohl eine striktere Süd-Orientierung als auch etwas größere Gebäudeabstände, während die Verschattungswirkung von Bäumen beim Passivhaus, infolge der kürzeren Heizperiode relativ an Bedeutung verliert.

Der Einfluss der städtebaulichen Parameter Orientierung und Verschattung auf den Heizwärmebedarf eines Gebäudes steigt mit zunehmendem Wärmedämmstandard.

Passivhaus-Siedlungen erfordern deshalb andere städtebauliche Planungen als nach EnEV gedämmte Siedlungen.

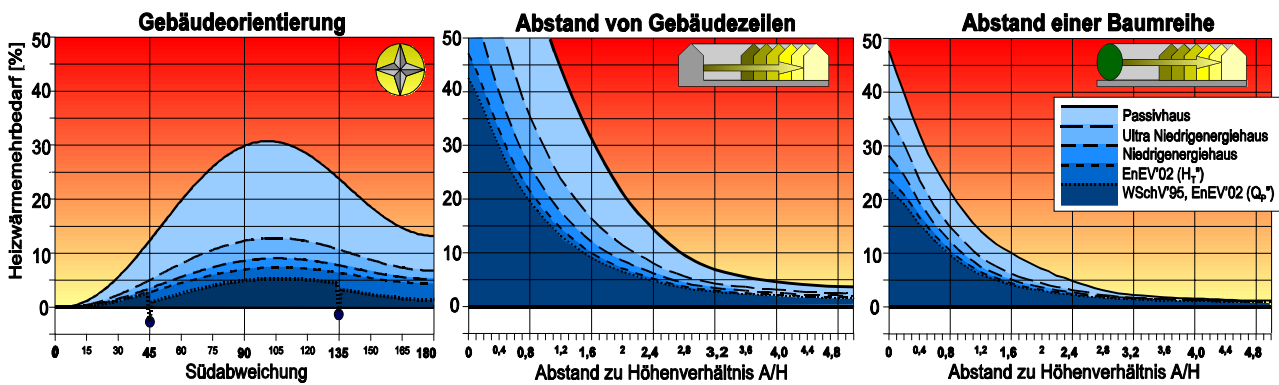


Abb.30: Einfluss städtebaulicher Parameter auf den Heizwärmemehrbedarf von Gebäuden unterschiedlichen Dämmstandards

Aktive  
Sonnenergienutzung  
Solarthermie

## 2.3 Aktive Sonnenergienutzung

### 2.3.1 Thermische Solar-Kollektoren zur Trinkwassererwärmung

Die Dachform, die Dachneigung und die Stellung der Gebäude bestimmen die Voraussetzungen und, über den Energieertrag, auch die Kosteneffizienz der aktiven Sonnenergienutzung.

Aufstellung

Um eine Verschattung der Kollektorflächen zu minimieren, sind möglichst unverschattete, d.h. hoch gelegene Aufstellorte wie Dachflächen zu empfehlen.

Neigung und Ausrichtung

#### Thermische Sonnenergienutzung - Solarer Deckungsgrad 60%

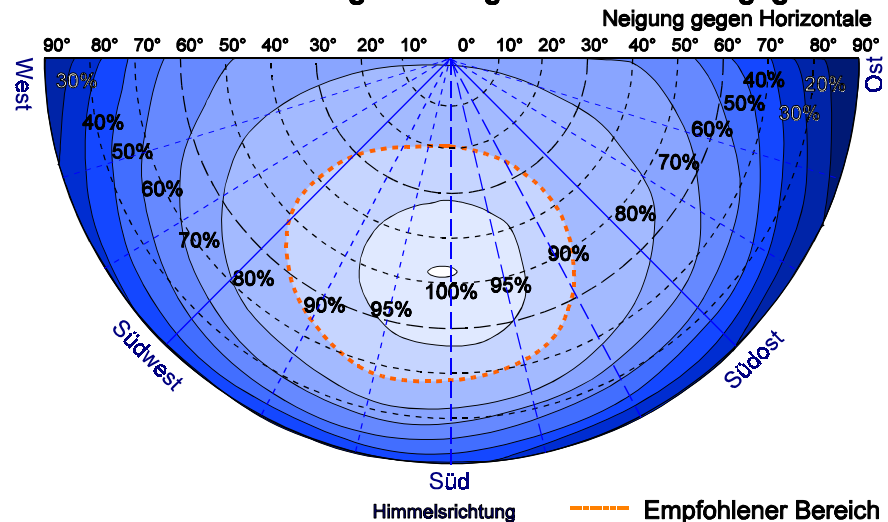


Abb.31: Relativer Energieertrag eines Flachkollektors mit 60% Deckungsgrad (=100%) in Abhängigkeit von der Neigung und Ausrichtung. Aufgrund der höheren Nachmittagstemperatur und des damit verbundenen höheren Kollektorwirkungsgrades ist eine Abweichung von der Südausrichtung nach Westen günstiger als nach Osten.

- Flachdächer Flachdächer ermöglichen immer eine optimale Ausrichtung der Kollektoren. Dabei sollte jedoch eine mögliche visuelle Beeinträchtigung der Umgebung durch sichtbare Kollektorrückansichten oder bei Dachaufsichten beachtet werden.
- Fassaden Vertikale Fassaden sind für die Anbringung von Flachkollektoren aufgrund der geringen Einstrahldichte im Sommer (weniger als 40% vom Optimum) und höheren Verschattung durch umliegende Objekte in der Übergangszeit weniger geeignet.
- Anforderungen nach Anwendungsbereich Je nach Anwendungsgebiet der Solarenergie ergeben sich differenzierte Anforderungen an die städtebaulichen Vorgaben.

Die nachfolgende Tabelle soll hierzu Entscheidungshilfen bieten. Da sich die einzelnen Bauweisen für Kollektoren in ihren Wirkungskennlinien und damit in der Fähigkeit, diffuse Strahlung oder Strahlung von geringer Intensität zu nutzen, erheblich unterscheiden - also auch unterschiedlich auf Neigung und Orientierung reagieren - können die hier dargestellten Ergebnisse nur allgemeine Richtwerte für die städtebauliche Planung darstellen.

Anwendungsbereich	Betriebszeitraum	günstige Ausrichtung	günstige Neigung
Schwimmbad	Sommer	Ost bis West	0° bis 30° 
Trinkwasser	Frühling-Herbst	SSO bis SW	15° bis 45° 
	Ganzjährig	Süd ± 30°	30° bis 50° 
Kühlung	Sommerhalbjahr	Süd ± 15°	30° bis 40° 
Solare Heizung	Winterhalbjahr	Süd ± 15°	45° bis 70° 
Solare Nahwärme	Ganzjährig	Süd ± 30°	15° bis 35° 

- Neigungswinkel Grundsätzlich sind für den Sommerbetrieb oder bei ungünstiger Orientierung flachere, bei Ganzjahresbetrieb steilere Dachneigungen günstiger. Die Auslegung der Dachneigung auf den Winterbetrieb von Kollektoranlagen zur Trinkwasserbereitung ist nicht sinnvoll. Neigungswinkel von weniger als 20° sind aus technischen Gründen und wegen des abnehmenden Selbstreinigungseffekts nicht zu empfehlen.

- Leitsatz Dachflächen mit ca. 30° -50° Neigung und Südwest- bis Südsüdost-Ausrichtung werden den meisten Anforderungen thermischer Sonnenenergienutzung gerecht.

- städtebauliche Rahmenbedingungen und Wirtschaftlichkeit **Einfluss städtebaulicher Festsetzungen auf die Wirtschaftlichkeit aktive Sonnenergienutzung**

Ungünstige städtebauliche Festsetzungen können den Ertrag von Anlagen zur aktiven Sonnenenergienutzung erheblich beeinträchtigen.

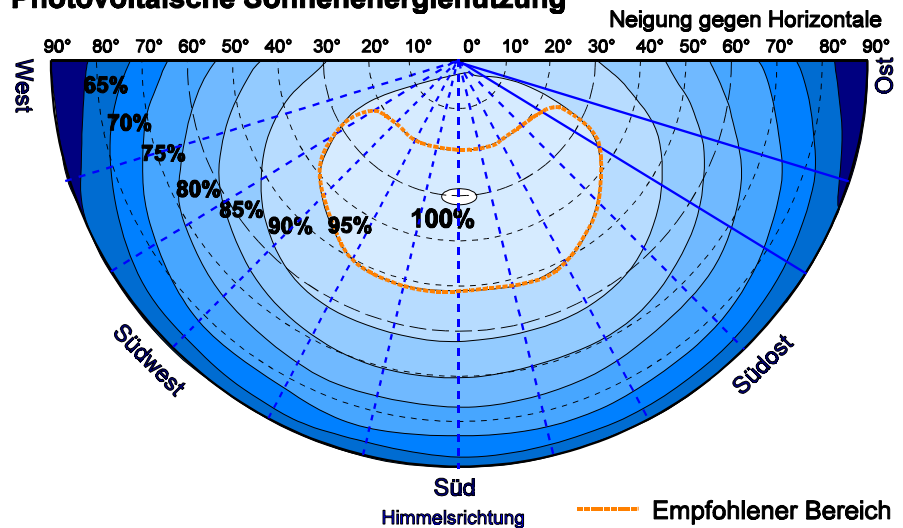
Eine Nord-Süd-Festsetzung der Gebäudestellung vermindert beispielsweise den Ertrag einer solarthermischen Anlagen um rund 35%. Um dennoch einen Solaren Deckungsgrad von 60% zu erreichen muss also die Kollektorfläche um mindestens 50% vergrößert werden. Hierdurch erhöhen sich die Anlagenkosten um ca. 25-40%, die Wirtschaftlichkeit sinkt entsprechend.

Voraussetzung für jede Art aktiver Sonnenenergienutzung ist zunächst die Schaffung günstiger städtebaulicher Rahmenbedingungen.

Photovoltaik

2.3.2 Photovoltaische Stromerzeugung

Photovoltaische Sonnenenergienutzung



Neigung und Ausrichtung

Abb.32: Energieertrag einer Photovoltaikanlage in Abhängigkeit von deren Neigung und Ausrichtung

Gegenüber Kollektoren können Photozellen den diffusen Strahlungsanteil bei bedecktem Himmel besser nutzen, reagieren jedoch sehr empfindlich auf Teilverschattung.

Leitsatz

Flächen zur Installation von Photozellen sollten, um den solaren Verlust auf maximal 5% zu begrenzen, bei einer Neigung zwischen etwa 20° und 50° um nicht mehr als 50° aus der Südrichtung abweichen (Solarer Verlust < 5%).

Fassadenintegration

Die Integration in vertikale Fassaden bringt zwar gestalterische Vorteile, reduziert die Energieausbeute jedoch um zumindest 35%. Der Minderertrag wird jedoch durch eine um knapp 10% erhöhte Einspeisevergütung teilweise ausgeglichen.

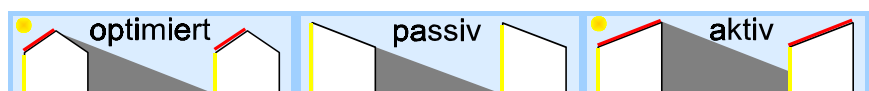
Die Anlagengröße ist bei einem Einfamilienhaus aufgrund der begrenzten Dachfläche i.d.R. auf ca. 10 kW begrenzt. Bei Mehrfamilienhäusern verringert sich gegenüber Einfamilienhäusern die verfügbare Dachfläche umgekehrt proportional zur Geschossigkeit.

Konkurrierende Sonnenenergienutzung

2.3.3 Konflikte mit passiver Sonnenenergienutzung

Die Anforderungen der aktiven Sonnenenergienutzung hinsichtlich der Ausrichtung und Neigung von Dachflächen können in Konkurrenz zu den Anforderungen der passiven Sonnenenergienutzung und kompakter Gebäudegeometrie treten.

Konkurrierende Anforderungen



Satteldach

Während das konventionelle Satteldach wenig Konfliktpotential bietet, allerdings die für aktive Solartechnik zur Verfügung stehende Fläche auf die halbe Gebäudegrundfläche beschränkt, stellt das Pultdach eine explizite Entscheidung zugunsten einer Energiegewinnung dar: nach Norden abfallend für die passive, nach Süden abfallend für die aktive Sonnenenergienutzung.

Pultdach

Abschattung von Fenstern durch Photovoltaikanlagen



Abb.34: Die Abschattung von Fenstern durch Photovoltaikanlagen kann einen insgesamt höheren Energieverbrauch verursachen.

Gesamtbilanz erforderlich

Der passiv-solare Verlust oder ein infolge ungünstiger Gebäudegeometrie erhöhter Wärmeverlust kann im Extremfall die aktiven Solargewinn einer auf die aktive Sonnenenergienutzung optimierten Dachform übertreffen.

Energieeinsparung durch aktive Sonnenenergienutzung darf nicht in Konkurrenz zu passiver Sonnenenergienutzung und kompakter Gebäudeausformung treten. **Es muss immer die Gesamtenergiebilanz betrachtet werden.**

Gestalt

### 2.3.4 Gestalterische Integration

Material und Form

Durch eine übertriebene Material- und Formenvielfalt können Probleme bei der gestalterischen Integration von Solaranlagen in die Gebäudehülle entstehen.

Elementbauweisen

Fassaden- oder Dachsysteme, welche in Elementbauweise Kollektoren bzw. Solarmodule, Fenster und Fassaden bzw. Dachelemente vereinen schaffen einen ruhigen zusammenhängenden optischen Eindruck, sind jedoch noch relativ teuer.

Beschränkung übertriebener Materialvielfalt

Sollen „normale“ Module in Dachflächen integriert werden sollte die Material und Formenvielfalt durch Gestaltungssatzungen auf maximal drei Elemente beschränkt werden. Vier Elementen, wie z.B. Ziegeldeckung, Kollektor, Dachgaube und Dachflächenfenster tendieren bereits unabhängig von der Anordnung der Elemente zu einem chaotischen Eindruck.



Abb.35: Gute und schlechte Gestaltung liegen oft dicht nebeneinander

Auch die Anordnung von Kollektoren innerhalb der Dachfläche und die Ausformung bestimmen den Eindruck.

Anordnung und Ausformung von Kollektorflächen

Ein optisch geschlossener Eindruck wird durch eine flächendeckende „Dachdeckung“ aus Kollektoren oder durch Anordnung innerhalb abgesetzter Flächen, wie z.B. auf Schleppegäuben erreicht.

Ebenfalls optisch günstig ist die Anordnung von Kollektorbändern direkt im Firstbereich. Hier verbindet sich die graubläuliche Oberfläche mit dem Himmel. Unschön sind dagegen „Ausklinkungen“ im Verschattungsbereich von Dachaufbauten.

Flachdächer ermöglichen die maximale Freiheit bei der Ausrichtung und Aufstellung von Kollektoren. Der Blick unter shedartige Kollektorfelder ist jedoch optisch unbefriedigend. Hier sind auf den Einzelfall (u.a. Gelände, Gebäudeanordnung) abgestimmte Gestaltungsrichtlinien notwendig, welche zumindest Mindestabstände zum Dachrand regeln.

Die Integration von Solarmodulen und Kollektoren in Dachflächen erfordert eine Beschränkung sowohl der Material- als auch der Formenvielfalt.

Anforderung der Geothermie an die Stadtplanung

## 2.4 Geothermie

Bis zu einer Tiefe von rund 10m wird die Erdtemperatur vom Klima, d.h. von der Lufttemperatur und der Sonneneinstrahlung bestimmt.

Bei größerer Tiefe wird die Erdtemperatur, in Abhängigkeit von der Geologie des Untergrunds, durch die vom Erdkern aufsteigende Wärme bestimmt.

horizontale Wärmetauscher

**Horizontale Wärmetauscher** (Erdkollektoren oder Erdkorb) werden in ein bis zwei Meter Tiefe im Gartenbereich verlegt und entziehen die in den oberen Bodenschichten im Sommer gespeicherte Sonnenwärme.

- Verschattungsfreiheit

Die Kollektorflächen dürfen deshalb weder durch Bäume noch Gebäude beschattet werden. Tief wurzelnde Pflanzen dürfen nicht in der Nähe der Rohre gepflanzt werden. Die Bepflanzbarkeit des Grundstücks ist damit stark eingeschränkt.

- Flächenbedarf

Die insgesamt notwendige Kollektorfläche ist vom Wärmebedarf des Gebäudes und der Bodenbeschaffenheit abhängig. Als Anhaltswert für den **Flächenbedarf** ist etwa das doppelte der Wohnfläche notwendig.

- maximale GRZ

Das Verhältnis zwischen Wohn- und Grundstücksfläche wird durch horizontale Wärmetauscher bei Dämmung nach EnEV auf ca. 0,3 begrenzt (GRZ < 0,30).

Wärmetauscher unter Fundamentplatten

Ein Alternativstandort zu den Erdwärmekollektoren in den privaten Freiflächen bilden die **Gebäudeflächen unter den Fundamentplatten**. Hier können unterhalb der Fundament- bzw. Bodenplatte, also zwischen Erdreich und Platte Wärmetauscherleitungen eingebaut werden.

Diese Lösung beeinflusst zwar keine städtebaulichen Aspekte, die erreichbaren Leistungen sind aber begrenzt und deutlich geringer als bei Erdwärmekollektoren.

vertikaler Wärmetauscher

**Vertikale Wärmetauscher** in Form von Erdsonden nutzen die Wärme des Erdkerns und werden in meist 40-50 m, teilweise bis zu 150 m tiefen Bohrungen verlegt.



Das Potential für Erwärmenutzung zeigt regional starke Unterschiede: Die Spannweite innerhalb Deutschlands reicht in 1000m Tiefe von Erdtemperaturen im Dreieck Erfurt, Leipzig und Dresden um 35° C bis zu 100° C in Württemberg oder am Rheingraben.

Erdsonden weisen gegenüber horizontalen Erdkollektoren einen höheren Wirkungsgrad und geringeren Freiflächenbedarf auf, sind jedoch durch die Wasserschutzbehörde genehmigungspflichtig. In den Wasserschutzzonen I und II sind Erdsonden untersagt.

## Besonnungsqualität

## 2.5 Besonnung als Kriterium für die Wohnqualität und Behaglichkeit

Die Besonnungsqualität von Wohnungen bestimmt nicht nur deren monetären Wert und das psychische wie physische Wohlbefinden der Bewohner sondern auch den Energieverbrauch für künstliche Belichtung.

### 2.5.1 Anforderungen an die Besonnungsdauer

Gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse

Gemäß § 1, (6), Nr.1 BauGB bzw. § 34, (1) BauGB bilden die „allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse“ einen bei der Bauleitplanung zu berücksichtigenden Belang. § 136, (3), Nr.1, a) BauGB definiert "gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse" u.a. als "die Belichtung, (und) Besonnung ... der Wohnungen und Arbeitsstätten".

Mindestanforderungen nach DIN

### 2.5.2 Mindestbesonnungsdauer nach DIN 5034

- Geltungsbereich

Mindestanforderungen an die Besonnungsdauer von Wohnräumen, Räume mit Wohnfunktion in Heimen, Aufenthaltsräume zur Kinderbetreuung wie Krippen, Tages- und Wochenstätten und Krankenzimmern werden durch die DIN 5034 (Oktober 1999) definiert.

- Sonneneinfall

Ein Wohnraum gilt nach DIN 5034 als besonnt, wenn Sonnenstrahlen bei einer Sonnenhöhe von mindestens 6° über dem Horizont in den Raum einfallen können. Als Verschattungsquelle, welche den Sonneneinfall verhindern gelten das Gelände, Gebäude und Bäume.

- „ausreichende Besonnung“

Eine Wohnung gilt als ausreichend besonnt, wenn die mögliche Besonnungsdauer auf Brüstungshöhe, in Fenstermitte zumindest eines Raums der Wohnung am 17. Januar eine Stunde beträgt.

Die Stadtplanung muss eine ausreichende Besonnung von Wohnräumen gewährleisten und auf unzureichend besonnte Bereiche hinweisen.

Die DIN 5034 ist zwar planungsrechtlich nicht verbindlich, kann aber als ein Beurteilungskriterium für eine „ausreichende Besonnung“ herangezogen werden.

- Schadensersatz

Zivilrechtlich kann eine „nicht ausreichende Besonnungsdauer“ Schadensersatzansprüche auslösen.

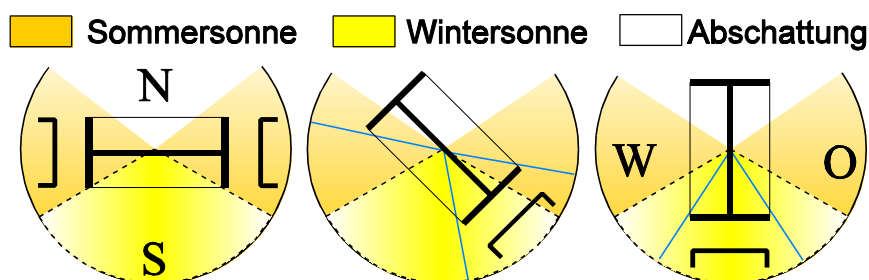
## Empirisch belegte Anforderungen

## 2.5.3 Empirische Anforderungen an Besonnungsdauer und Besonnungszeitraum

GRANDJEAN u. GILGEN (Grandjean E., Gilgen A. (Hrsg.) Umwelthygiene in der Raumplanung, Ott-Verlag, Thun/München, 1973) fordern auf Grundlage von Bewohnerbefragungen im Hinblick auf die Anforderungen des **gesunden Wohnens** eine mindestens **dreistündige Besonnungsdauer für einen mittleren Wintertag (8. Februar)**.

