

Solar+energetische Bewertung und Optimierung

Stadt Ravensburg Bebauungskonzept „Eschach - Angelestraße/Kirchweg“

Textteil

Auftraggeber:

Stadt Ravensburg
Stadtplanungsamt

Durchführung der Untersuchung:

GOSOL
Solarbüro für energieeffiziente Stadtplanung und Energiesimulation
Dr.-Ing. Peter Goretzki
70619 Stuttgart, Zinsholzstraße 11
Tel. 0711 / 473994
post@gosol.de
www.gosol.de

Stuttgart, den 29. Oktober 2009

Textteil:

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Einführung | 1 |
| 2 | Bewertungskriterien | 1 |
| | 2.1 Verfügbarer passiver Solargewinn | 1 |
| | 2.2 Spezifischer Wärmeverlust | 3 |
| | 2.3 Spezifischer Jahres-Heizwärmebedarf | 4 |
| | 2.4 Spezifischer Jahres-Primärheizenergiebedarf | 4 |
| | 2.5 Besonnungsdauer | 4 |
| | 2.5.1 Anforderungen an die Besonnungsdauer | 5 |
| | 2.5.1.1 Mindestbesonnungsdauer nach DIN 5034 | 5 |
| | 2.5.1.2 Differenzierte Anforderungen an die Besonnungsdauer .. | 5 |
| 3 | Modellbildung / Eingabeparameter | 6 |
| | 3.1 Klimadaten | 6 |
| | 3.2 Gebäudemodellierung | 6 |
| | 3.2.1 Baukörper - Dachformen | 6 |
| | 3.2.2 Wohnflächen WF | 6 |
| | 3.2.3 Fensterflächen | 7 |
| | 3.2.4 Glasart | 7 |
| | 3.2.5 Energetische Eigenschaften | 7 |
| | 3.2.6 Baulicher Wärmeschutz | 8 |
| | 3.2.7 Aktive Sonnenenergienutzung | 8 |
| | 3.3 Modellierung der Bäume | 8 |
| | 3.4 Städtebauliche Modellierung | 9 |
| 4 | Solar+energetische Analyse | 10 |
| | 4.1 Passiv-solare Heizwärmebilanz | 10 |
| | 4.1.1 Verfügbarer Solargewinn | 10 |
| | 4.1.2 Heizenergiebilanz | 11 |
| | 4.2 Solarthermie | 12 |
| | 4.3 Photovoltaik | 13 |
| | 4.4 Besonnungsdauer | 13 |
| | 4.4.1 Besonnungsdauer nach DIN 5034 | 13 |
| | 4.4.2 Mittlere gewichtete Besonnungsdauer der Wohnungen | 13 |
| | 4.5 Zusammenfassung und Empfehlungen | 14 |
| | 4.5.1 Optimierungserfolg: | 15 |

Übersichts-Tabellen der Varianten

| | | |
|----------|---|----|
| Tab. 2 - | Passiv-solare Heizenergiebilanz der Varianten | 17 |
| Tab. 3 - | Besonnungsdauer der Varianten | 18 |

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

| | |
|-------------------|---|
| a | Heizperiode |
| BWB | Bruttowärmebedarf [kWh/a] |
| Ein | Sonnenenergieeinstrahlung [kWh/a]; [MWh/a] |
| e_p | Anlagenaufwandszahl nach DIN 4701-10 [-] |
| Heiz | Heizwärmebedarf [kWh/a]; [MWh/a] |
| U_m (k_m) | mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² K] |
| SDG | Solarer Deckungsgrad |
| SOL | genutzte Sonnenenergieeinstrahlung [kWh/a]; [MWh/a] |
| SOLm ² | mittlerer Solargewinn je Quadratmeter Fensterfläche [kWh/m ² _{Fe} a] |
| Q'_{BWB} | wohnflächenspezifischer Bruttowärmebedarf [kWh/m ² _{WF} a] |
| Q'_{Ein} | wohnflächenspezifisch eingestrahelte Sonnenenergie [kWh/m ² _{WF} a] |
| Q'_{heiz} | wohnflächenspezifischer Heizwärmebedarf nach DIN EN 832 [kWh/m ² _{WF} a] |
| Q'_{int} | wohnflächenspezifische interne Wärmequellen [kWh/m ² _{WF} a] |
| $Q'_{P,heiz}$ | wohnflächenspezifischer Primär-Heizenergiebedarf für Raumwärme nach EnEV [kWh/m ² _{WF} a] |
| Q'_{Sol} | wohnflächenspezifisch genutzte Sonnenenergie [kWh/m ² _{WF} a] |
| %Ein | verfügbare