Um eine optimale **Wohnqualität** zu erreichen, sollte auch **im Dezember eine Besonnungsdauer von zwei Stunden** für mindestens einen Aufenthaltsraum der Wohnung angestrebt werden.

## Sonneneinfall



## 2.5.4 Besonnungsdauer und Ausrichtung der Wohnungen

## Bevorzugte Wohnungsausrichtung

Die Gesamtbesonnungsdauer einer Wohnung ist wesentlich von deren Ausrichtung abhängig.

Von Bewohnern wird überwiegend eine Süd- bis Südwestausrichtung, in geringerem Maß eine Westausrichtung bevorzugt.

Die traditionelle Städtebaulehre bevorzugt dagegen die Ost-West-Ausrichtung. Als Vorteil wird hier die gleichmäßige Besonnung aller Räume angeführt, welche größere Gebäudetiefen ermöglichen würde.

## Gesamtbesonnungsdauer

Dies ist jedoch nur bedingt richtig. Tatsächlich weisen Ost-West orientierte Wohnungen gegenüber Süd oder Südwest orientierten Wohnungen eine geringere Gesamtbesonnungsdauer auf, tendieren jedoch im Sommer, infolge des Sonneneinfalls am Nachmittag zu einer starken Überwärmung der Westräume. Diese fällt bei Süd orientierten Räumen deutlich geringer aus.

## Überwärmung

## Gebäudeabstand, Ausrichtung und Besonnungsdauer

Süd orientierte Wohnungen bieten, entgegen der verbreiteten Auffassung, sowohl hinsichtlich längerer Gesamtbesonnungsdauer, als auch geringerer Überwärmungstendenz im Sommer Vorteile gegenüber Ost-West orientierten Wohnungen.

Monatliche Besonnungsdauer in Abhängigkeit von Orientierung und Gebäudeabstand  
EG-Wohnung (Vorder+Rückfassade) in viergeschossiger Umgebung

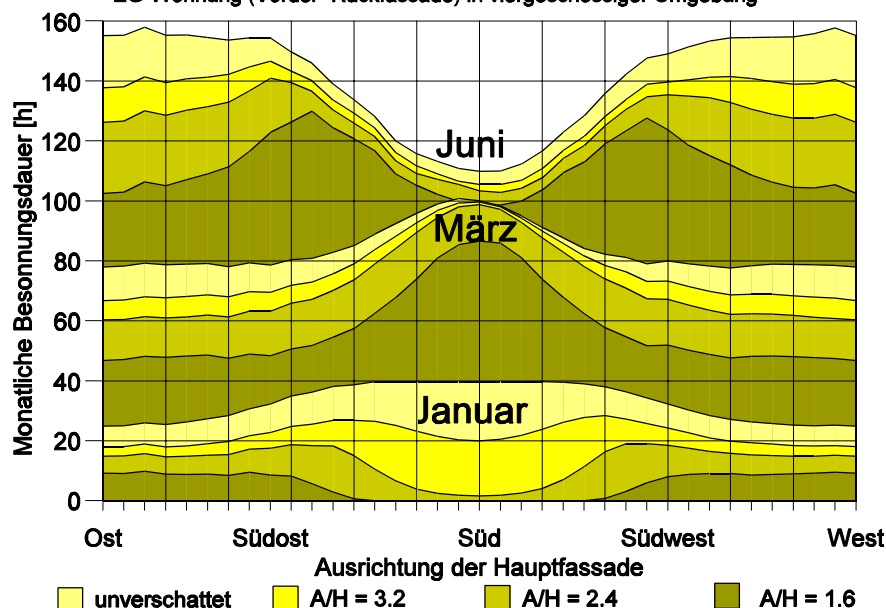


Abb.37: Monatliche Gesamtbesonnungsdauer im Januar, März und Juni in Abhängigkeit von der Ausrichtung und der Verschattung durch Nachbargebäude

## Überwärmung und Ausrichtung

### Gebäude

### Räume

### Ursache

## 2.5.5 Energieeinstrahlung im Sommer / Überwärmung

### 2.5.5.1 Fenster ohne horizontale Verschattungselemente

Während im Winterhalbjahr Sonne und Wärme erwünscht ist, führt Energieeinstrahlung im Sommer zu einer unerwünschten Überwärmung der Räume.

Süd orientierte **Wohnungen bzw. Gebäude** weisen gegenüber Ost-West orientierten Wohnungen im Hochsommer eine rund 20-25% geringere Solareinstrahlung und damit ein deutlich geringeres Überwärmungsrisiko auf.

Entsprechendes gilt für Süd orientierte **Räume**. Diese weisen im Hochsommer eine um 10% geringere Solareinstrahlung auf als Ost oder West orientierte Räume. Bei West orientierten Räumen wird das Überwärmungsrisiko zudem noch durch das gegen 16-17 Uhr (MESZ) auftretende Temperaturmaximum verstärkt.

Die Erklärung hierfür ist einfach: Durch den im Hochsommer um die Mittagszeit hohen Sonnenstand fällt die Sonne in einem flachen Winkel zu einer Süd orientierten, vertikalen Glasebene ein. Die auf die Verglasungsfläche bezogene Solardichte ist daher gering ( $I_{\text{Glas}} = I_{\text{Sonne}} \cdot \cos(\text{Einfallswinkel})$ ). Zudem wird gegenüber einem steilen Einfallswinkel mehr Solarstrahlung an der Glasoberfläche reflektiert. Insgesamt gelangt folglich wenig Solarstrahlung in den Raum (21. Juni, 12 Uhr: ca.  $350 \text{ W/m}^2_{\text{Glas}}$ ). Anders bei West-Verglasungen: Hier fällt die nur wenig schwächere Sonnenstrahlung nachmittags steiler zur Verglasung ein. Der überwiegende Teil der Energie gelangt somit in den Raum (21. Juni, 16 Uhr: ca.  $540 \text{ W/m}^2_{\text{Glas}}$ ).

Monatliche Solareinstrahlung in Abhängigkeit von Orientierung und Gebäudeabstand  
EG-Wohnung (Vorder+Rückfassade) in viergeschossiger Umgebung

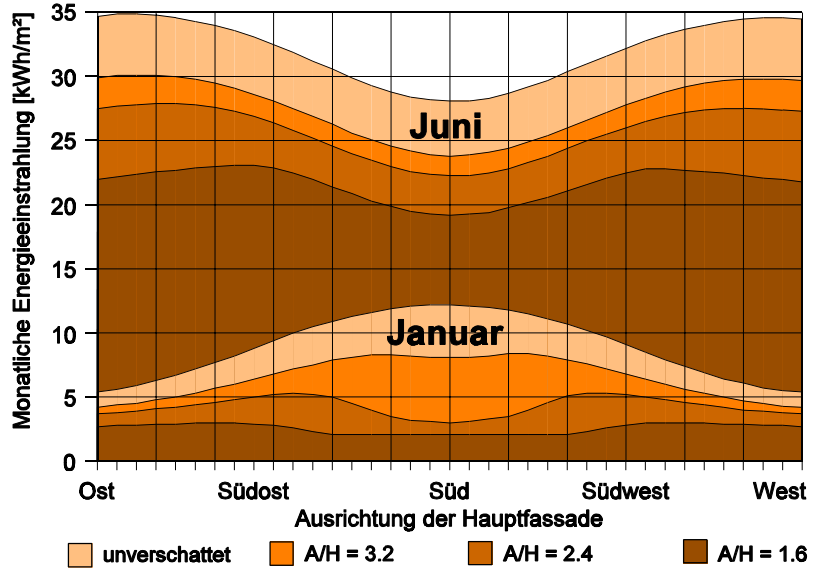


Abb.38: Solareinstrahlung in Abhängigkeit von der Ausrichtung einer EG-Wohnung bei verschiedenen A/H-Verhältnissen im Januar und Juni.

Verschattung durch horizontale Elemente

### 2.5.5.2 Fenster mit horizontalen Verschattungselementen (Balkone)

Monatliche Solareinstrahlung in Abhängigkeit von Orientierung und Gebäudeabstand  
EG-Wohnung (Vorder+Rückfassade) mit Balkon (T=1.5m) in viergeschossiger Umgebung

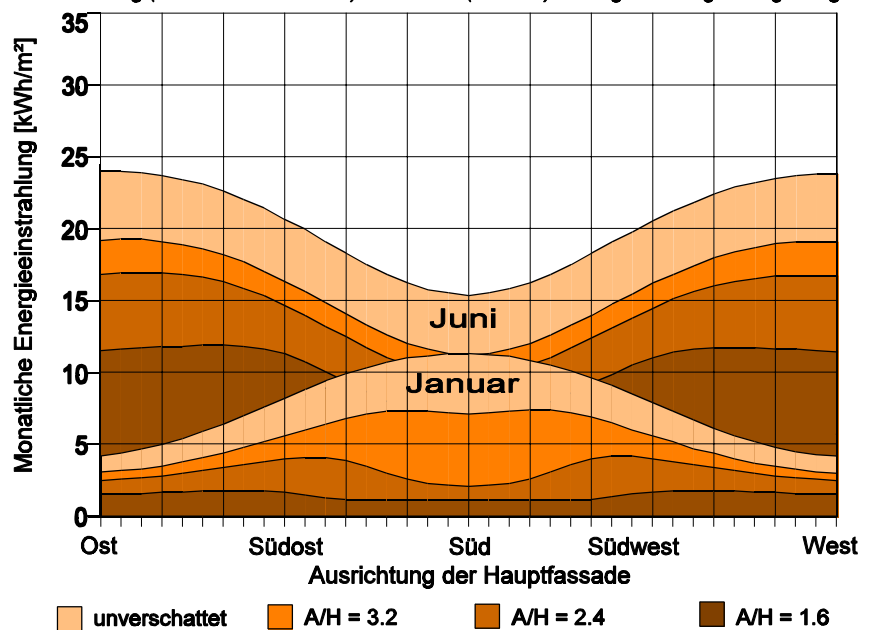


Abb.39: Solareinstrahlung in Abhängigkeit von der Ausrichtung einer EG-Wohnung, unter Einwirkung einer 0.5 m über dem Fenster liegenden, 1.5 m tiefen Balkonplatte bei verschiedenen A/H-Verhältnissen im Januar und März.

Der Vorteil der Südausrichtung der Hauptwohnräume wird bei Berücksichtigung der Verschattungswirkung von horizontalen Auskragungen bzw. Balkonen noch deutlicher. Diese vermindern die im Sommer gegenüber der Ost-/West-Ausrichtung ohnehin geringere Solareinstrahlung durch Südfenster zusätzlich um mehr als die Hälfte und leisten damit einen wirksamen Sonnen-, d.h. Überhitzungsschutz, ohne die Solargewinne während der Heizperiode im selben Maß zu verringern. Bei einer O-W-Orientierung ist dagegen vorwiegend während der Heizperiode eine deutliche Einstrahlungsverminderung durch die Balkonplatte zu verzeichnen, während die Einstrahlung in den Sommermonaten nur um knapp ein Drittel reduziert wird, also vormittags und besonders nachmittags zusätzlich eine "Verdunkelung" durch Jalousien oder Rollläden erforderlich wird.

Die Nord-Süd-Orientierung von Wohnungen erweist sich aufgrund der in den Wintermonaten längeren Gesamtbesonnungsdauer und der im Sommer geringeren Überwärmungstendenz gegenüber einer Ost-West-Orientierung als wesentlich vorteilhafter.

## Flächennutzungsplanung

## 2.6 Topographische Standortbedingungen

Die Topographie beeinflusst sowohl über die Besonnungsvoraussetzungen als auch über die Umgebungstemperatur den Energiebedarf eines Planungsbereichs.

### Topographieverschattung

### 2.6.1 Topographieverschattung - Besonnung / Passive Sonnenenergienutzung

Die Topographie beeinflusst sowohl durch den direkten Schattenwurf umliegender Höhenzüge als auch indirekt, über die Neigung des Geländes im Planungsbereich dessen Besonnungsvoraussetzungen.

### Direkte Verschattung durch Höhenzüge

Die **direkte Verschattung** des Baugebietes durch **umliegende Erhebungen** betrifft nicht nur Nord-, sondern auch Ost- und Westhänge sowie Tallagen im allgemeinen. Die Verschattungswirkung ist dabei von der Entfernung A und der Höhendifferenz H des Baugebietes gegenüber der Verschattungsquelle abhängig.

... nur bei Verschattungswinkeln von mehr als 15° relevant

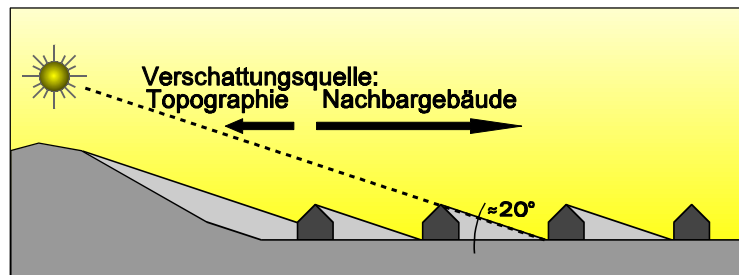
Von der direkten Verschattungswirkung umliegender Höhenzüge sind bei Horizontwinkeln von weniger als 20° (Horizontwinkel =  $\arctan(H/A)$ , d.h.  $H/A < 1/3$ ) meist nur die Gebäude am Siedlungsrand betroffen, während die solaren Verluste der Innenlagen des Baugebiets überwiegend durch die gegenseitige Verschattung der Gebäude verursacht werden.

Unterschreitet jedoch das A/H-Verhältnis der Topographie das der Gebäude, so überwiegt auch im Innenbereich die Verschattung durch die Topographie. In steilen Tallagen kann die Verschattung durch die umliegenden Höhenzüge das während der Heizperiode verfügbare solare Potential halbieren.

Die direkte Verschattung durch umliegende Höhenzüge wird bei Horizontwinkeln von mehr als 15° -20° wirksam.

Die Besonnungsvoraussetzungen betroffener Planungsbereiche müssen im Einzelfall rechnerisch überprüft werden.

Randzonen-Verschattung  
durch Topographie



Direkte Verschattung durch  
Topographie

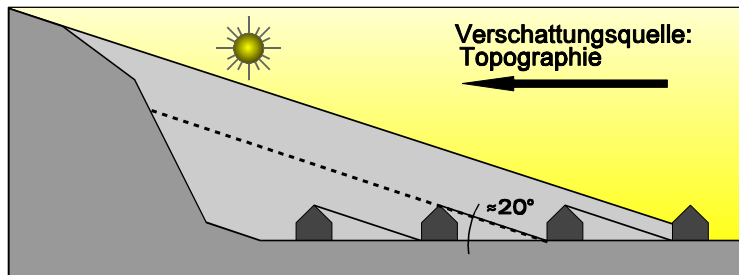


Abb.40: Direkte Verschattung durch Höhenzüge.

### indirekte Verschattungswirkung

- Gebäudeabstände

Die **indirekte Verschattungswirkung** der **Topographie des Baugebiets** wird durch die Beeinflussung der Abstand/Höhen-Verhältnisse der Gebäude zueinander innerhalb des Baugebiets hervorgerufen. Bei gleicher Gebäudehöhe und gleichem Abstand zweier Gebäude zueinander erhöht sich bei einem Nordhang die Höhendifferenz zwischen schattenwerfender Kante zu der südlichen Fensterfront - die Verschattung der Hauptfassade nimmt also zu, während bei einem Südhang die Höhendifferenz geringer wird, die Verschattung der Hauptfassade also abnimmt.

- Südhang

Der Südhang ermöglicht gegenüber einer ebenen Fläche geringere Gebäudeabstände, also eine dichtere Bebauung und größeren Planungsspielraum.

- Nordhang

Der Nordhang erfordert dagegen tendenziell größere Gebäudeabstände, in jedem Fall jedoch eine differenzierte Analyse der Besonnungssituation und möglicher planerischer Maßnahmen.

Bei steileren Nordhängen kann die Besonnung auch durch eine Vergrößerung der Gebäudeabstände nicht wesentlich verbessert werden. In Abhängigkeit von der Bebauungsdichte und Hangneigung werden die maximalen passiven Solareinträge und die maximale Besonnungsdauer von Wohnungen dann nicht mehr bei einer Süd-Ausrichtung der Hauptfassade, sondern bei einer SW-/SO- bis hin zur O-/W-Ausrichtung erreicht. In jedem Fall ist hier jedoch mit verminderten Solargewinnen zu rechnen.

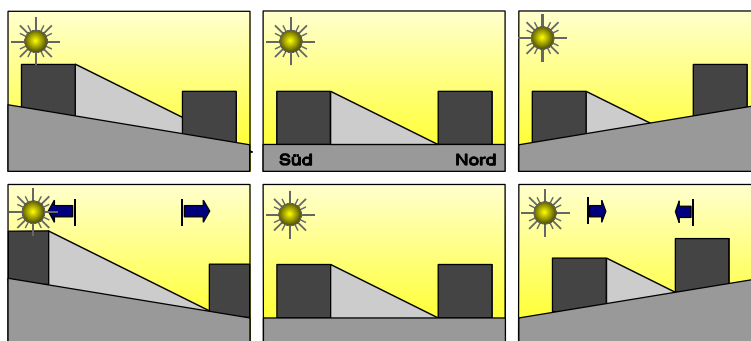


Abb.41: Indirekte Verschattungswirkung durch die Topographie des Planungsbereichs (oben) und erforderliche Reaktion zur Sicherung einer ausreichenden Besonnung / Sonnenenergienutzung.

## Temperatur

### 2.6.2 Wärmeverlust - Umgebungstemperatur

Die Landschaftsgestalt beeinflusst auch die Umgebungstemperatur und damit, wenn auch, da die Effekte zeitlich nur begrenzt auftreten, in geringem Grad den Energiebedarf von Gebäuden.

- Kaltluftseen

So können sich in Bodensenken, Mulden und Tallagen bei wind- und wolkenarmen Strahlungsnächten, besonders im Sommer und Herbst, Kaltluftseen bilden. Diese Bereiche neigen zudem zu Nebelbildung, wodurch auch Solargewinne beeinträchtigt werden. Die Temperatur kann hier bis zu 3° K unter der höherer Lagen liegen.

- Südhang

An Südhanglagen kann bei Sonnenschein die Lufttemperatur in Abhängigkeit von den Oberflächeneigenschaften mehrere Grad über der Umgebung ansteigen.

- Kuppen

In Kuppenlagen können, infolge höherer Abstrahlung bei klarem Himmel, während der Nacht gegenüber dem mittleren Hangbereich oder der Ebene niedrigere Temperaturen auftreten.

Die Wirkung der Topographie auf den Wärmeverlust von Gebäuden ist gering und wurde in der Vergangenheit oft überschätzt.

## Wind

### 2.6.3 Wind

Bei nach EnEV gedämmten Gebäuden beeinflusst der Wind deren Energieverbrauch nicht in nennenswertem Maß. Lediglich bei unsachgemäßem Lüftungsverhalten der Bewohner (gekippte Fenster) ist ein Einfluss auf den Lüftungswärmebedarf feststellbar.

Windschutz früher und heute

Während historisch durch Windschutz der Energiebedarf von, nach heutigem Stand, unzureichend gedämmten Gebäuden reduziert werden konnte, steht heute eine ausreichende Belüftung der Baugebiete im Vordergrund da Windschutz den Energiebedarf kaum noch reduziert.

## Synergieeffekte energieeffizienter Stadtplanung

## 2.7 Wirkungszusammenhänge - Synergien

Planungs- und bauordnungsrechtliche Festsetzungen bestimmen Stadtgestalt, Besonnung und Wohnqualität, aktive und passive Sonnenenergienutzung und damit Energiebedarf, Kosten und Erschließungsaufwand. Dieses Kapitel vermittelt die Wechselwirkung städtebaulicher Entscheidungen und mögliche Synergieeffekte anhand der einzelnen Bebauungsplanfestsetzungen.

### Höhe baulicher Anlagen

#### 2.7.1 Höhe baulicher Anlagen (§18 BauNVO)

Die Höhe baulicher Anlagen bestimmt das Orts- und Landschaftsbild maßgeblich. Durch die Festsetzung von First- und Traufhöhen kann sowohl der spezifische Wärmeverlust des Gebäudes als auch die Verschattung umliegender Gebäude zielgerichtet beeinflusst werden.

### Anforderungen

An die Dachform und Höhenfestsetzung sind folgende Anforderungen zu stellen:

- Maximierung der im Dachgeschoss möglichen Wohnfläche und damit
- Minimierung des wohnflächenspezifischen Heizwärmebedarfs
- Minimierung der Verschattungswirkung auf umliegende Gebäude
- Eignung für Kollektoranlagen

### Wirkungszusammenhang:

- Dachform,
- wohnflächenspezifischer Heizenergiebedarf und
- Baukosten

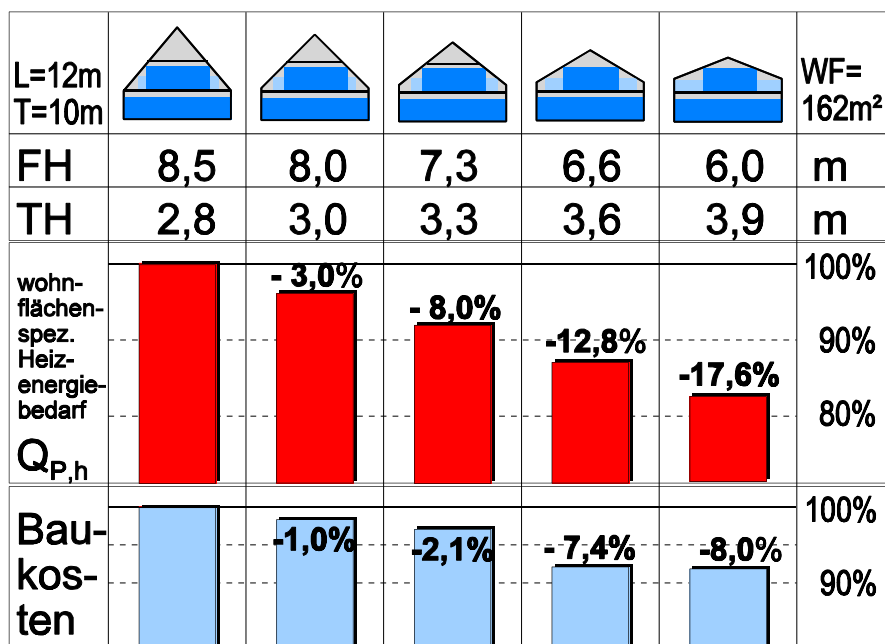


Abb.42: Wohnflächenspezifischer Heizenergiebedarf  $Q_{P,h,WF}$  und wohnflächenspezifische Baukosten in Abhängigkeit von der Trauf- und Firsthöhe bei identischer Wohn- und Grundfläche.

Durch das gewählte Maß der First- und Traufhöhe kann, bei identischer Wohnfläche, der Heizenergiebedarf um bis zu 20%, der solare Verlust bis zu 30% und die Baukosten bis zu 10% variieren.



Die Festsetzung von First- und Traufhöhen ist grundsätzlich der Festsetzung der Anzahl der Vollgeschosse vorzuziehen.

Bei variabler Wohnfläche kann der wohnflächenspezifische Heizenergiebedarf bei identischen Grundrissabmessungen und Geschosszahl im Extremfall um bis zu 50% variieren.



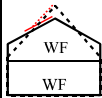

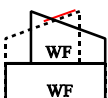
Mit zunehmender Geschosszahl verringert sich der Einfluss der First- und Traufhöhe auf Energiebedarf und Baukosten.

Die First- und Traufhöhe beeinflusst maßgeblich sowohl den Wärmeverlust als auch die gegenseitige Verschattung der Gebäude. Das Maß der Höhe baulicher Anlagen ist eine der solar+energetisch wesentlichsten Festsetzungen.

## Dachform und Dachneigung

### 2.7.2 Dachform und Dachneigung (§ 83 ThürBO)

Die Dachform bestimmt den spezifischen Wärmeverlust, die gegenseitige Verschattung der Gebäude und die Möglichkeiten zur Anbringung von Kollektoranlagen. In Hinblick auf den spezifischen Wärmeverlust ist besonderes Augenmerk auf die im Dachraum mögliche Wohnfläche und damit die festgesetzte Traufhöhe zu richten.

				
Kriterium / Dachform	Flachdach	Satteldach >5°	Pulldach > 5°	Staffelpulldach > 5°
Kompaktheit	bei eingeschossiger Bebauung ungünstig; bei zwei und mehr Geschossen günstig; Staffelflachdach ungünstiger	abhängig von der Traufhöhe (Drempel) und Dachneigung, d.h. der Wohnfläche WF im DG günstig bis ungünstig	mit zunehmender Dachneigung zunehmend ungünstiger. Bei minimierter Traufhöhe befriedigend	gegenüber Pulldach nochmals ungünstiger
wohnflächen-spez. Heizenergiebedarf	100%	98% - 140%	105% - 125%	110% - 130%
Verschattung der Umgebung	mittel, bei Staffelflachdach etwas günstiger	Abhängig von Traufhöhe und Dachneigung, bis 25° gering, ab ca. 35° hoch	Je nach Dachausrichtung und Neigung, d.h. Höhe der Nord-Wand gering bis sehr hoch	Je nach Dachausrichtung und Neigung, d.h. Höhe der Nord-Wand gering bis sehr hoch
Möglichkeiten zur Anbringung von Kollektoren am Dach	Günstige Voraussetzungen unabhängig von der Gebäudestellung	Günstige Voraussetzungen, jedoch von Gebäudestellung abhängig	Konflikt zwischen aktiver und passiver Sonnenenergienutzung	Konflikt zwischen aktiver und passiver Sonnenenergienutzung
Optimale Dachneigung	-	Optimum abhängig von Gebäudetiefe und Drempel	weniger als 5° oder um 15° - 20°	weniger als 5° oder um 20° - 25°

Sowohl hinsichtlich der Voraussetzungen für aktive und passive Sonnenenergienutzung als auch des spezifischen Wärmeverlustes schneiden das Sattel- und Flachdach am günstigsten ab.

Soweit ein Pultdach gewünscht ist, sollte die nördliche Wandhöhe möglichst niedrig, d.h. niedriger als die sich aus der Anzahl der Geschosse ergebende Wandhöhe festgelegt werden. Staffelflachdach und Staffelpultdach sind hinsichtlich des Wärmeverlustes ungünstig.

Mit zunehmender Geschosshöhe nivelliert sich der solar+energetische Unterschied zwischen den Dachformen.

Die Dachform kann zusammen mit der Höhe baulicher Anlagen den Heizenergiebedarf innerhalb einer Spannweite von 40%, die Baukosten innerhalb einer Spannweite von 10% beeinflussen.

## Grundflächenzahl

### 2.7.3 Grundflächenzahl GRZ (§19 BauNVO)

Die GRZ bestimmt zusammen mit dem Grundstückszuschnitt auch den Erschließungsaufwand. Eine niedrige GRZ, oder genauer große Baugrundstücke bedingen tendenziell mehr öffentliche Verkehrsflächen, eine geringere Anschlussdichte für leitungsgebundene Energieträger und einen höheren Erschließungsaufwand auf dem Grundstück selbst. Ansätze flächensparenden Bauens dürfen jedoch nicht zu Lasten der Qualität gehen.

Zwischen Bauweise, GRZ, überbaubarer Grundstücksfläche, Grundstücksgröße und Zuschnitt sowie Erschließungssystem muss eine „Ideallinie“ gefunden werden.

## Anzahl der Vollgeschosse, Geschossflächenzahl

### 2.7.4 Anzahl der Vollgeschosse, Geschossflächenzahl (§20 BauNVO)

Die **Geschossigkeit eines Gebäudes** bestimmt über das A/V-Verhältnis den maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV.

Die maximal mögliche Verdichtung wird in Wohngebieten bereits bei drei bis vier Vollgeschossen erreicht.

Die Geschossigkeit beeinflusst über das Verhältnis Gebäudehöhe zu Gebäudeabstand die gegenseitige Verschattung und damit die Besonnungsdauer und den passiven Solargewinn.

Bei identischer Geschossflächenzahl GFZ weist eine IV- gegenüber einer III-geschossigen Bebauung nachfolgende Vorteile auf (siehe Abb. 48):

- einen deutlich niedrigeren solaren Verlust,
- einen deutlich niedrigeren Wärmeverlust
- und damit einen niedrigeren Heizwärme- / Heizenergiebedarf,
- eine bessere Besonnung der unteren Geschosse,
- bei zeilenparalleler Erschließung weniger Verkehrsfläche, einen geringeren Erschließungsaufwand, eine höhere Anschlussdichte und damit günstigere Voraussetzungen für eine leitungsgebundene Energieversorgung,
- geringere spezifische Erschließungskosten durch einen höheren Nettobaulandanteil,
- tendenziell niedrigere Baukosten für das Gebäude.

Gleichzeitig ergibt sich eine geringere Versiegelung des Grundstücks.

## Synergien

Durch die Erhöhung der Anzahl der Geschosse kann bei unveränderter Bebauungsdichte/Wohnfläche die Besonnung verbessert, der spezifische Energiebedarf gesenkt und die Anschlussdichte für leitungsgebundene Energieversorgung erhöht werden. Das Optimum wird bei vier Vollgeschossen erreicht. Ab fünf Vollgeschossen steigen die wohnflächenbezogenen Baukosten ohne die Energiebedarfswerte wesentlich zu senken.

Wirkungszusammenhang:

- Solarer Verlust
- Primärenergiebedarf
- Besonnungsdauer
- Erschließungslänge
- Anschlussdichte leitungsgebundener Wärmeversorgung

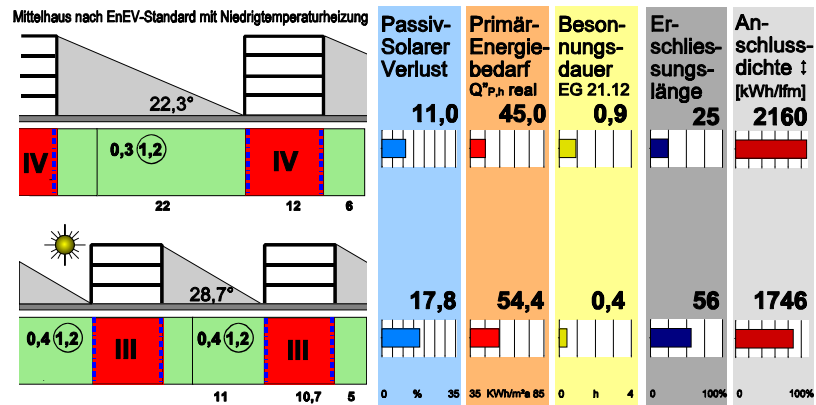


Abb.48: Geschosshöhe als energetischer Parameter

### Überbaubare Grundstücksfläche

### 2.7.5 Überbaubare Grundstücksflächen (§ 9 (1), Nr.2 BauGB; § 23 BauNVO)

Über das aus Baugrenzen oder Baulinien gebildete **Baufenster** wird die mögliche Lage und flächenhafte Ausdehnung eines Gebäudes auf dem Grundstück bestimmt. Knapp festgesetzte, der GRZ entsprechende Baufenster definieren die Gebäudelage und Ausformung exakt, große ermöglichen eine freizügige Anordnung und Ausformung von Gebäuden auf dem Grundstück.

Wirkungszusammenhang:

- Solarer Verlust
- Primärenergiebedarf
- Besonnungsdauer
- Erschließungslänge
- Anschlussdichte leitungsgebundener Wärmeversorgung

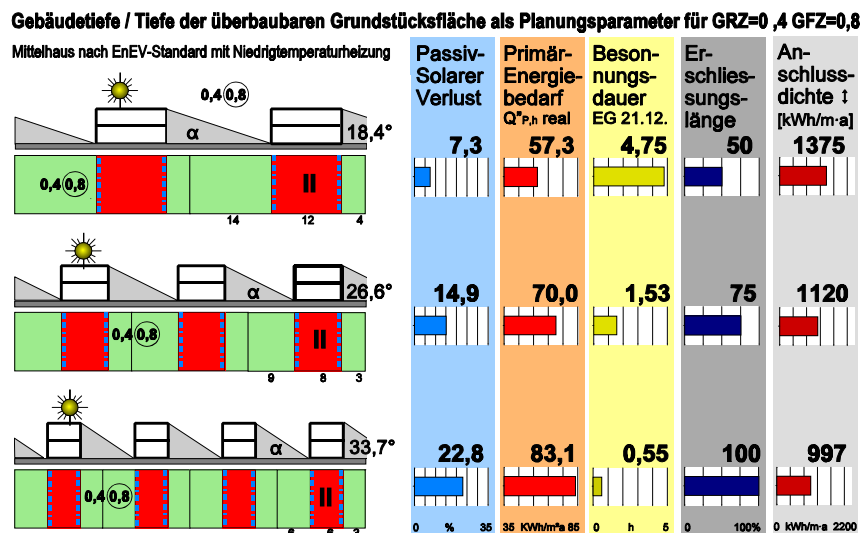


Abb.49: Gebäudetiefe / Tiefe der überbaubaren Grundstücksfläche als energetischer Parameter

Ein möglichst großes Baufenster bedeutet nicht unbedingt mehr Freiheit für die Bauherren, sondern kann eine stärkere gegenseitige Störung und Beeinträchtigung, u.a. durch eingeschränkte Besonnung bewirken.

Unter solaren und energetischen Aspekten sollten das Baufenster und die Grundflächenzahl deshalb möglichst eng, entsprechend den planerischen Zielvorstellungen, festgesetzt werden.

## Baufenstertiefe

### Baufenstertiefe

Bei gleichbleibender Bebauungsdichte (GRZ, GFZ, Z) ergibt sich der Abstand zwischen den Gebäuden aus der Gebäude- bzw. Baufenstertiefe.

## Synergien

Mit abnehmender Gebäude- bzw. Baufenstertiefe und gleichbleibender GRZ/GFZ und Geschossigkeit ...

- vermindert sich der passive Solargewinn durch stärkere gegenseitige Verschattung
- erhöht sich der wohnflächenspezifische Wärmeverlust durch die geringere Kompaktheit
- steigt somit der Jahres-Primärenergiebedarf
- vermindert sich die Wohnqualität durch kürzere Besonnungsdauer und stärkere gegenseitige Störung
- steigen tendenziell die Baukosten durch höheren Außenwandanteil
- erhöht sich der Erschließungsaufwand
- damit sinkt bei zeilenparalleler Erschließung - trotz steigenden Energiebedarfs - die Anschluss- und Versorgungsdichte für leitungsgebundene Energieversorgung

## Baukosten

Da Außenwand- und Fensterflächen relativ teurer als die übrigen Gebäudebauteile sind, deren wohnflächenbezogener Anteil jedoch mit abnehmender Gebäudetiefe zunimmt, steigen mit abnehmender Gebäudetiefe die wohnflächenspezifischen Baukosten.

Eine geringe Gebäudetiefe wirkt sich solar+energetisch und hinsichtlich der Besonnungsdauer ungünstig aus.

## Gebäudestellung

### 2.7.6 Stellung baulicher Anlagen (§ 9 (1), Nr.2 BauGB)

Die Stellung baulicher Anlagen bestimmt wesentlich die Möglichkeiten Kollektoren oder Photozellen auf/in der Dachfläche anzubringen.

Ebenso wird die Verschattung umliegender Gebäude beeinflusst.

Im Bebauungsplan muss deshalb zwischen den Belangen der Nutzung erneuerbarer Energien und den Belangen der Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes abgewogen werden.

Die Festsetzung der Gebäudestellung muss solarenergetische Belange berücksichtigen und darf sich nicht nur nach rein gestalterischen Absichten orientieren.

## Erschließung

### 2.7.7 Erschließung und Grundstückszuschnitt

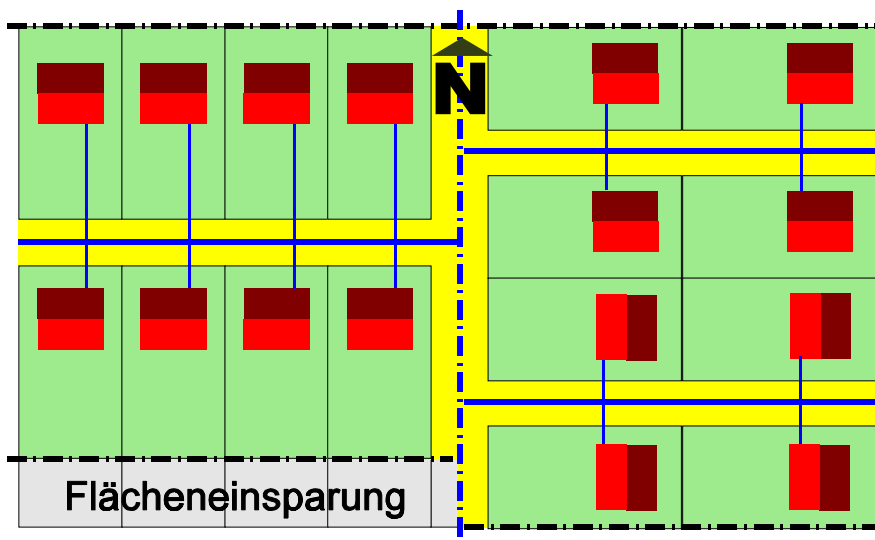
Eine effiziente Erschließung versucht möglichst viel Bauland über möglichst wenig Verkehrsfläche zu erschließen. Ausgehend von der jeweiligen Marktnachfrage und gewünschter Gebäudetypologie ergibt sich eine Spannweite möglicher Grundstücksgößen. Aus der topographischen Situation, der

## Grundstückszuschnitt

Begrenzung des Baugebiets, vorgegebenen Anschlusspunkten und dem gewünschten Grundstückszuschnitt ergeben sich eine Vielzahl möglicher Erschließungskonzepte.

Die Ausformung des Grundstücks hat dabei maßgeblichen Einfluss auf die Erschließungskosten, die Besonnung der Gebäude, den möglichen passiven Solargewinn und die Anschlussdichte leitungsgebundener Energie- oder Wärmeträger.

Am nachstehenden Beispiel wird die Auswirkung der beiden Grund-Philosophien Grundstücks-Schmalseite oder -Breitseite an der Erschließung vergleichend dargestellt.



Erschließung von der	Schmalseite	Breitseite
Grundstücksgröße	17 x 34 m	34 x 17 m
Netto Wohnbauland	4624 m <sup>2</sup>	4624 m <sup>2</sup>
Verkehrsfläche	613 m <sup>2</sup>	1022 m <sup>2</sup>
Brutto Wohnbauland	5237 m <sup>2</sup>	5646 m <sup>2</sup>
Anteil Verkehrsfläche	8,5 %	18 %
Ver-/Entsorgungslänge	71,25 lfm	142,50 lfm
Hausanschlusslänge	110,00 lfm	50,00 lfm
Gesamtanschlusslänge	181,25 lfm	192,50 lfm
Mittlerer Solarer Verlust	5 %	18 %
Heizenergiebedarf (I+D)	130,8 kWh/m <sup>2</sup> a	134,1 kWh/m <sup>2</sup> a

## Synergien

Die Vorteile einer Anordnung der Grundstücksschmalseite an der Erschließung sind offensichtlich:

- weniger Verkehrs- / Erschließungsfläche
- damit bei gleicher Nettobaulandfläche weniger Bruttobaulandbedarf
- höhere Verdichtung / flächensparendes Bauen
- geringerer Erschließungsaufwand, damit weniger Stoffeinsatz und geringere Erschließungskosten
- geringere Länge der Ver- und Entsorgungsleitungen im Straßenraum

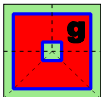
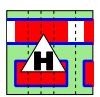
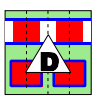
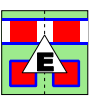
- höhere Anschluss- und Versorgungsdichte für leitungsgebundene Energie- und Wärmeträger
- bessere Besonnung der Wohnungen im Winter bei Ost-West verlaufender Erschließung
- höherer Passiver Solargewinn und damit geringere Heizkosten durch geringere Verschattung bei Ost-West verlaufender Erschließung

Die Zuordnung der Grundstücksschmalseite zu der Erschließungsfläche ist unter dem Aspekt flächen- und energiesparendes Bauen, Erschließungseffizienz, Nutzung regenerativer Energien und hoher Anschlussdichte leitungsgebundener Wärme- und Energieversorgung vorzuziehen.

**Bauweise**

**2.7.8 Bauweise (§9 (1), Nr.2 BauGB; §22 BauNVO)**

Die Bauweise bestimmt maßgeblich die Gebäudetypologie, die Länge von Baukörpern und damit deren Kompaktheit und Energiebedarf.

Bauweise	geschlossen	offen			
	Geschossbau	Hausgruppe	Doppelhaus	Einzelhaus	
Gebäudetyp					
					
spez. Jahres-Energiebedarf nach EnEV	75-100	90-110	110 - 130	125 - 160	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{WFa}}}$
Erschließungslänge bei GRZ= 0,4	100%	120%	155%	260%	%
Grundstücksbreite	-	4,5-7,5	9-12	15-20	m
Mittlere spezifische Baukosten (2006)	925-975	920-1090	1040-1190	1245-1380	$\frac{\text{Euro}}{\text{m}^2_{\text{WF}}}$

Die Bauweise bestimmt maßgeblich den Erschließungsaufwand, den wohnflächenspezifischen Energiebedarf und die Baukosten.

**Grünordnung**

**2.7.9 Grünordnung ( § 9 (1) Nr. 25 BauGB )**

**2.7.9.1 Auswahl von Baumarten**

Maximale Baumhöhen in Wohngebieten

Ausgehend von den erforderlichen Abständen zu Gebäuden verbieten sich bei üblichen Grundstücksgrößen großkronige Wald- und Parkbäume in Wohngebieten von selbst.

In Wohngebieten sollte die arttypisch erreichbare Wuchshöhe der Bäume die Gebäudehöhe nicht überschreiten.

Mindestabstände im  
Wohngebiet

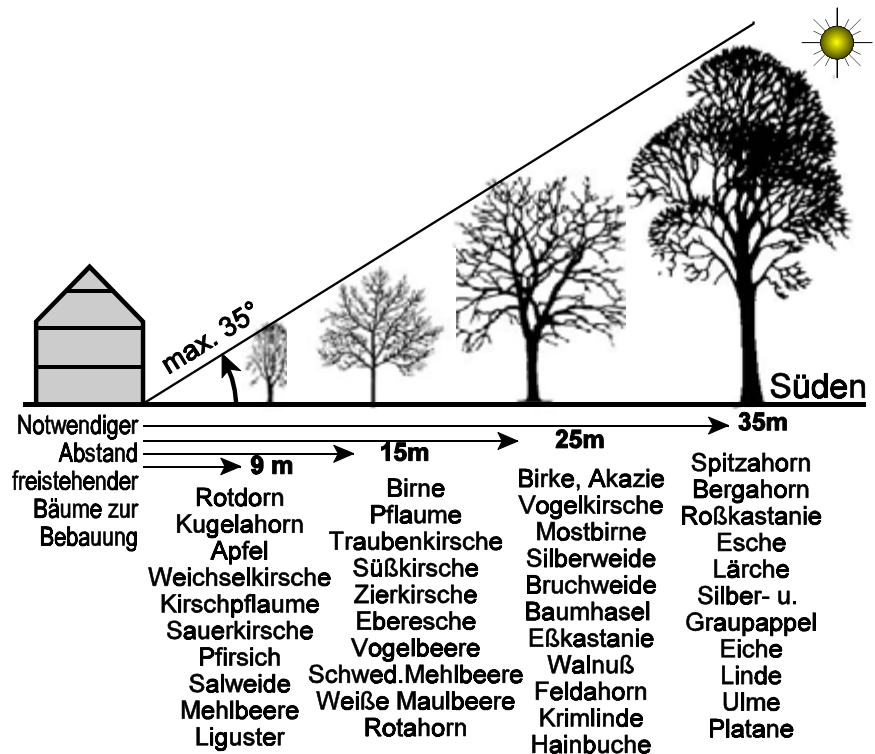


Abb.55: Notwendige Gebäudeabstände verschiedener Baumarten

Baumarten unterscheiden sich nicht nur in Habitus und Wuchshöhe sondern auch durch die Dichte der Belaubung, die Dichte des Geästes, den Zeitpunkt des Blattaustriebs und des Blattabwurfs.

Blattaustrieb

Für die passive Sonnenenergienutzung ist ein möglichst früher Blattabwurf im Herbst und eine möglichst hohe Lichtdurchlässigkeit des Geästes im Winter günstig. Der Zeitpunkt des Blattaustriebs im Frühjahr spielt dagegen kaum eine Rolle.

Geäst

Für die natürliche Belichtung von Räumen ist eine hohe Lichtdurchlässigkeit des Blattwerks während der Vegetationsperiode aber auch eine geringe Dichte des Geästes während der trüben Wintermonate positiv.

**Flächenmäßige Pflanzgebote in privaten Grünflächen**

**2.7.9.2 Bäume in privaten Grünflächen - Pflanzgebote**

Pflanzgebote können eine Bepflanzung privater Grünflächen erzwingen. Im Zuge von Ausgleichsregelungen werden hierbei jedoch oftmals eine zu hohe Pflanzdichte oder zu großwüchsige Baumarten vorgesehen, welche die Nutzung der Freiflächen im Sommer und die Passive Sonnenenergienutzung spürbar beeinträchtigen können.

Pflanzgebote müssen auch den Belang der Nutzung regenerativer Energien berücksichtigen.

**Baumstandorte im öffentlichen Straßenraum**

**2.7.9.3 Bäume im Straßenraum**

Planungsrechtlich festgesetzte Bäume sollten so angeordnet werden, dass sie:

- Im Sommer Straßen und versiegelte Flächen sowie Westfassaden möglichst stark verschatten
- ohne dabei die Belichtung mit Tageslicht zu beeinträchtigen und
- in der Heizperiode die Sonneneinstrahlung in die Südfenster möglichst wenig behindern.

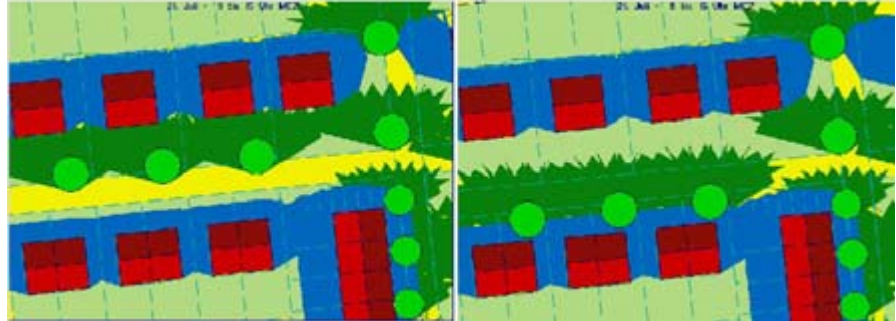


Abb.56: Am 21. Juli im Zeitraum zwischen 9 und 15 Uhr (MEZ) vom Schatten überstrichener Bereich bei Baumanordnung nördlich / südlich der Straße.

Im Straßenraum festgesetzte Bäume sollten bei einseitiger Bepflanzung grundsätzlich auf der südlichen bis westlichen Straßenseite, nicht aber auf der nördlichen Straßenseite angeordnet werden.

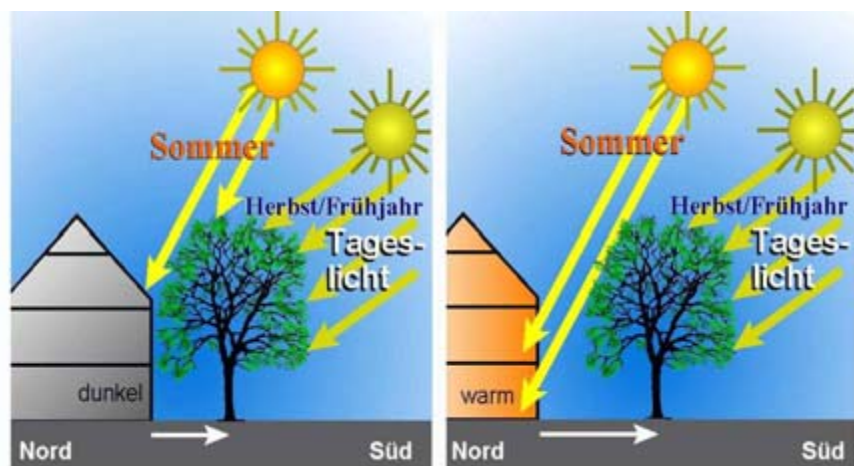
Damit wird mittags und in den warmen Nachmittagsstunden die Aufheizung der Straßenoberfläche wirksam begrenzt. Die Beeinträchtigung der passiven Sonnenenergienutzung im Winter wird hierdurch minimiert.

Planungsrechtlich festgesetzte Bäume sollten möglichst nicht mittig, sondern diagonal versetzt vor Gebäuden angeordnet werden um die natürliche Belichtung der Gebäude möglichst wenig zu beeinträchtigen.

Großkronige und hochwüchsige Bäume sollten im Straßenraum nur sparsam zur Raumbildung eingesetzt werden. Weniger ist hier mehr. Früher wurde nur der Dorfplatz durch einen großen Baum gekennzeichnet.

## Bäume als Sonnenschutz

### 2.7.9.4 Bäume als Sonnenschutz



Westfassaden

Bäume können **Westfassaden** von Gebäuden wirksam vor der relativ tief stehenden Nachmittagssonne schützen und so die Aufwärmung im Sommer reduzieren.



Südfassaden	<p>Um <b>Südfassaden</b> zu schützen müsste der Baum ohne Abstand direkt vor der Fassade stehen. Dadurch würde während der gesamten Vegetationsperiode die natürliche Belichtung der Räume stark beeinträchtigt. Die Folge ist ein zusätzlicher Energiebedarf für Beleuchtung.</p> <p>Ein sommerlicher Sonnenschutz von Süd-Fassaden durch Bäume ist nicht praktikabel.</p>
<b>CO<sub>2</sub> Bilanz von Bäumen</b>	<p><b>2.7.9.5 Verschattung und CO<sub>2</sub> Bilanz</b></p> <p>Unbedacht festgesetzte Bäume und rein unter dem Aspekt „natürlicher Vegetation“ ausgewählte Baumarten können infolge der Verschattung den Heiz- und Beleuchtungsenergiebedarf spürbar erhöhen und damit die CO<sub>2</sub>-Bilanz eines Baugebiets negativ beeinflussen, denn Bäume vernichten kein CO<sub>2</sub>, sondern speichern es in ihrer Biomasse zwischen und setzen es bei der Verrottung oder Verbrennung wieder frei.</p> <p>Unterschreitet die bei der Verbrennung freigesetzte Energie des Baums den durch ihn verursachten Heizenergiemehrbedarf durch verminderte Solargewinne, oder wird der Baum überhaupt nicht zur Energiegewinnung genutzt, trägt dieser im Baugebiet per Saldo zu einer erhöhten CO<sub>2</sub> Emission bei.</p> <p>Bei einem Solaren Verlust von 10% erhöht sich der Heizwärmebedarf eines Einfamilienhauses um rund 400 kWh/a. Um die CO<sub>2</sub>-Bilanz auszugleichen müssen bei dem schattenwerfenden Baum jährlich ca. 100 kg Holz nachwachsen und thermisch genutzt werden.</p>
<b>Einbindung energieeffizienter Stadtplanung</b>	<p><b>2.8 Einbindung energieeffizienter Stadtplanung in die Planungsphasen</b></p>
Zeitpunkt	<p>Je früher solar+energetische Aspekte innerhalb der Stadtplanung berücksichtigt werden, desto höher ist der potentielle Nutzen und desto geringer der planerische Mehraufwand.</p> <p>Energiegerechte Bauleitplanung stellt im Idealfall eine durchgängige Konzeption dar, bei der entwurfsbegleitende solar+energetische Untersuchungen <b>von Anfang an integraler Bestandteil der städtebaulichen Planung</b> sind.</p>
<b>Wettbewerb</b>	<p><b>2.8.1 Der städtebauliche Wettbewerb</b></p>
Solar+energetische Vorprüfung	<p>Der städtebauliche Wettbewerb ist eine wesentliche Weichenstellung für die spätere Entwurfslösung. Deshalb sollte bereits die <b>Auslobung von Wettbewerben</b> konkrete Zielvorgaben für energiebewusste Planung beinhalten, deren Erfüllung in der Vorprüfung quantitativ überprüft werden muss. Eine belastbare solar+energetische Bewertung und Einordnung der Wettbewerbsarbeiten ist dabei nur durch eine Computersimulation möglich.</p> <p>In der Regel zeigen städtebauliche Wettbewerbe eine Spannweite der solar+energetischen Eigenschaften der Entwürfe in Größenordnung von 30%-50%.</p>

**Bebauungskonzept****2.8.2 Bebauungskonzept / Gestaltungsplan**

Soweit kein städtebaulicher Wettbewerb durchgeführt wurde, bietet die Vorentwurfsphase, in der erste, jedoch noch nicht verfestigte städtebauliche Lösungsansätze entwickelt werden, den günstigsten Einstiegszeitpunkt für eine entwurfsbegleitende solar+energetische Planungsberatung und Analyse. Solar+energetisch nicht entwicklungs- oder tragfähige Konzepte können hier frühzeitig erkannt, ausgeschlossen oder verbessert werden.

Variantenvergleich

Grobabstimmung

In einer ersten Optimierungsphase wird das Grundkonzept, d.h. die Baukörpermassen, Erschließungsführung, Gebäudeabstände sowie Baumstandorte und Energieversorgungskonzept aufeinander abgestimmt.

**Bebauungsplan****2.8.3 Bebauungsplanentwurf / Rechtsplan**

Im Rahmen der Entwurfsplanung liegt der Schwerpunkt bei der „solar+energetischen Optimierung“, d.h. der Feinabstimmung der einzelnen zeichnerischen und textlichen planungs- sowie bauordnungsrechtlichen Festsetzungen nach BauGB, BauNVO und BO.

Feinabstimmung

Wesentlich ist die Abstimmung der einzelnen Maßfestsetzungen. Dabei wird auch überprüft, ob über die getroffenen Festsetzungen die definierten Ziele erreicht werden oder zunächst nicht offensichtlich erkennbare Konflikte auftreten können. Hier können kleine, auf den ersten Blick kaum erkennbare Änderungen den späteren Wärmebedarf und die Besonnungsqualität des Planungsbereichs noch spürbar beeinflussen.

Der Rechtsplan entscheidet

Erst der Rechtsplan entscheidet abschließend über die Energieeffizienz der Planung. Hier eröffnet sich das größte Einsparpotential innerhalb aller Phasen der Bauleitplanung.

**Optimierungsmethoden****2.8.4 Methoden der solar+energetischen Optimierung**

Energieverbrauch und Energieeffizienz können nicht augenscheinlich aus dem städtebaulichen Entwurf abgelesen werden - weder vom Planer noch dem Energieberater. Sämtliche Planungsparameter stehen in einem komplexen Wirkungszusammenhang. Jede Änderung einer einzelnen Festsetzung hat sofort Auswirkungen auf das solar+energetische Gesamtgefüge. Eine Bewertung nach Gefühl oder Erfahrung ist nicht möglich.

Die Energieeffizienz ist nicht per Augenschein erkennbar

Energieeffiziente Stadtplanung ist nicht mit einfachen Faustregeln umsetzbar.

Computersimulation

Um eine städtebauliche Planung solar+energetisch zu bewerten oder zu optimieren sind eingehende Berechnung, d.h. eine Computersimulation unumgänglich.

Anforderungen

Die **städtebauliche Energiesimulation** muss unter Einbeziehung der aktiven und passiven Solargewinne den Heizwärme- bzw. Primärenergiebedarf für den gesamten Planungsbereich bilanzieren. Für die Erfassung der Besonnung und damit auch der möglichen Solargewinne muss die Berechnung für jedes einzelne Gebäude erfolgen. Die Betrachtung ausgewählter Gebäude ist hierfür nicht ausreichend.

Gebäudesimulationsprogramme kommen deshalb für die Analyse städtebaulicher Planungen nicht in Betracht. Mit GOSOL steht jedoch ein speziell für die Anforderungen der Stadtplanung entwickeltes solar+energetisches Städtebausimulationsprogramm zur Verfügung.

## Wirtschaftlichkeit

## 2.9 Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Verminderung des Wärmebedarfs und Nutzung erneuerbarer Energien

Die Wirtschaftlichkeit einer Energieeinsparungsmaßnahmen ist primär von den Gesamtkosten der Maßnahme und der hierdurch erzielten Energiekosteneinsparung abhängig.

## Investitionskosten

Bei den **Investitions-, d.h. Bau- bzw. Anlagenkosten** besteht eine von der jeweiligen Ausführung abhängige Spannweite von bis zu 40%.

## Energiekosteneinsparung

Die **Energiekosteneinsparung RE** ist sowohl vom jeweiligen Energieträger als auch der Prognose der zukünftigen Entwicklung der Energiekosten abhängig.

## Energiepreisentwicklung

Die **Entwicklung der Energiekosten** (Beispiel Heizöl) ist sowohl von Phasen der Stagnation (1985-2000:  $\pm 30\%$ ;  $FE/Q=0,96$ , s.u.) als auch extremer Energie-Preissteigerungen („Erste Energiekrise“ 1973-1980:  $+140\%$ ; „Irakkrise“: 2000-2007:  $+110\%$  ;  $FE/Q=1,12$ ; Juni 2007-April 2008:  $+80\%$ ;  $FE/Q: 1,73$ ) geprägt. In den letzten Jahren war eine (spekulationsgetriebene) deutlich über der allgemeinen Inflationsrate liegende Energie-Preissteigerung zu beobachten.

Im Mittel der letzten 30 Jahre lag der Energiepreisanstieg nominal bei 5% p.a., inflationsbereinigt bei 3,3% p.a.

## Betriebs- und Instandhaltungskosten

Zu den einmaligen Kosten der Maßnahme, d.h. Bau-/Anlagen- und Montagekosten kommen noch laufende Betriebs- und Instandhaltungskosten und insbesondere **Kapitalkosten** zur Finanzierung der Investition hinzu. Die Spannweite reicht hier von Nettozinseinbußen bei Eigenkapital von derzeit etwa 2-3% bis zu effektiven Hypothekenzinsen von etwa 8%. Die Zinssätze der KfW-Förderung liegen derzeit zwischen 3% und 5%.

## Kapitalkosten

Kapitalwert  $K_0$ 

Eine übliche Bewertungsmethode der Wirtschaftlichkeit einer Investition ist der **Kapitalwert  $K_0$**  der Investition bzw. deren Amortisationszeitpunkt (d.h. Kapitalwert=0). Diese Methode geht davon aus, dass durch die jährliche Energiekosteneinsparung die jährliche Tilgung und Zinslast finanziert werden.

$$K_0 = ( RE - K_{\text{Instandhaltung}} - K_{\text{Betrieb}} ) \frac{(FE/Q)^N - 1}{(FE/Q) - 1} - K_{\text{Investition}}$$

## Energiepreisfaktor FE

Die Abbildung 58 zeigt die starke Abhängigkeit des Kapitalwerts einer Investition über den **Zeitraum N** vom Verhältnis zwischen **Energiepreisfaktor FE** ( $FE = (1 + \text{Energiepreissteigerung in Prozent}) / 100$ ) und **Zinsfaktor Q** ( $Q = (1 + \text{Zinssatz in Prozent}) / 100$ ).

## Zinsfaktor Q

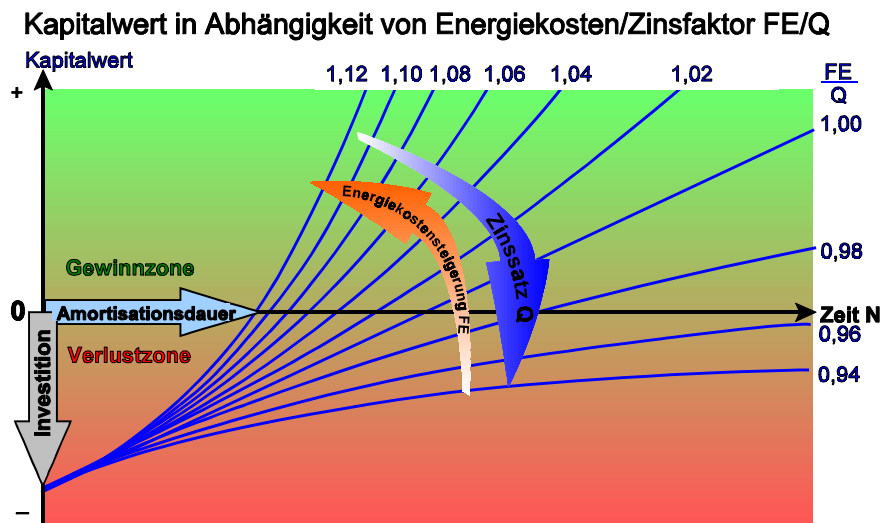


Abb.58: Kapitalwert  $K_0$  in Abhängigkeit vom Zeitraum N und FE/Q

Spannweite FE/Q

Für FE/Q ergibt sich eine plausible Spannweite von **0,94 im ungünstigsten Fall** der Fremdfinanzierung (8% Zins) und Energiepreisanstieg im Rahmen der Inflationsrate bis **1,06 im günstigsten Fall** bei Finanzierung durch Eigenkapital (2% Netto-Zinsausfall) und überproportionaler Energiepreisteigerung (8% p.a.).

Bei KfW-Krediten kann aktuell FE/Q mit etwa 1,02 angesetzt werden.

Prognose

### Amortisationsdauer von Energieeinsparungsmaßnahmen

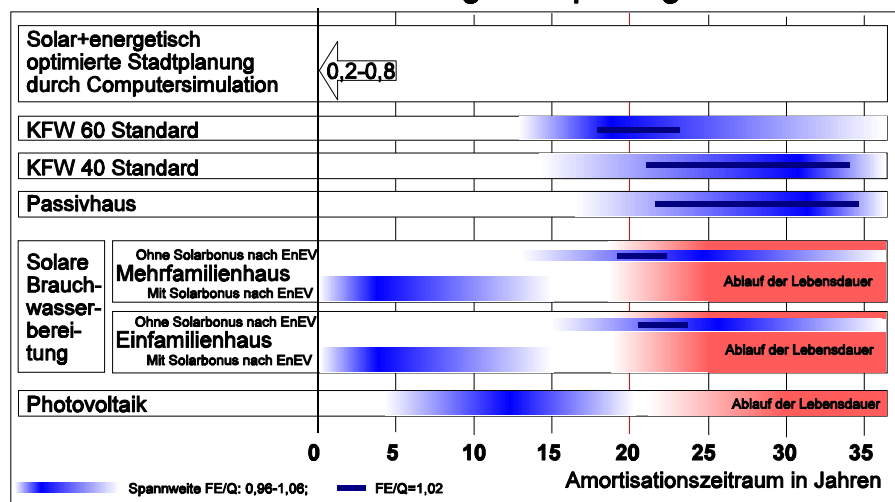


Abb.59. Prognostizierte Amortisationsdauer verschiedener Maßnahmen. Die Spannweite ergibt sich aus den Investitionskosten und dem prognostizierten Energiepreis/Zinsfaktor FE/Q. FE/Q=1,02 zeigt das wahrscheinlichste Szenario (dunkelblau).

Amortisation	Eine <b>Amortisation</b> muss innerhalb der Lebensdauer der Investition, jedoch innerhalb eines überschaubaren Zeitraums, d.h. bei Anlagen maximal 20 Jahre, bei Gebäudebauteilen maximal 30 Jahre erfolgen. Eine Betrachtung über diesen Zeitraum hinaus ist unsinnig, da das Ergebnis dann primär durch die Prognose der Kapital- und Energiekostenentwicklung FE/Q beeinflusst wird.
<b>Thermische Solaranlagen</b>	<b>2.9.1 Thermische Solaranlagen</b>
	<b>2.9.1.1 Förderung</b>
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	Gefördert werden vom <b>Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle</b> Solarkollektoranlagen <b>bis max. 40 m<sup>2</sup></b> Gesamtbruttokollektorfläche.
	Folgende Maßnahmen werden mit einem Zuschuss gefördert (Basisförderung):
Warmwassererzeugung	- Anlagen zur Warmwassererzeugung. Der Zuschuss beträgt 2007 40,00 Euro je angefangenem m <sup>2</sup> installierter Bruttokollektorfläche, mindestens 275,00 Euro.
kombinierte Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung	- Anlagen für die kombinierte Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, für die Bereitstellung von Prozesswärme und zur solaren Kühlung. Der Zuschuss beträgt 70,00 Euro je angefangenem m <sup>2</sup> installierter Bruttokollektorfläche. (Mindestkollektorfläche Flachkollektor: 9 m <sup>2</sup> ; Vakuumkollektor 7 m <sup>2</sup> ). - Kollektoranlagen mit mehr als 20 m <sup>2</sup> können bei Gebäuden mit zumindest drei WE bis zum Dreifachen gefördert werden (Innovationsförderung).
KfW	Die KfW fördert Anlagen mit einer Bruttokollektorfläche über 40 m <sup>2</sup> .
Wirtschaftlichkeit	<b>2.9.1.2 Wirtschaftlichkeit</b> Die Kosten einer thermischen Solaranlage amortisieren sich isoliert betrachtet innerhalb ihrer Lebensdauer nur unter der Annahme von Kapitalkosten von maximal 2% (Eigenkapital) und einer überproportionalen (realistischen) Energiepreissteigerung von 5% je Jahr.
Bedingte Amortisation im Gebäudebestand	Soweit Fremdkapital benötigt wird, ist selbst unter Annahme einer stark überproportionalen Energiepreissteigerung, bei der isolierten Betrachtung ohne Einbeziehung der Dämmkosteneinsparung (Erweiterung im Gebäudebestand) eine Amortisation innerhalb der Lebensdauer der Anlage kaum möglich.
Amortisation bei Neubauten durch Solar-/Anlagenbonus nach EnEV	Unter Einbeziehung der Minderaufwendungen für baulichen Wärmeschutz, d.h. bei Neubauten, welche nach den Mindestanforderungen der EnEV errichtet werden, ist eine kurzfristige Amortisation der thermischen Solaranlage in allen Szenarien gegeben.
<b>KfW 60</b>	<b>2.9.2 Niedrigenergiebauweise KfW 60</b>
	<b>2.9.2.1 Förderung</b>
KfW-Darlehen	KfW-Energiesparhäuser 60 werden mit 100 % der Bauwerkskosten (Baukosten ohne Grundstück), max. 50.000,- Euro je WE, über zinsverbilligte Darlehen gefördert. Der Zinssatz beträgt z.Z. zwischen 4,5 und 4,7%.

Amortisation innerhalb der Lebensdauer	<p><b>2.9.2.2 Wirtschaftlichkeit</b></p> <p>Die Kosten für den KfW 60-Standard können sich in den wahrscheinlichsten Szenarien innerhalb eines Zeitraums von rund 17-23 Jahren, d.h. innerhalb der Lebensdauer der Maßnahme amortisieren.</p> <p>Die Amortisationszeit beträgt unter günstigen Randbedingungen etwa 13, bei ungünstigen Randbedingungen über 40 Jahre.</p> <p>Die Aufwendungen für einen erhöhten Wärmeschutz nach KfW 60-Standard amortisieren sich in allen Szenarien noch innerhalb der Lebensdauer der Maßnahme.</p>
<b>KfW 40 / Passivhaus</b>	<p><b>2.9.3 Niedrigenergiebauweise KfW 40 / Passivhausstandard</b></p>
KfW-Darlehen	<p><b>2.9.3.1 Förderung</b></p> <p>KfW-Energiesparhäuser 40 sowie Passivhäuser werden mit 100 % der Bauwerkskosten (Baukosten ohne Grundstück), max. 50.000,- Euro je WE, über zinsverbilligte Darlehen gefördert. Der Zinssatz beträgt z.Z. zwischen 3,1 und 3,8%.</p>
Langfristige Amortisation innerhalb der Lebensdauer	<p><b>2.9.3.2 Wirtschaftlichkeit</b></p> <p>Die Kosten für den KfW 40 / Passivhaus-Standard können sich in den wahrscheinlichsten Szenarien innerhalb eines Zeitraums von rund 20-35 Jahren amortisieren.</p> <p>Die Amortisationszeit beträgt unter günstigen Randbedingungen etwa 14, bei ungünstigen Randbedingungen über 40 Jahre.</p> <p>Die Aufwendungen für einen erhöhten Wärmeschutz nach KfW 40- / Passivhaus-Standard amortisieren sich in allen Szenarien mit zumindest proportionaler Energiepreissteigerung innerhalb der Lebensdauer der Maßnahme.</p>
<b>Photovoltaik</b>	<p><b>2.9.4 Photovoltaik</b></p>
KfW-Darlehen	<p><b>2.9.4.1 Förderung</b></p> <p>Über das KfW-Förderprogramm „Solarstrom-erzeugen“ werden für die Errichtung kleinerer Photovoltaikanlagen bis 30 kW Darlehen von z.Z. 5,2% effektivem Zinssatz vergeben.</p>
Zuschuss Stadtwerke Erfurt	<p>Die Stadtwerke Erfurt fördern Photovoltaik-Anlagen bis 5 kWp mit einem pauschalen Zuschuss von 500,- Euro.</p>
Einspeisevergütung	<p>Für Strom aus solarer Strahlungsenergie wird für die Dauer von 20 Kalenderjahren eine Mindestvergütung garantiert. Der Vergütungssatz verringert sich jeweils zum 1. Januar um 5% für nach diesem Zeitpunkt in Betrieb genommene Anlagen. Er bleibt dann für 20 Jahre gleich.</p> <p>Die Vergütungssätze betragen für das Jahr 2007:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freiflächenanlagen: 37,9 Cent/kWh.</li> <li>- Anlagen auf Gebäuden oder Lärmschutzwänden bis zu Anlagengröße von 30 kW: 49,2 Cent/kWh.</li> <li>- Anlagen zwischen 30 kW und 100 kW (für den Teil, der über 30 kW liegt): 46,8 Cent/kWh.</li> </ul>

- Anlagen über 100 kW (für den Teil, der über 100 kW liegt): 46,3 Cent.
- Bonus für Fassadenanlagen: zusätzlich 5 Cent/kWh.

#### 2.9.4.2 Wirtschaftlichkeit

Unternehmerische Tätigkeit	Da der Betrieb einer Photovoltaikanlage bei Netzeinspeisung eine unternehmerische Tätigkeit darstellt, ist die Umsatzsteuer auf die Anlagen- und Montagekosten abzugsfähig. Weiter besteht die Möglichkeit die Investitionen auch als Sonderabschreibung frühzeitig steuerlich abzusetzen. Andererseits müssen die Erträge als Einkommen versteuert und gegebenenfalls auch Sozialabgaben darauf entrichtet werden. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist damit stark von den persönlichen wirtschaftlichen Voraussetzungen des Betreibers abhängig.
Amortisation bei Netzeinspeisung	Die Investitionskosten für eine 5 kW Anlage betragen derzeit (2007), je nach Anbieter zwischen 20.000 und 32.000 Euro.
Keine Amortisation bei Eigenverbrauch	Photovoltaikanlagen amortisieren sich bei Netzeinspeisung in einem Zeitraum von rund 9 bis 13 Jahren. Die Wirtschaftlichkeit ist damit bei den meisten Szenarien gegeben.  Bei Eigenverbrauch der Stromerzeugung ist keine Amortisation der Investition möglich, da die Erzeugungskosten für Solarstrom deutlich über dem Bezugspreis für Netzstrom liegen.

### Energieeffiziente Planung

#### 2.9.5 Solar+energetisch optimierte verbindliche Bauleitplanung

erhöhter Solargewinn	Solarenergetisch mit Hilfe von Computersimulation (GOSOL) optimierte Planungen können die <b>passiven und aktiven Solargewinne</b> gegenüber konventionellen Planungen <b>im Mittel um 10%, in Einzelfällen um bis zu 30% erhöhen</b> .  Hierdurch <b>vermindert sich der Heizenergiebedarf</b> bei nach gesetzlichem Mindeststandard (EnEV) errichteten Gebäuden <b>um 3%-10%, bei Passivhäusern um bis zu 40%</b> .
verminderter Wärmeverlust	Durch Abstimmung der Gebäudegeometrie kann der wohnflächenspezifische <b>Wärmeverlust im Mittel um rund 5%-10%, in Einzelfällen um bis zu 40% gesenkt</b> werden.
Heizenergieeinsparung	Insgesamt kann durch eine solar+energetische Bebauungsplanoptimierung der <b>Heizenergiebedarf in der Regel um ca. 5-10%, in Einzelfällen bis zu 40% gesenkt</b> werden.
Wohnfläche	Energetisch optimierte Bebauungsplan-Festsetzungen maximieren die mögliche Wohnfläche und minimieren die Hüllfläche von Gebäuden.
Baukosten	Damit sinken infolge der höheren Kompaktheit neben den Energiekosten auch die <b>wohnflächenspezifischen Baukosten um 5-10%, in Einzelfällen bis zu 20%</b> .  Hierdurch reduzieren sich auch die <b>Kosten für zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen</b> deutlich. Oft kann durch die Baukostensenkung ein erhöhter Wärmeschutz gesamtkostenneutral gegenfinanziert werden.
Synergieeffekte	Energieeffiziente Stadtplanung reduziert als <b>Synergieeffekt</b> den Erschließungs- und damit Herstellungs-, Energie- und Kostenaufwand sowohl bei Verkehrsflächen als auch bei Ver- und Entsorgung.

Flächeneinsparung	<p>Damit steigt der Anteil des Netto-Baulandes. Für den Bauherren sinken dabei die Erschließungskosten, für die Kommune bzw. Investoren/Vorhabensträger die Erschließungsinvestitionen. Der Landschafts- und Flächenverbrauch wird reduziert.</p> <p>Energieeffiziente Baulanderschließung schafft durch solar+energetisch optimierte Abstimmung der einzelnen Bebauungsplan-Festsetzungen Rahmenbedingungen welche - ohne Zutun der Bauherren - den Energiebedarf der Gebäude um bis zu 40% und die Bau- und Erschließungskosten um bis zu 20% senken können. Damit werden bei Kommunen und Bauherren finanzielle Mittel freigesetzt, die in zusätzliche energiesparende Maßnahmen investiert werden können.</p>
<b>2.9.5.1 Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Stadtplanung:</b>	
Einsparung	<p>Legt man konservativ eine Energieeinsparung von 3% durch solar+energetisch optimierte Bauleitplanung zu Grunde, ergibt sich eine jährlich wiederkehrende Heizkostensparnis von 18-25 Cent/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>.</p>
Kosten	<p>Dem stehen einmalige Optimierungskosten in Größenordnung von ca. 7 Cent/m<sup>2</sup><sub>WF</sub> gegenüber.</p>
Kurzfristige Amortisation	<p>Eine solar+energetische Bebauungsplanoptimierung mit GOSOL amortisiert sich allein durch die Heizkostensparnis in ca. 4 Monaten.</p> <p>Eine solar+energetische Bebauungsplanoptimierung ist die mit Abstand wirtschaftlichste Energieeinsparmaßnahme.</p> <p>In vielen von Solarbüro durchgeführten Projekten konnte zudem eine Baukosteneinsparung in Größenordnung von ca. 10-50 Euro/m<sup>2</sup><sub>WF</sub> nachgewiesen werden.</p>



Instrumente zur Sicherung und Durchsetzung energieeffizienter Stadtplanung

## 3 Sicherung und Durchsetzung energieeffizienter Stadtplanung

### 3.1 Planungs- und bauordnungsrechtliche Festsetzungen - energieeffiziente Stadtplanung nach BauGB, BauNVO und BO

Im Baugesetzbuch 2004 wurden die Zielvorgaben in **§ 1 Abs. 5, Satz 2 und Abs. 6, Nr. 7** um den „**allgemeinen Klimaschutz**“ ergänzt.

Belang Energie

Das Baugesetzbuch nennt in § 1, Abs. 6, Nr 7f „die **Nutzung erneuerbarer Energien** sowie die **sparsame und effiziente Nutzung von Energie**“ als städtebaulichen Belang.

Im Laufe der Gesetzgebung hat damit der Beitrag der Bauleitplanung zum Umweltschutz seit 1998 einen erheblichen Bedeutungszuwachs erhalten.

Ziele und Zwecke der Bauleitplanung

Damit sind **Umweltbelange** nicht nur in Verfolgung städtebaulicher Zielsetzungen im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen, sondern **sie können den städtebaulichen Zielen und Zwecken der Bauleitplanung hinzutreten** [s. Ernst, Zinkahn, Bielenberg 2006], d.h. nach § 9 BauGB zulässige städtebauliche Festsetzungen begründen. Aufgrund ihrer Planungshoheit kann sich damit die Kommune energetischen Zielsetzungen selbst verpflichten.

örtlicher Bezug erforderlich

Die Bauleitplanung wird damit jedoch nicht ein von den städtebaulichen Aufgaben losgelöstes Instrument des Umweltschutzes. Festsetzungen nach § 9 Abs.1 BauGB erfordern grundsätzlich einen **örtlichen Bezug**.

Abwägung

Aus § 1, Abs.5, Satz 2 BauGB ergibt sich kein Vorrang oder eine vorgegebene Rangfolge eines Belangs gegenüber anderen Belangen.

Nach §1 Abs.7 BauGB sind bei der Aufstellung von Bebauungsplänen alle **öffentlichen und privaten Belange untereinander** (d.h. die unterschiedlichen Gesichtspunkte) **und gegeneinander** (d.h. ohne Rangordnung) **gerecht abzuwägen**, d.h. ein **Interessenausgleich** zu schaffen.

Es darf davon ausgegangen werden, dass die Einsparung von Energie im wirtschaftlichen Interesse der Grundstückseigentümer liegt soweit die hieraus resultierende wirtschaftliche Belastung zumutbar, d.h. eine Amortisation in einem absehbaren Zeitraum gegeben ist.

Dabei ist jedoch immer eine **gesamtplanerische Abwägungsentscheidung** zu treffen welche u.a. die Belange des Ortsbilds, der Raumstruktur und der Begrünung berücksichtigt.

Zusammenstellung des Abwägungsmaterials

Jede Abwägung erfordert zunächst die **Zusammenstellung des Abwägungsmaterials**. Planungen bzw. Festsetzungen sind deshalb sowohl hinsichtlich ihrer solar- und energetischen **Auswirkung** als auch ihrer wirtschaftlichen Folgen zu überprüfen.

Auswirkung der Planung

Prognose

Dies erfordert eine **Prognose**. Hinsichtlich des Belangs „der Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie“, d.h. der **solar+energetischen Auswirkung der Planung** auf den Energie-

bedarf ist eine **Bilanzierung**, i.d.R. durch Computersimulation, notwendig da, analog zu Schallgutachten, eine belastbare Erfassung der komplexen, oft gegenläufigen Wirkungszusammenhänge per Augenschein nicht möglich ist.

**Anerkannte Festsetzungen nach § 9 (1) BauGB**

**3.1.1 Energetisch relevante, anerkannte Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 BauGB**

Allgemein anerkannt ist die Zulässigkeit von Festsetzungen aus dem abschließenden Katalog nach § 9 Abs.1 BauGB, welche **Möglichkeiten und Voraussetzungen** für die „Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie“ entsprechend §1 (6), Nr. 7f BauGB schaffen.

Im Bebauungsplan für die aktive und passive Nutzung der Sonnenenergie sowie die Kompaktheit der Baukörper relevante städtebauliche Festsetzungen sind insbesondere:

**§ 9 (1), Nr. 1 BauGB**

**1. Das Maß der baulichen Nutzung**

- Firsthöhe
- Traufhöhe
- Dachneigung

o **Höhe baulicher Anlagen (BauNVO § 18), Dachneigung (ThürBO § 83)**

*Mit Hilfe der First- und Traufhöhen kann die Kompaktheit der Gebäude sowie deren Verschattungswirkung zielgerichtet gesteuert werden.*

*Auf die Festsetzung der Anzahl der Vollgeschosse Z, der Geschoßflächenzahl GFZ sowie der Dachneigung sollte zugunsten der Festsetzung von First-, Trauf- oder Wandhöhen verzichtet werden.*

*Durch eine geeignete Wahl der First- und Traufhöhe kann bei identischer Wohnfläche der Heizenergiebedarf um bis zu 10%, der solare Verlust der Umgebung durch die Verschattungswirkung um bis zu 30% und die Baukosten um bis zu 10% gesenkt werden.*

**§ 9 (1), Nr. 2 BauGB**

**2. Die Bauweise, die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie die Stellung baulicher Anlagen.**

- Bauweise

o **Bauweise (BauNVO § 22)**

*Über die Bauweise wird, zusammen mit der überbaubaren Grundstücksfläche die Kompaktheit maßgeblich bestimmt. Das Konfliktpotential hinsichtlich der Nachfrage bestimmter Bauweisen ist jedoch als hoch einzuschätzen.*

o **Überbaubare Grundstücksfläche (BauNVO § 23)**

*Durch Baulinien, Baugrenzen und Bebauungstiefen werden unabhängig von der Bauweise / dem Gebäudetyp sowohl die Kompaktheit der Gebäude als auch die verschattungsrelevanten Gebäudeabstände und die Ausrichtung der Gebäude festgelegt.*

*Die Auswirkung auf das Potential zu passiven Sonnenenergienutzung, des Energiebedarfs, der Besonnungsqualität, des Erschließungsaufwands und der Anschlussdichte leitungsgebundener Wärme- oder Energieversorgung ist immens.*

- Überbaubare Grundstücksfläche
- Lage von
  - Baulinien
  - Baugrenzen
- Bebauungstiefe
- Stellung baulicher Anlagen

o **Stellung baulicher Anlagen (BauGB § 9 (1), Nr. 2)**

*Die Stellung baulicher Anlagen beeinflusst die Verschattung der Umgebung, die Möglichkeiten zur passiven Sonnenenergienutzung und über die Ausrichtung der Dachflächen die Möglichkeiten zur aktiven Sonnenenergienutzung.*

**§ 9 (1), Nr. 11 BauGB**

Lage und Anordnung von Verkehrsflächen

**11. die Verkehrsflächen sowie Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung, wie Fußgängerbereiche, Flächen für das Parken von Fahrzeugen, Flächen für das Abstellen von Fahrrädern sowie den Anschluss anderer Flächen an die Verkehrsflächen**

- Die Lage der Verkehrsflächen bestimmt sowohl die Ausrichtung der Gebäude als auch, über den Abstand der Verkehrsflächen zueinander, den Grundstückszuschnitt und damit die Abstände zwischen den Gebäuden, d.h. die gegenseitige Verschattung.

**§ 9 (1), Nr. 25 BauGB**

Pflanzbindungen und Pflanzgebote

**25. für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen mit Ausnahme der für landwirtschaftliche Nutzungen oder Wald festgesetzten Flächen**

- a) das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen,
- b) Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern;

*Räumlich festgesetzte Bäume oder quantifizierte Pflanzgebote bestimmen zusammen mit den Hinweisen der Grünordnungsplanung zu geeigneten Baumarten die mittelfristig durch Bäume verursachte Verschattungswirkung.*

**Übersicht** der solar + energetischen Wirkung planungsrechtlicher Festsetzungen

<b>Solar+energetische Wirkung planungsrechtlicher Festsetzungen</b>					
Festsetzung § 9 BauGB  Relevanz: ++ sehr hoch; + hoch o mittel; -gering; - - nicht vorhanden	Wärmeverlust	Passiv Solar			Aktiv Solar
		Ausrichtung	Gegenseitige Verschattung	Verschattung d. Vegetation	
1 die Art und das Maß der baulichen Nutzung	+	o	++	+	-
- GRZ	+	-	++	++	-
- GFZ	++	-	++	o	-
- BMZ	++	-	++	o	-
- Vollgeschosse	++	o	++	++	-
- Höhe baulicher Anlagen	++	o	++	++	-
2. - die Bauweise,	+	+	+	+	+
- die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen	o	+	++	++	+
- die Stellung der baulichen Anlagen	o	++	+	+	++
2a vom Bauordnungsrecht abweichende Maße der Tiefe der Abstandsflächen	-	o	+	o	o
3 Größe, Breite und Tiefe der Baugrundstücke, Mindestmaße und Höchstmaße	+	+	++	+	o
4 - Flächen für Nebenanlagen,	--	-	o	-	-
- Flächen für Stellplätze und Garagen mit ihren Einfahrten;	-	o	+	+	+
5. Flächen für den Gemeinbedarf sowie für Sport- und Spielanlagen	--	o	o	++	+

<b>Solar+energetische Wirkung planungsrechtlicher Festsetzungen</b>					
Festsetzung § 9 BauGB  Relevanz: ++ sehr hoch; + hoch o mittel; -gering; - - nicht vorhanden	Wärmeverlust	Passiv Solar			Aktiv Solar
		Ausrichtung	Gegenseitige Verschattung	Verschattung d. Vegetation	
6. höchstzulässige Zahl der Wohnungen in Wohngebäuden	+	--	--	--	+
10. Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind und ihre Nutzung	--	o	+	+	o
11. - Verkehrsflächen - Flächen für das Parken von Fahrzeugen	- o	++ +	++ ++	++ ++	o +
15. öffentliche und private Grünflächen	--	o	o	++	++
20. Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft	--	-	-	++	+
22. Flächen für Gemeinschaftsanlagen Kinderspielplätze, Stellplätze und Garagen	-- --	o o	o +	++ +	+ +
23. Gebiete, in denen a) zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen b)... Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energien insbesondere Solarenergie getroffen werden müssen	-- +	-- ++	-- +	-- -	-- ++
25. Flächen für a) das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern ..., b) Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen ...	-- --	o o	- -	++ ++	++ ++
(4) Die Länder können durch Rechtsvorschriften bestimmen ... - Dachneigung - Dachform	 ++ ++	 o o	 ++ ++	 o o	 ++ ++

**Strittige und unzulässige Festsetzungen nach § 9 (1) BauGB**

**3.1.2 Strittige und unzulässige Festsetzungen nach § 9 Abs.1 BauGB**

In vielen die energetischen Festsetzungen betreffenden Fragen existiert derzeit keine Rechtsprechung. Rechtskommentare legen die Zulässigkeit unterschiedlich und z.T. widersprechend aus. Kommunen können damit, um das politische Ziel des Klimaschutzes voranzutreiben, strittige Festsetzungen im Bebauungsplan treffen, übernehmen jedoch damit das erhebliche Risiko, dass diese einer eventuellen gerichtlichen Überprüfung nicht standhalten.

Bei „unzulässigen Festsetzungen“ besteht, auch wenn hierzu keine Rechtsprechung existiert weitgehende Übereinkunft der Rechtskommentare bzw. es existieren entsprechende Erlasse der Aufsichtsbehörden, welche diese Festsetzungen ausschließen.

### 3.1.2.1 Anschlusszwang an leitungsgebundene Energieversorgung

#### Anschlusszwang

Ein Anschluss- und Nutzungszwang an zentrale Anlagen zur Energieversorgung sind auf Grundlage der abschließenden Aufzählung in § 9, Abs.1 BauGB nicht möglich.

#### Fernwärmesatzung

Die Thüringer Kommunalordnung bieten jedoch die Möglichkeit einen Anschluss- und Benutzungszwang als Satzung zu beschließen. So sieht die Fernwärmesatzung der Stadt Erfurt innerhalb eines räumlich definierten Geltungsbereichs einen Anschluss- und Benutzungszwang für Fernwärme vor.

Nach dem Entwurf zum EEWärmeG können Gemeinden und Gemeindeverbände von einer Bestimmung nach Landesrecht, die sie zur Begründung eines Anschluss- und Benutzungszwangs an ein Netz der öffentlichen Nah- oder Fernwärmeversorgung ermächtigt, auch zum Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes Gebrauch machen.

#### § 9 (1), Nr. 23 a BauGB

#### Verbrennungsverbote

### 3.1.2.2 Gebiete in denen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bestimmte Luft verunreinigende Stoffe nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen.

§ 9 Abs.1 Nr. 23 a erfordert, dass das Verbrennungsverbot „dem Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“, d.h. einem **Immissionsschutz auf örtlicher Ebene** dient.

Verbrennungsverbote nach § 9 Abs.1 Nr.23 a ohne örtlichen Bezug, welche allein dem allgemeinen Klimaschutz dienen, sind unzulässig.

Im Rahmen der **allgemeinen Umweltvorsorge** ist die Gemeinde jedoch berechtigt auch in klimatisch nicht belasteten Teilen systematisch dafür zu sorgen, dass vermeidbare Luftbelastungen minimiert werden. Dieses Umweltschutzziel kann die Gemeinde **im gesamten Gemeindegebiet** auch verfolgen ohne jeweils besondere städtebauliche Gründe anzuführen.

Besondere Satzungen bieten die Möglichkeit Verbrennungsverbote für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe im Zusammenhang mit einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung zu beschließen.

#### § 9 Abs. 1, Nr. 23 b BauGB

#### Einsatz erneuerbarer Energie

### 3.1.2.3 Einsatz erneuerbarer Energien

Nach § 9 Abs. 1, Nr. 23 b BauGB 2004 kann verlangt werden, dass „bei der **Errichtung von Gebäuden** bestimmte **bauliche Maßnahmen** für den **Einsatz erneuerbarer Energien** wie **insbesondere Solarenergie** getroffen werden müssen“.

#### Definition

Erneuerbare Energien sind nach § 3 (1) EEG 2004:

- Wasserkraft
- Windenergie
- solare Strahlungsenergie
- Geothermie
- Energie aus Biomasse, Deponiegas und Klärgas

#### städtebauliche Voraussetzungen

Diese Festsetzung erfordert zuallererst **geeignete Voraussetzungen** zur Nutzung erneuerbarer Energien durch andere planungsrechtliche Festset-

zungen zu schaffen, u.a. durch geeignete Dachflächen sowie die geeignete Anordnung und Stellung der Gebäude.

Dies ist technische Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb aktiver Solaranlagen.

rechtliche Voraussetzungen

Teilweise [u.a. Ecofys] wird die Meinung vertreten, dass verlangte **bauliche Maßnahmen** nicht nur die Vorhaltung u.a. von geeigneten Installationsflächen und Leerrohen, d.h. **technische Vorkehrungen**, sondern auch **technische Anlagen**, d.h. die Verpflichtung zur Errichtung von Solaranlagen umfassen können.

Überwiegend wird die Auffassung vertreten, dass sich die Festsetzung aus den **Besonderheiten der örtlichen Situation** ergeben muss und nicht allein mit §1, Abs.6, Nr. 7 f BauGB begründet werden kann bzw. eine Festsetzung nach § 9, Abs. 1, Nr. 23 b BauGB im Zusammenhang mit im städtebaulichen Vertrag nach § 11 BauGB vereinbarten Maßnahmen zu sehen ist.

Die Festsetzung von **technischen Anlagen** ist bisher nicht erprobt und rechtlich risikobehaftet.

Grundsätzlich gilt, dass dem Eigentümer keine unzumutbaren oder wesentlichen finanziellen Lasten auferlegt werden dürfen. Dies muss im Rahmen der Begründung zum Bebauungsplan nachgewiesen werden. Bei einer Amortisationsdauer von bis zu 20 Jahren kann allgemein von der Zumutbarkeit ausgegangen werden.

**Photovoltaikanlagen**

Die Wirtschaftlichkeit von **Photovoltaikanlagen** ist nur bei vollständiger Netzeinspeisung, d.h. Aufnahme einer unternehmerischen Tätigkeit durch den Betreiber zu erreichen. Damit hängt das betriebswirtschaftliche Ergebnis auch wesentlich von der steuerlichen und wirtschaftlichen Situation des Betreibers ab.

unternehmerische Tätigkeit

Ob über das Bodenrecht die **Aufnahme einer unternehmerischen Tätigkeit** festgesetzt werden kann ist unklar - hierzu fanden sich in den Kommentaren zum BauGB keine Aussagen.

Anders als bei solarthermischen Anlagen bewirkt die Errichtung von Photovoltaikanlagen keinen erhöhten, nach EnEV zulässigen Transmissionswärmeverlust (Solar-/Anlagenbonus) des Gebäudes. Der Ausfall der Photovoltaikanlage hat damit keine negativen Folgen auf den Heizenergiebedarf des Gebäudes.

Die Festsetzung photovoltaischer Solaranlagen nach § 9 Abs.1, Nr.23 ist umstritten und mit hohen rechtlichen Risiken verbunden. Es wird empfohlen, die Errichtung von Photovoltaikanlagen nicht festzusetzen.

Dagegen sollte durch Information der Bauherren der durch die Errichtung einer Solaranlage entstehende wirtschaftliche Vorteil deutlich gemacht werden.

**Thermische Solaranlagen**

**Thermische Solaranlagen**

Da bei **thermischen Solaranlagen** infolge des „Solar-/Anlagenbonus“ der EnEV der erforderliche bauliche Wärmeschutz reduziert werden darf - die Mehr- und Minderkosten der Solaranlage und der Dämmung können sich hier ausgleichen - ist eine Wirtschaftlichkeit und damit die Verhältnismäßigkeit der Maßnahme bei Neubauten meist gegeben.

Diese Tendenz wird mit dem sich im Gesetzgebungsprozess befindenden EEWärmeG, welches bei Gebäuden ohne Solaranlagen bzw. allgemein ohne Nutzung erneuerbarer Energien einen 15% erhöhten baulichen Wär-

meschutz fordert, weiter gefördert. Insofern ergibt sich für Bauherren ein starker wirtschaftlicher Druck zur Errichtung von Solaranlagen.

**keine  
Nutzungsverpflichtung**

**Nutzungsverpflichtung**

§ 9 Abs.1 Nr. 23 b BauGB ermöglicht jedoch - in Unterscheidung zu § 11 Abs.1 Nr. 4 - nicht die Festsetzung eines Anwendungsgebotes, d.h. Nutzungsverpflichtung erneuerbarer Energien (Löhr 2007).

Die sich hieraus ergebende Problematik darf nicht verkannt werden: Die Lebensdauer der Komponenten einer thermischen Solaranlage liegen zwischen 15 und 25 Jahren, die des baulichen Wärmeschutzes bei 50 bis 70 Jahren. Damit besteht die Gefahr, dass unter planungsrechtlichem Zwang installierte thermische Solaranlagen bei Defekten, soweit der „Solarbonus“ in Anspruch genommen wird, unter Missachtung des Nutzungsgebots nach EnEV und EEWärmeG, auch aufgrund der nur „stichprobenhaft“ vorgesehenen Überprüfung, stillgelegt und aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit nicht mehr erneuert werden.

Der Ausfall der Solaranlage kann somit mittelfristig zu einem den zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  nach EnEV übersteigenden, erhöhten Wärmebedarf führen.

Diese Überlegungen gelten in gleicher Weise für Erdwärme / Wärmepumpen.

Deshalb ist langfristig betrachtet zunächst dem höheren baulichen Wärmeschutz gegenüber einer planungsrechtlichen Festsetzung zur Errichtung von Solaranlagen (unter Nutzung des „Solarbonus“ der EnEV, d.h. reduziertem baulichen Wärmeschutz) der Vorzug zu geben.

Die Schaffung günstiger städtebaulicher Voraussetzungen für die freiwillige Nutzung der Sonnenenergie ist jedoch sicherzustellen. Solaranlagen können, im Gegensatz zur Wärmedämmung, später kostengünstiger nachgerüstet werden.

**Festsetzung**

**Die Festsetzung der Errichtung von Solaranlagen nach § 9 Abs.1 Nr.23 wird deshalb sowohl aus rechtlichen als auch sachlich, energetischen Gründen nicht empfohlen.**

Hinsichtlich der Bestrebungen zukünftig die Nutzung regenerativer Energien gesetzlich vorzuschreiben **sollte jedoch die Vorhaltung von geeigneten Installationsflächen und Leerrohren planungsrechtlich bzw. bauordnungsrechtlich festgesetzt** werden.

**§9 Abs.1 Nr. 24 BauGB**

Vermeidung oder Minderung schädlichen Umwelteinwirkungen

**3.1.2.4 Bauliche und sonstige technische Vorkehrungen zur Vermeidung oder Minderung von schädlichen Umwelteinwirkungen**

Nach § 9 Abs.1, Nr. 24 ist die Festsetzung von „**baulichen und sonstigen technischen Vorkehrungen**“ möglich, diese müssen jedoch zur Vermeidung oder Minderung von schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstigen Gefahren im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes dienen, d.h. nach der vorherrschenden Meinung immer auf die konkrete Verbesserung der örtlichen Umweltqualität zielen. Durch Maßnahmen zur effizienten Energienutzung müsste damit das Kleinklima des Planungsbereichs tatsächlich verbessert werden. Dieser kausale Zusammenhang, d.h. bodenrechtliche Bezug dürfte in der Regel jedoch nicht nachweisbar sein.

Erhöhte Wärmeschutzstandards

Die planungsrechtliche Festsetzung eines gegenüber der EnEV erhöhten Wärmeschutzstandards, verbesserter Wärmedurchgangskoeffizienten oder

von isolierten Zielwerten zur Emissionsminderung ist nach §9 Abs.1 Nr. 24 BauGB unzulässig.

§9 Abs.1 Nr. 24 BauGB eröffnet der Gemeinde somit keinen Weg mit dem Instrument des Planungsrechts Klimapolitik zu verwirklichen.

## Städtebaulicher Vertrag

### 3.2 Städtebaulicher Vertrag § 11 BauGB

#### Vertragscharakter

Der städtebauliche Vertrag hat im Regelfall öffentlich rechtlichen Charakter kann aber auch privatrechtliche Elemente enthalten.

Der Gestaltungsspielraum für vertragliche Regelungen geht über das hinaus, was die Gemeinde über Verwaltungsakt oder Satzung regeln könnte. Städtebauliche Verträge dürfen jedoch nicht gegen gesetzliche Verbote verstoßen oder sittenwidrig sein [Bunzel, Coulmas, Schmidt-Eichstaedt].

Für vereinbarte Leistung und Gegenleistung gilt das Gebot der Angemessenheit.

#### Gegenstand

Möglicher Gegenstand eines städtebaulichen Vertrags ist beispielsweise nach Abs. (1),

#### - städtebauliche Planungen

1. die Ausarbeitung städtebaulicher Planungen und nach
2. die Förderung und Sicherung der mit der Bauleitplanung verfolgten Ziele.

Hiernach kann die Gemeinde nicht nur für Bebauungspläne, sondern auch für die Ausarbeitung nicht im Rechtssinn erforderlicher, aber für ihre Entwicklungskonzeption zweckmäßiger Pläne städtebauliche Verträge schließen [Löhr 2002].

#### - Energiekonzept

Dies kann z.B. eine solar+energetische Bewertung der Planung und, soweit von der Kommune Ziele und Anforderungen definiert wurden, bei Verfehlen der Ziele eine solar+energetische Optimierung des Bebauungsplans sein. Gleiches gilt für den Nachweis einer ausreichenden Besonnungsdauer - derartige Vereinbarungen sind bereits erprobt. Hierbei kann grundsätzlich von der Angemessenheit der Verpflichtung ausgegangen werden, da die Kosten für die solar+energetische Überprüfung und Optimierung der Planung sowohl gegenüber der potentiellen Bau- und Energiekosteneinsparung als auch absolut gering sind und zu einem höheren Wert führen.

#### - Anschluss- / und Nutzungszwang

Mit dem BauGB 2006 wurde §11 (1) um Nr. 4 erweitert: Damit können „entsprechend den mit den städtebaulichen Planungen und Maßnahmen verfolgten Zielen und Zwecken die Nutzung von Netzen und Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung sowie von Solaranlagen für die Wärme-, Kälte- und Elektrizitätsversorgung“ vertraglich vereinbart werden.

Da der Katalog nach §11 (1) nicht abschließend ist, kann der Vorhabens-träger auch zu anderen Maßnahmen verpflichtet werden.

#### - Solaranlagen

Die Vereinbarung der Nutzung von Solaranlagen sollte im Bebauungsplan mit der Festsetzung von „baulichen Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energien wie insbesondere Solarenergie“ nach § 9 Abs.1 Nr. 23 b gekoppelt werden.

Die Verhältnismäßigkeit bei thermischen Solaranlagen ergibt sich bei neu errichteten Gebäuden durch die entsprechend den Mindestanforderungen der EnEV verringerten Kosten für den baulichen Wärmeschutz.

#### - Energieeffizienz

Zur Erreichung der umweltpolitischen bzw. städtebaulichen Ziele ist es



- weiter möglich und verbreitet die Energieeffizienz von Gebäuden betreffende Vereinbarungen zu treffen.
- Niedrigenergiebauweise  
So kann beispielsweise durch vertragliche Verpflichtung die Errichtung von „Niedrigenergiehäusern“ mit einer Beschränkung des Jahres-Heizenergiebedarfs vereinbart werden.  
Eine solche Vereinbarung ist dann nicht unangemessen, wenn sich die erhöhten Erstellungskosten innerhalb eines überschaubaren Zeitraums (in der Regel 20 Jahre) wieder amortisieren [Burmeister].
  - Beheizung  
Gleichfalls kann die Art der Heizungsanlage, z.B. allgemein Brennwerttechnik oder Kraft-Wärme-Kopplung vereinbart werden.  
Weitere mögliche Vertragsbestandteile sind u.a. der Ausschluss der Verwendung von flüssigen oder fossilen Brennstoffen, die Verpflichtung zum Bezug von Nah-/Fernwärme oder stellplatzfreie Wohnquartiere.
  - Konkurrierende Maßnahmen  
Es muss jedoch beachtet werden, dass sowohl Niedrigenergiebauweisen als auch thermische Solaranlagen die Wirtschaftlichkeit einer leitungsgebundenen Energie- oder Wärmeversorgung beeinträchtigen, d.h. zu dieser energetisch und wirtschaftlich in Konkurrenz treten.

### Vorhaben- und Erschließungsplan

## 3.3 Vorhaben- und Erschließungsplan nach § 12 BauGB / Vorhabenbezogener Bebauungsplan

Der vorhabenbezogene Bebauungsplan ist ein Unterfall des Bebauungsplans, ohne an den Katalog der Festsetzungen nach § 9 BauGB und BauNVO gebunden zu sein. Notwendig ist jedoch die Beachtung der in § 1 Abs. 6 BauGB genannten Belange und das Abwägungsgebotes.

Der Vorhabenträger übernimmt die Verpflichtung auf Grundlage des von ihm vorgelegten, mit der Gemeinde abgestimmten und in den Bebauungsplan übernommenen Konzeptes (Vorhaben- und Erschließungsplan) das Vorhaben auf seine Kosten zu realisieren.

### Planungsgutachten

Dies betrifft auch die Kosten der Planung oder Planungsgutachten, wie z.B. für eine solar+energetische Bewertung und Optimierung welche die Gemeinde in Abstimmung mit dem Träger an Dritte vergibt.

Im Verpflichtungsvertrag können ebenso wie im Städtebaulichen Vertrag auch Regelungen ohne bodenrechtlichen Bezug getroffen werden. Auch hier sind, in Abstimmung mit den Zielen der Gemeinde Vereinbarungen zur Nutzung von Netzen und Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, zur Nutzung regenerativer Energie oder erhöhter Wärmeschutzstandards möglich.

### Privatrechtliche Verträge

## 3.4 Privatrechtliche Verträge

Privatrechtliche Verträge können zwischen der Kommune und dem Grundstückskäufer, z.B. im Grundstücks-Kaufvertrag zu kommunalem Wohnbauland geschlossen werden. Entsprechend den öffentlich rechtlichen Verträgen gilt auch hier der Grundsatz der Angemessenheit. Diese kann gegebenenfalls auch durch Subventionen im Rahmen der Bodenpreispolitik erreicht werden.

Durch eine solar+energetische Optimierung der Planung kann oft eine Baukosteneinsparung gegenüber einer nicht optimierten Planung erreicht werden, welche die baulichen Mehraufwendungen für erhöhten Wärmeschutz aufwiegt. Insofern sollte jeder Festsetzung von Niedrigenergiebauweisen oder Anlagen zur Sonnenenergienutzung eine solar+energetische Bebauungsplanoptimierung vorangehen.

Gegenstand

Die zivilrechtlichen vertraglichen Vereinbarungen können umfassen:

- Verbrennungsverbote
- Anschluss- und Nutzungszwang für leitungsgebundene Energie- und Wärmeversorgung
- Anlagen zur regenerativen Nutzung von Energie
- Niedrigenergiebauweisen

Beispiele

### **3.5 Beispiele für mögliche energetische Vereinbarungen in städtebaulichem Vertrag, Vorhabenbezogenem Bebauungsplan und zivilrechtlichem Vertrag**

Regelungsgegenstand

Grundsätzlich müssen alle Verträge folgende Bestandteile regeln:

- Rechenverfahren
- Anforderungen
- Nachweis
- Konventionalstrafe

**Niedrigenergiebauweisen**

#### **3.5.1 Niedrigenergiebauweisen /Erhöhter Wärmeschutz:**

Rechenverfahren

Unter Zugrundelegung des Rechenverfahrens der EnEV 2007 und den hier genannten Normen sind nachfolgende Anforderungen zu erfüllen:

Anforderung Primärenergiebedarf (Beispiel)

1. Der Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  darf bezogen auf die Gebäudenutzfläche  $A_N$  nicht mehr betragen als:
  - a) 60 kWh pro  $m^2$  bei freistehenden Einfamilienhäusern in offener Bauweise (entspr. KfW 60)
  - b) 50 kWh pro  $m^2$  bei Einfamilienhäusern in Hausgruppen / Doppelhäusern
  - c) 40 kWh pro  $m^2$  bei Mehrfamilienhäusern mit einem beheizten Gebäudevolumen von mehr als 2000  $m^3$  (KfW 40).

Anforderung spezifischer Transmissionswärmeverlust

2. Der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene spezifische Transmissionswärmeverlust  $H_T'$  muss den in der EnEV (Anhang 1, Tabelle 1) angegebenen Höchstwert um mindestens 35% (a+b) / 50% (c) unterschreiten.

Nachweis

Der Nachweis des geforderten Jahres-Primärheizwärmebedarfs und des spezifischen Transmissionswärmeverlusts  $H_T'$  ist durch einen Sachverständigen für Wärmeschutz zu erbringen und innerhalb von drei Jahren nach Vertragsabschluss der Stadt vorzulegen.

Konventionalstrafe

Weicht die Bauausführung von den oben genannten Anforderungen ab, zahlt die Vorhabensträgerin einmalig der Kommune einen Ausgleichsbetrag

von 5,00 Euro je kWh/a Mehrverbrauch entsprechend der Berechnung nach EnEV 2007.	
Bezugsgröße $A_N$	Die Problematik der Bezugsgröße $A_N$ wurde bereits diskutiert.  Hinsichtlich der unter Anwendung des Rechenverfahrens nach EnEV in der Praxis vorkommenden Fehler in den Nachweisen erscheint es nicht angezeigt ein gesondertes Berechnungsverfahren einzuführen zumal die $A_N$ Diskrepanz zur realen Wohnfläche WF durch eine solar+energetische Optimierung der Planung aufgehoben werden kann.
Standards	Der vereinbarte Niedrigenergiestandard sollte sich, damit Fördermittel genutzt werden können, an Förderstandards wie KfW 60, KfW 40 oder Passivhausstandard orientieren (die o.g. Zahlenwerte sind als Beispiel zu verstehen).
Flankierende Maßnahmen der Kommune	Auch auf die Kommune kommen bei der Vereinbarung von Niedrigenergiebauweisen Aufgaben zu: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontrolle der Wärmeschutznachweise durch Dritte.</li> <li>- Fortbildungsveranstaltungen / Info-Broschüren zu Berechnungsverfahren (U-Werte / Flächenermittlung) sowie kostengünstigen, konstruktiven Lösungen für Bauteile.</li> <li>- Verbindliche Festlegung auf eine Berechnungssoftware welche auch die Flächen- und Volumenberechnung fehlerfrei ermöglicht.</li> </ul>

**Solarthermie**

**3.5.2 Thermische Sonnenenergienutzung:**

Nutzungspflicht	Zur Deckung des Wärmebedarfs für Trinkwasser sind Anlagen zur thermischen Sonnenenergienutzung zu errichten und dauerhaft zu betreiben.
Auslegung	Je 1,0 m <sup>2</sup> Nutzfläche $A_N$ sind zumindest 0,04 m <sup>2</sup> Kollektorfläche zu errichten (4%).  Maßgeblich ist das Außenmaß der Kollektoren. Die Nutzfläche $A_N$ ist nach EnEV zu ermitteln. Die Kollektoren müssen den Anforderungen des EE-WärmeG genügen.
Gestaltung	Die Kollektorflächen sind als Band im Firstbereich gestalterisch in die Dachfläche einzubinden (SD) / so anzuordnen, dass nördlich angrenzende Gebäude durch Kollektorflächen nicht verschattet werden (PD/FD).  <i>Die Problematik des Solar-/Anlagenbonus wurde bereits diskutiert.</i>
Konventionalstrafe	Weicht die Bauausführung von den oben genannten Anforderungen ab, zahlt die Vorhabensträgerin/der Bauherr einmalig der Kommune einen Ausgleichsbetrag von (z.B.) 150,00 Euro je m <sup>2</sup> Kollektorfläche.
Solarthermie und Niedrigenergiebauweise	Thermische Sonnenenergienutzung und Niedrigenergiebauweisen sollten gekoppelt vereinbart werden. Dabei sollte der zulässige spezifische Transmissionswärmeverlust $H_T'$ überproportional gegenüber dem Jahres-Primärenergiebedarf $Q_p$ “ vermindert werden.  Die Anforderungen an die Niedrigenergiebauweisen müssen im Einzelfall, auch unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit sowie der Wärme- und Energieversorgung in Abhängigkeit von der Kompaktheit der Bebauung festgelegt werden (siehe 3.5.1).

<b>Solar+energetische Prüfung</b>	<b>3.5.3 Solar+energetische Prüfung/Optimierung (Städtebaulicher Vertrag / VEP)</b>
	Der Vertragspartner verpflichtet sich auf seine Kosten eine solar+energetische Bewertung der Planung durchführen zu lassen (- die Kosten zu übernehmen) und der Kommune vorzulegen.
Definition der Methode	Hierzu ist in Absprache mit der Kommune ein <b>bestimmtes</b> solar+energetisches Städtebau-Energiesimulationsprogramm zu verwenden.
Anzuwendende Normen	Die solar+energetische Bewertung umfasst die gebäudescharfe Berechnung des auf die <b>Wohnfläche nach WoFIVo bezogenen Heizenergiebedarfs</b> nach dem Monatsbilanzverfahren der <b>DIN EN 832</b> unter Bilanzierung der durch Simulation, unter Einbeziehung des <b>Nutzungsfaktors</b> , mindestens stundenweise ermittelten <b>passiv-solaren Gewinne</b> .
zu berücksichtigende Einflussfaktoren	Die Solargewinne/solaren Verluste sind zu ermitteln unter Berücksichtigung: <ul style="list-style-type: none"> <li>- der Orientierung der Gebäude,</li> <li>- der gegenseitigen Verschattung der Gebäude,</li> <li>- der Verschattung durch Vegetation unter Berücksichtigung der jahreszeitlich wechselnden Belaubung und</li> <li>- der Verschattung durch Geländeformen.</li> </ul>
Besonnungsdauer	Weiter ist die Besonnungsdauer nach DIN 5034 sowie, unter Berücksichtigung der Lichtdurchlässigkeit des Geästes, für den 21. Dezember, den 8. Februar sowie den 23. September wohnungsscharf geschossweise für einen klaren Tag zu ermitteln.
Eingangsparameter	Um vergleichbare Kennwerte zu erhalten sind bei der Simulation nachfolgende Eingangsparameter zu verwenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Gebäude sind nach den planungsrechtlich maximal zulässigen Maßen zu modellieren.</li> <li>- Der Berechnung der Solargewinne wird eine Netto-Glasfläche von 18,0 % bezogen auf die Bruttogeschossfläche zugrundegelegt.</li> </ul> <p>Die Glasflächen sind bis zu einer Gebäudetiefe von 6,00 m der Hauptfassade, darüber hinausgehend bis zu einer Gebäudetiefe von 8,00 m der Rückfassade zuzuordnen. Bei freistehenden Gebäuden sind die 8,00 m Gebäudetiefe überschreitenden Flächenanteile seitlichen Fenstern zuzuordnen, bei verketteten Gebäuden erfolgt die Aufteilung auf die Haupt-/Rückfassade im Verhältnis 5/3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Für den baulichen Wärmeschutz gelten die Mindestanforderungen nach (<i>EnEV'07 / KfW60 / KfW40 / Passivhausstandard</i>). Als g-Wert der Verglasung ist (<i>0,60</i>) anzusetzen. Die thermische Speicherkapazität des Gebäudes ist mit (<i>60</i>) <math>W/m^2_{WF}</math> anzusetzen. (<i>Beispielwerte</i>).</li> <li>- Die Berechnung ist für (<i>Heizungsanlage</i>) durchzuführen.</li> </ul>
Zu ermittelnde Kennwerte	Nachfolgende Kennwerte sind durch Simulation gebäudescharf zu ermitteln sowie als Summenwert und wohnflächenbezogener Mittelwert auszuweisen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mittlere wohnflächenbezogene Solare Verluste infolge <ul style="list-style-type: none"> <li>- ungünstiger Gebäudeausrichtung</li> <li>- gegenseitiger Verschattung der Gebäude</li> <li>- Verschattung durch planungsrechtlich festgesetzte/festzusetzende Vegetation</li> </ul> </li> <li>- Summe der Solaren Verluste</li> <li>- wohnflächenspezifischer Heizenergiebedarf</li> </ul>

- Geschossweiser Anteil der Gebäude, welche die gestellten Anforderungen an die Besonnungsdauer erfüllen
- Besonnungsdauer nach DIN 5034

Die prozentualen Solaren Verluste sind auf die jeweils maximal möglichen passiv solaren Gewinne eines Gebäudes zu beziehen.

Alle Kennwerte sind gebäudescharf durch Farbkarten und Tabellen zu dokumentieren.

Anforderung an die Planung

Durch die solar+energetische Prüfung ist das Erreichen nachfolgender Qualitätsanforderungen nachzuweisen:

1. Der Wohnflächenspezifische Jahres-Primärenergiebedarf darf im Mittel des Planungsbereichs ( $xxx$ ) kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a nicht überschreiten (*xxx ist entsprechend dem Gebäude-Typenmix festzulegen*).
2. Der Solare Verlust darf in der Summe 20% (GFZ 0,8) / 25% (GFZ 1,2) nicht überschreiten.
3. Die maximal mögliche Besonnungsdauer muss bei mindestens (80) % der Wohnungen folgende Werte für zumindest einen Raum der Wohnung erreichen:
  - 2 Stunden/Tag am 21. Dezember
  - 3 Stunden/Tag am 8. Februar.

Eine im Sinn der DIN 5034 ausreichende Besonnungsdauer ist für alle Wohnungen nachzuweisen.

Verpflichtung zur Optimierung

Werden die Qualitätsanforderungen nicht erreicht ist der Vertragspartner verpflichtet eine solar+energetische Optimierung durchführen zu lassen und diese der Kommune vorzulegen / beauftragt die Kommune auf Kosten des Vertragspartners eine solar+energetische Optimierung. Die Ergebnisse der Optimierung fließen nach Abstimmung zwischen der Kommune und dem Vertragspartner in die Planung ein.

Umsetzung und Vollzug

### 3.6 Umsetzung und Vollzug energieeffizienter Stadtplanung

Solar+energetische Bauleitplanung

#### 3.6.1 Solar+energetische Bebauungsplanoptimierung

Jeder Bebauungsplan erfordert, einer Hochbaustatik vergleichbar, eine individuelle solar+energetische Optimierung und Abstimmung der Planung. Die dargestellten Planungsgrundsätze geben Hinweise zur Entwicklung einer solar+energetisch tragfähigen Grundkonzeption, ersetzen jedoch keine Computersimulation.

Eine durch Beschluss obligatorische Durchführung einer solar+energetischen Bebauungsplanoptimierung erfordert entweder die Beschaffung der notwendigen Software und die Bereitstellung und Schulung des für die zusätzlichen Aufgaben notwendigen Personals oder, falls jährlich weniger als ca. zehn Bebauungspläne optimiert werden sollen, die externe Vergabe.

In beiden Fällen müssen die hierfür notwendigen Haushaltsmittel bereitgestellt werden.

Energetische Anforderungen an Gebäude

Vollzug

Oft fehlerhafte Wärmeschutz-nachweise

### 3.6.2 Energetische Anforderungen an Gebäude

Derzeit wird der im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren mit dem Bauantrag vorzulegende Wärmeschutznachweis, anders als der Standfestigkeitsnachweis - auch in Erfurt - materiell nicht überprüft.

Entsprechend der bei der externen Prüfung von Wärmeschutznachweisen gesammelten Erfahrungen muss davon ausgegangen werden, dass eine Vielzahl der Wärmeschutznachweise fehlerhaft sind und die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz nach EnEV nicht erfüllt werden.

Diese Nachweis-Problematik wurde besonders bei der Überprüfung von Wärmeschutznachweisen zu vertraglich erhöhten Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz im Rahmen von ausgewerteten Modellprojekten deutlich. Hier erwiesen sich bis zu 70% der Wärmeschutznachweise als fehlerhaft. - In der Regel wurde der geforderte Wärmeschutz weit unterschritten.

Energetische Anforderungen / Festsetzungen erfordern eine materielle Prüfung der Erfüllung der Anforderungen.

Die Kommune ist hier zum Handeln aufgefordert:

Prüfpflicht

Mit dem EEWärmegesetz müssen nach § 11 zukünftig die zuständigen Behörden zumindest durch geeignete Stichprobenverfahren die Erfüllung der Pflicht nach § 3 Abs. 1 und die Richtigkeit der Nachweise nach § 10 kontrollieren.

Angesichts der zu erwartenden Diskrepanz zwischen Anforderung und Planung/Ausführung sollten Wärmeschutznachweise in Zukunft grundsätzlich lückenlos überprüft werden.

Zur Überprüfung der Wärmeschutznachweise sind die zuständigen Behörden personell entsprechend aufzustocken. Alternativ kann, wie beim Standfestigkeitsnachweis, die Prüfung durch externe Experten erfolgen. Hierzu sind entsprechende Haushaltsmittel bereitzustellen.

Der Praxis des Standsicherheitsnachweises folgend kann die Übernahme der Prüfkosten des Wärmeschutznachweises auch dem Bauantragsteller aufgelastet werden. Bei städtebaulichen Verträgen sollte die Kostenübernahme durch den Bauantragsteller grundsätzlich vereinbart werden.

Beratung erforderlich

Die hohe Fehlerquote der Wärmeschutznachweise zeigt aber auch, dass sowohl auf Seite der Planer als auch bei den Bauherren Beratungsbedarf hinsichtlich energieeffizienter Gebäudeplanung besteht.

Es bietet sich daher an, sowohl die Beratung als auch die Prüfung der Wärmeschutznachweise innerhalb der Stadtverwaltung anzusiedeln.

Zusammenfassende  
Bewertung der Maßnahmen

### 3.7 Zusammenfassende Bewertung der Maßnahmen

#### **Verbindliche Bauleitplanung**

Der Schwerpunkt kommunalen Handelns im Bereich energieeffizienter Stadtplanung liegt in der Erstellung einer städtebaulich tragfähigen Konzeption und der anschließenden solar+energetischen Gesamt-Optimierung, d.h. der Abstimmung der einzelnen planungs- und bauordnungsrechtlichen Festsetzungen unter Einbeziehung der Grünordnung.

Die Stadtplanung muss hierbei, entsprechend den im Planungsleitfaden dargestellten Wirkungsmechanismen und Faustregeln eine solar+energetisch tragfähige Konzeption vorlegen.

Kompakte Gebäude  
ermöglichen

Hierbei steht für den Dämmstandard EnEV die Senkung des Wärmeverlustes durch Optimierung der zulässigen Gebäudegeometrie, insbesondere der Dachausformung an erster Stelle.

Sonnenenergienutzung  
sichern

Zur Sicherung des passiv-solaren Gewinns sollten die Mehrzahl der Gebäude gegen Süden ausgerichtet werden. Eine Südabweichung von ca.  $\pm 30^\circ$  ist hierbei unschädlich. Zur Begrenzung der gegenseitigen Verschattung sollte ein Abstands-/Höhenverhältnis von ca. 2,5 nicht unterschritten werden. Weiter muss die Verschattung durch Bäume soweit möglich durch Wahl geeigneter Baumstandorte und die Auswahl geeigneter Baumarten (erreichbare Wuchshöhe) minimiert werden. Dabei sind konkurrierende Anforderungen aktiver Sonnenenergienutzung, passiver Sonnenenergienutzung und Kompaktheit der Gebäude mit dem Ziel der Minimierung des Gesamtenergiebedarfs zu bewältigen.

Simulation notwendig

Die solar+energetische Optimierung des Bebauungsplan-Entwurfs stellt immer einen gesonderten Arbeitsschritt dar, welcher eine quantitative Ermittlung der Energiebilanz unter Einbeziehung aller Einflussgrößen, d.h. eine Computersimulation erfordert. Hierzu sind politische Beschlüsse zu fassen und gegebenenfalls entsprechende Mittel zur Verfügung zu stellen.

Die Optimierungsanforderungen sind hierbei vom Dämmstandard abhängig: Mit verbessertem baulichen Wärmeschutz hin zum Passivhaus gewinnt die Sicherung der passiven Solargewinne gegenüber der Gebäudegeometrie innerhalb der Energiebilanz der Gebäude zunehmend an Bedeutung.

Insgesamt kann durch eine solar+energetische Bebauungsplan-Optimierung der Gesamtenergiebedarf einer Neubausiedlung um etwa 10-15%, im Extremfall um bis zu 40%, d.h. zwischen 8 und 40 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFa</sub> gesenkt werden. Als Synergieeffekt können gleichzeitig die Baukosten gesenkt, die Bebauungsdichte erhöht und die Voraussetzungen für Niedrigenergiebauweisen verbessert werden. Die (volkswirtschaftliche) Amortisationsdauer einer solar+energetischen Bebauungsplanoptimierung liegt im Bereich weniger Monate.

Beratung erforderlich

Da der Bebauungsplan lediglich die Voraussetzungen für energieeffizientes Bauen schafft, sollte die Umsetzung durch ein Beratungsangebot für Planer und Bauherren gefördert werden.

#### **Wärmeversorgung**

Ein weiterer Schritt kommunalen Handelns ist die Bereitstellung einer effizienten Wärmeversorgung, z.B. in Form von Nah- oder Fernwärmenetzen. Hierdurch kann der Primärenergiebedarf einer Neubausiedlung um bis zu 20% gesenkt werden.

Solarthermie

Die Festsetzung von thermischen Solaranlagen für Trinkwassererwärmung ist für den Dämmstandard EnEV, ungeachtet der rechtlich unsicheren Lage, energetisch nicht sinnvoll, da der zulässige effektive Primärenergiebedarf

von Gebäuden mit Solaranlagen denjenigen von Gebäuden ohne Solaranlage überschreitet, d.h. insgesamt keine Primärenergieeinsparung erreicht wird. Der aktive Solargewinn von ca. 7-8 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a wird hier durch verminderten baulichen Wärmeschutz aufgezehrt.

**Weitergehende vertragliche Vereinbarungen**

Auf die solar+energetische Bebauungsplan-Optimierung aufbauend sollten in **städtebaulichen Verträgen oder in Kaufverträgen zu kommunalem Bauland** Niedrigenergie-Standards vereinbart werden. Eine planungsrechtliche Festsetzung von erhöhten Wärmeschutzanforderungen im Bebauungsplan ist dagegen nicht möglich.

Die Anforderungen sollten sich an gängigen Förderstandards orientieren.

**Niedrigenergie-Standard**

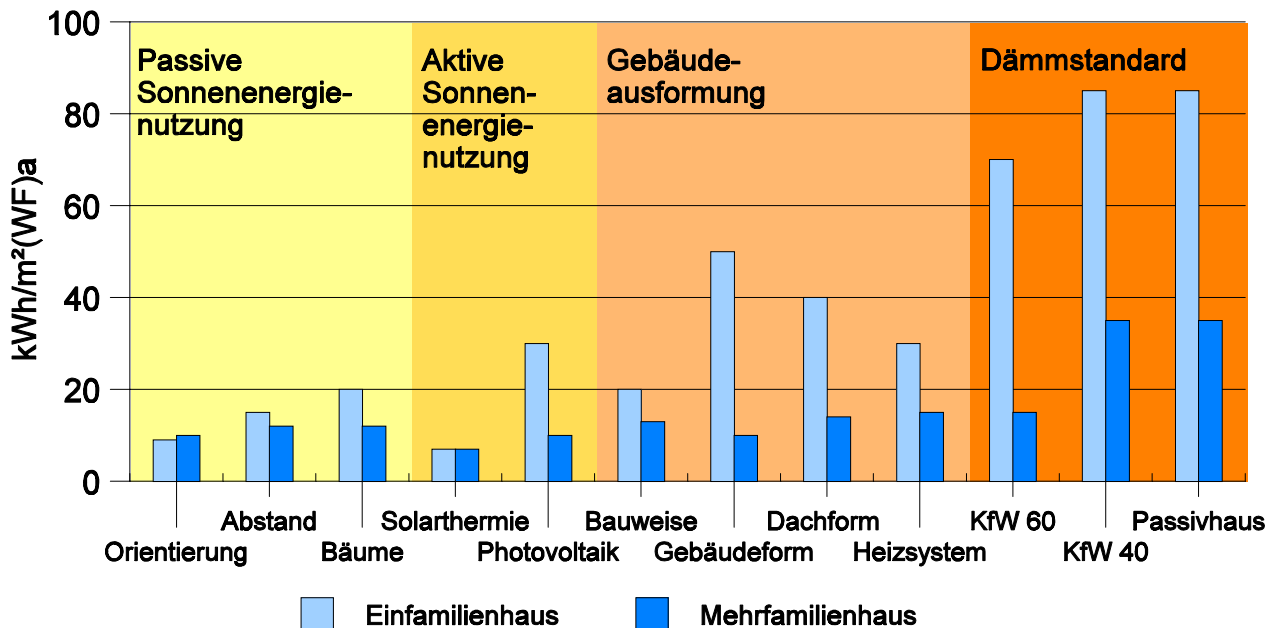
Der **KfW 60** Standard ist mit einem zusätzlichen Aufwand von 3%-6% der Baukosten zu erreichen. Die Mehrkosten amortisieren sich bei Energiekosten von 6 Cent je kWh innerhalb von 13-23 Jahren.

Bei dem Dämmstandard **KfW 40** entstehen Mehrkosten zwischen 6% und 20%. Diese amortisieren sich in ca. 20-35 Jahren.

Dabei ergeben sich für die KfW-Standards infolge der linearen Anforderung an Q<sub>p</sub> im Geschosswohnungsbau gegenüber freistehenden Einfamilienhäusern sowohl geringere Mehrkosten als auch Energieeinsparpotentiale. Im Geschosswohnungsbau sind damit höhere Anforderungen (KfW40) als bei Einfamilienhäusern (KfW60) sachlich begründet.

Auch hier bietet es sich an, entsprechende Grundsatzbeschlüsse zu fassen.

**Mögliche singuläre Energieeinsparung durch Optimierung / Maßnahme**



**Solarthermie und NE-Standard**

Solarthermische Anlagen sollten nur im Zusammenhang mit Niedrigenergiebauweisen vereinbart werden. Die isolierte Amortisationsdauer solarthermischer Anlagen liegt im Bereich von ca. 20 Jahren.

**Prüfpflicht**

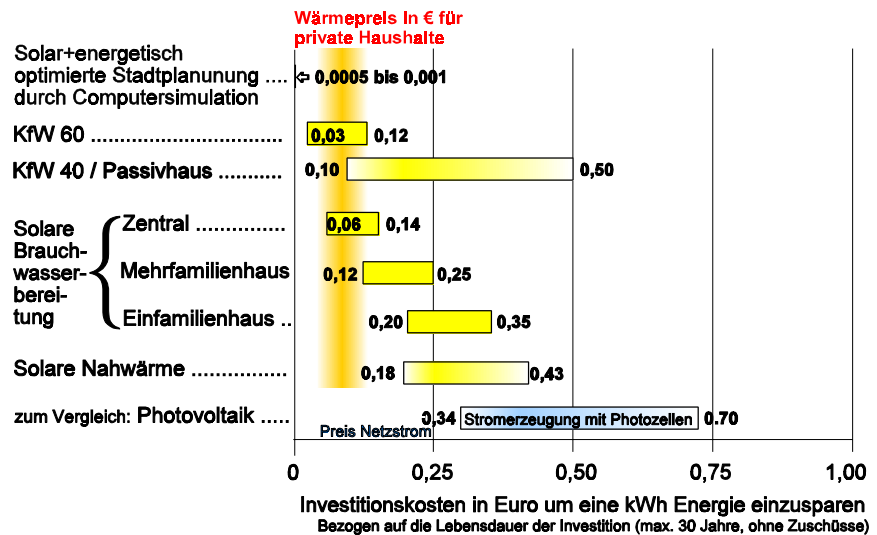
Jede energetische Festsetzung oder Vereinbarung ist ohne Prüfung der Erfüllung der Anforderungen und Kontrolle der Umsetzung wirkungslos.



Jede Prüfung erfordert einen zusätzlichen Aufwand, für welchen Mittel und Personal zur Verfügung gestellt werden müssen.

### Kosteneffizienz

Mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparung unterscheiden sich nicht nur durch ihr Einsparpotential, sondern auch durch deren Kosteneffizienz. Damit ergibt sich eine Hierarchie der Maßnahmen, beginnend von der städtebaulichen Optimierung über den KfW60-Standard und die Solarthermie hin zu KfW40/Passivhausstandard und Photovoltaik.



### Ziele kommunalen Handelns

Die Ziele kommunalen Handelns können nach der Rangfolge ihrer Bedeutung bzw. Kosteneffizienz wie folgt zusammengefasst werden:

1. Standardmäßige solare+energetische Optimierung von Bebauungsplänen-Entwürfen.  
Solar+energetische Vorprüfung städtebaulicher Wettbewerbe.
2. Energetische Beratung von Bauherren und Planern.
3. Prüfung von Wärmeschutznachweisen.
4. Bereitstellung einer energieeffizienten Wärmeversorgung.
5. Vereinbarung von Niedrigenergiehaus-Standard KfW60, bei kompakten Gebäuden KfW40 sowie bei Baugebieten ohne Nah-/Fernwärmenetz thermische Sonnenenergienutzung zur Trinkwasserbereitung.

Projektbeispiel

## 4 Projektbeispiel einer solar+ energetischen Optimierung

Das nachfolgend dargestellte Beispiel - ein konkretes Projekt aus dem Solarbüro Dr. Goretzki - wurden mit Hilfe eines speziell für die Stadtplanung entwickelten solar+energetischen Simulationsprogramms berechnet. Es zeigt die Möglichkeiten und den Nutzen solar+energetisch optimierter Stadtplanung.

Methode

### Wie erfolgt eine solar+energetische Optimierung?

Grundlage der **solar+energetischen Städtebausimulation** mit GOSOL bildet ein vollständiges dreidimensionales, digitales Computermodell. Dabei werden die Gebäudeorientierung, die Verschattung durch Nachbargebäude, die jahreszeitlich wechselnde Verschattung durch Vegetation sowie die Verschattung durch die Topographie des Planungsbereichs und dessen weiteren Umgebung berücksichtigt. Der Wärmebedarf wird vom Programm automatisch auf Basis von Bauteilwärmedurchgangskoeffizienten, Luftwechselraten oder den Anforderungen nach EnEV, Niedrigenergiehaus, Passivhaus-Standard usw. berechnet. Auf dieser Basis berechnet GOSOL mindestens stündlich die Besonnungsdauer und Sonnenenergieeinstrahlung für jedes einzelne Fenster (oder auch Kollektoren / Fotozellen) sowie die monatliche und jährliche Heizwärme- und Primär-Energiebilanz sowohl jedes einzelnen Gebäudes als auch des gesamten Planungsbereichs.

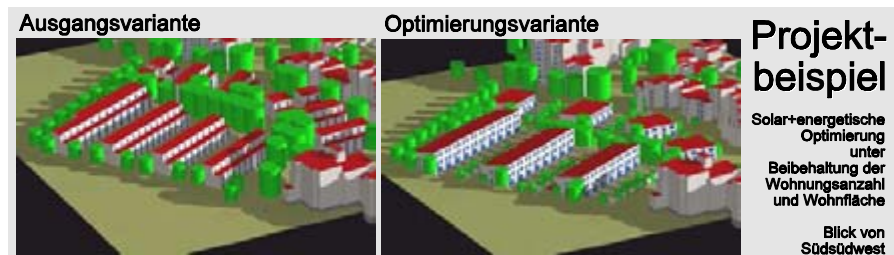
Darstellung der Simulationsergebnisse

Die Darstellung der Simulationsergebnisse erfolgt u.a. als Farbkarten. Günstige Werte werden dabei gelb bis grün, ungünstige blau bis rot dargestellt. Hierbei können gebäudescharf sowohl die Kennwerte einer Planungsvariante als auch alle Kennwerte im Vergleich (Optimierungserfolg) zu einer anderen Planungsvariante ausgewertet werden.

Ausgangssituation

### Ausgangssituation des Beispiels

Auf einem ca. 6% nach Osten abfallenden Hang sollen Reihen- und Doppelhäuser mit rund 5400 m<sup>2</sup> Wohnfläche errichtet werden. Südlich und östlich an den Planungsbereich grenzt eine bestehende 3-8 geschossige Bebauung an.



Ausgangsvariante

### Ausgangsvariante

Die Ausgangsvariante sieht im westlichen Teilbereich vier zweieinhalb-geschossige Reihenhauszeilen mit Staffelpulldach und 8,50 - 9,45 m Gebäudetiefe bei einem Gebäudeabstand von rund 13 m und Tiefgarage vor. Im östlichen Teilbereich sind zweieinhalb-geschossige Doppelhäuser und

freistehende Einfamilienhäuser mit einem Gebäudeabstand von 6,5 m bis 11,0 m vorgesehen. Als Dämmstandard wurde die Mindestanforderung der Energieeinsparverordnung EnEV 2002/2007, als Heizung Gas-Brennwertkessel untersucht.

Die solaren Verluste gegenüber ideal orientierten und unverschatteten Gebäuden erreichen im Planungsbereichsmittel mit insgesamt 34,5 % einen extrem hohen Wert. Ursache hierfür ist die extrem starke gegenseitige Verschattung der Gebäude, welche allein einen Solaren Verlust von 23,3 Prozentpunkten verursacht. Mit 3,9 bzw. 7,3 Prozentpunkten sind die auf ungünstige Orientierung bzw. auf Verschattung durch Bäume zurückzuführenden solaren Verluste sehr gering bzw. gering.

Die Wohnqualität in den Wintermonaten ist durch die starke gegenseitige Verschattung der Gebäude erheblich beeinträchtigt. Die Hälfte der Gebäude weist im Dezember im EG eine Besonnungsdauer von weniger als einer Stunde auf. Am mittleren Wintertag (8. Februar) unterschreiten 19 der 32 Gebäude im EG die für eine hohe Wohnqualität anzustrebende dreistündige Besonnungsdauer.

Infolge des ungünstigen Gebäude-Querschnitts weisen die Reihenhäuser einen hohen Wärmeverlust auf, der eher bei freistehenden Einfamilienhäusern zu erwarten wäre. Im Zusammenwirken mit den hohen solaren Verlusten ergibt sich ein hoher Primär-Energiebedarf.

Optimierungsansatz

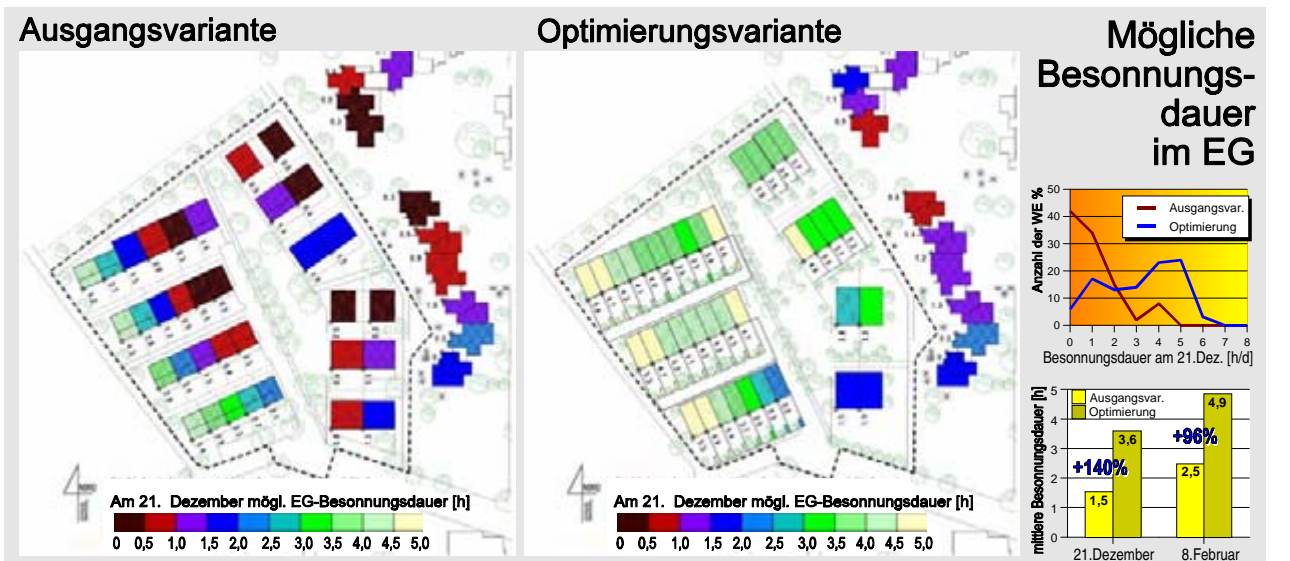
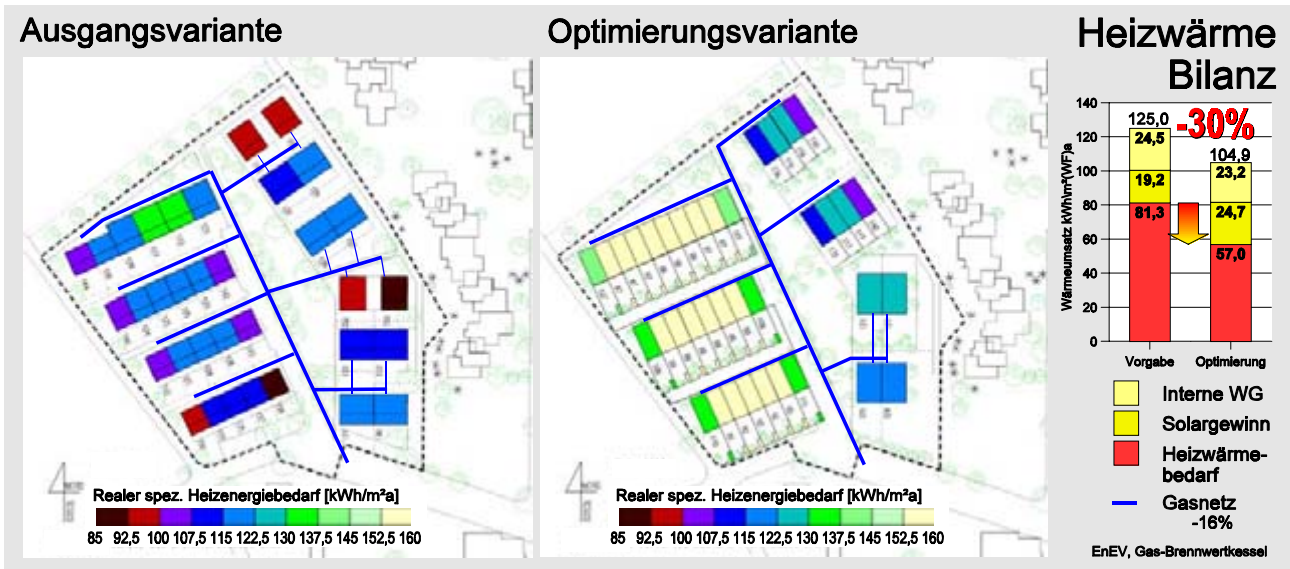
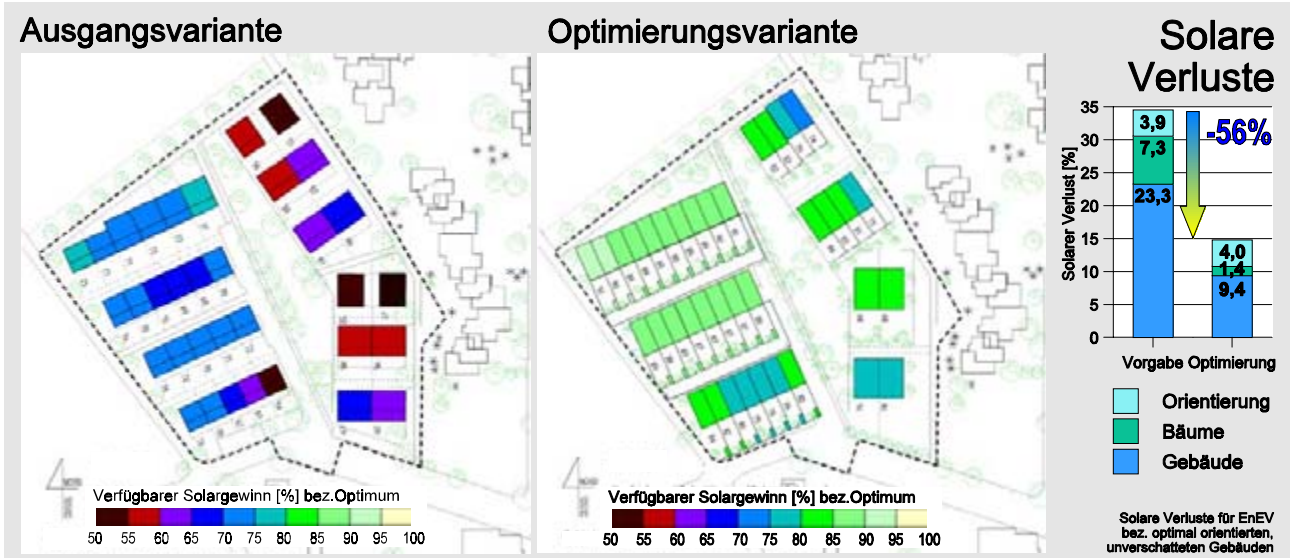
### Städtebaulicher Optimierungsansatz

Der Optimierungsansatz beinhaltet die Vergrößerung der Gebäudeabstände bei gleichzeitiger Erhöhung der zulässigen Gebäudetiefe auf 12,0 m. Statt des Staffelpultdachs ist ein höhenoptimiertes Pulldach vorgesehen. Damit verringert sich der wohnflächenspezifische Wärmeverlust von 125,0 auf 104,9 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub>. Städtebaulich wird die Anzahl der Zeilen im westlichen Bereich von 4 auf 3, im östlichen Teilbereich von 6 auf 4 reduziert. Damit verbessert sich auch der Durchblick in die freie Landschaft.

Optimierungsergebnis

Im Ergebnis kann hierdurch, unter **Erhöhung der Anzahl der Wohneinheiten von 34 auf 37 WE ...**

- der **solare Verlust** von 34,5% auf 14,8% **mehr als halbiert**,
- der **wohnflächenbezogene Heizwärmebedarf** von 81,3 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> auf 57,0 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> **um 30% vermindert** und
- der **wohnflächenbezogene Heizenergiebedarf** (ohne Warmwasser) von 133,1 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> auf 102,5 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> **um 23% vermindert**,
- der **Gesamtheizenergiebedarf um 170.000 kWh/a**, die **CO<sub>2</sub> - Emission um 42.950 kg/a** reduziert,
- die **Besonnungsdauer der EG-Bereiche im Winter** sowohl im Planungs- als auch im Bestandsbereich **mehr als verdoppelt** werden.
- Die **Hüllfläche** der Gebäude der Optimierungsvariante konnte mit 9270 m<sup>2</sup> gegenüber 12341 m<sup>2</sup> bei der Ausgangsvariante **um 25% verkleinert** werden.
- Hieraus ergibt sich eine potentielle **Baukostensparnis von rund 50 Euro je m<sup>2</sup> Wohnfläche**.
- Die erforderliche Länge für das **Gasnetz** verkürzt sich bei der Optimierungsvariante von 430 m auf 360 m.



Die leitungsbezogene **Anschlussdichte** liegt einschließlich Warmwasser mit 1907 kWh a / lfm bei der Optimierungsvariante, trotz des um 23% geringeren wohnflächenspezifischen Energiebedarfs nur um 3% niedriger als bei der Ausgangsvariante.

Erhöhter Wärmeschutz und alternative Energieversorgung

### Wärmeschutz und Energieversorgung

Entsprechend den Mindest-Anforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV ergibt sich für die gewählte Heizungsanlage mit Gas-Brennwertkessel (ohne Solaranlage) bei der Optimierungsvariante ein mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U von 0,339 W/m<sup>2</sup>K.

Durch Verbesserung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten U um nur 1/3 (d.h. im Mittel 16 cm statt 10 cm Wärmedämmung) wird bei einem mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,221 W/m<sup>2</sup>K und Ersatz der Gas-Zentralheizung durch ein Lüftungskompaktgerät mit integrierter Abluftwärmepumpe Passivhaus-Standard erreicht.

Der Heizwärmebedarf reduziert sich hierbei auf im Mittel 12,7 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a, der Primärenergiebedarf auf 17,5 kWh/m<sup>2</sup><sub>WF</sub>a. Der Gesamtheizenergiebedarf kann hierdurch um weitere 467.500 kWh/m<sup>2</sup>a, die CO<sub>2</sub> - Emission um 77.450 kg/a vermindert werden.

Kosten

Berücksichtigt man die Zinersparnis durch Förderung unterschreiten die Vollkosten der Passivhaus-Optimierungsvariante sogar die der Gas-Brennwertkessel-Ausgangsvariante mit EnEV-Dämmstandard geringfügig. Die CO<sub>2</sub>-Emission wird jedoch bei der Passivhaus-Variante halbiert.

Durch die solar+energetische städtebauliche Optimierung können der Energiebedarf und die Baukosten deutlich reduziert und günstige Voraussetzungen für weitergehende Energieeinsparmaßnahmen geschaffen werden. Alternative Heizungs- und Energieversorgungskonzepte werden damit wirtschaftlich.

Die Entlastung der Umwelt ist enorm. Bei etwa gleichen Baunutzungs-Vollkosten kann bei der städtebaulich optimierten Passivhausvariante gegenüber der Ausgangsvariante mit Gas-Brennwertkessel der Primärenergiebedarf um 87% die CO<sub>2</sub>-Emission um 84% vermindert werden.

**Quellen:**

Bunzel, Coulmas, Schmidt-Eichstaedt	Städtebauliche Verträge - ein Handbuch, DIFU 2007
Burmeister	Praxishandbuch Städtebauliche Verträge, 2000
Battis, Krautzberger, Löhr	Kommentar BauGB - Erläuterungen, 2007
Ecofys	Energieeffizienz und Solarenergienutzung in der Bauleitplanung, Gutachten, 2006
Ernst, Zinkahn, Bielenberg	Kommentar BauGB, 2007
GRANDJEAN u. GILGEN	Umwelthygiene in der Raumplanung, Ott-Verlag, Thun/München, 1973
Goretzki	Energieeffiziente Baulanderschließung, 2005
Goretzki / Mass:	Solarfibel-Städtebauliche Maßnahmen ; Hrsg. Wirtschaftministerium Baden-Württemberg, 2004
Goretzki, Tonne	Kosten-Nutzen-Optimiertes Vorgehen bei der Energiesparenden Modernisierung von Gebäuden, Stuttgart 1988
Lutz	Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung; Hrsg. Wirtschaftministerium Baden-Württemberg, 2007
Schrödter	Kommentar BauGB, 2006
Schulze Darup	Energieeffiziente Einfamilienhäuser - Kosten und Wirtschaftlichkeit, BINE-Themen-Infos II
Stober	Wärme ist unter uns, Hrsg. Wirtschaftministerium Baden-Württemberg, 2007

**Förderung:**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	<a href="http://www.erneuerbare-energien.de">www.erneuerbare-energien.de</a>
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)	<a href="http://www.bafa.de">www.bafa.de</a>
Kreditanstalt für Wiederaufbau	<a href="http://www.kfw-foerderbank.de">www.kfw-foerderbank.de</a>
BINE Informationsdienst	<a href="http://www.bine.info">www.bine.info</a> ; <a href="http://www.energiefoerderung.info">www.energiefoerderung.info</a>
Stadtwerke Erfurt	<a href="http://www.stadtwerke-erfurt.de">www.stadtwerke-erfurt.de</a>

**Stand**

Förderbedingungen: Oktober 2007  
 Energiepreise: Oktober 2007  
 Zinsen: Oktober 2007  
 Gesetzliche Grundlagen: Dezember 2007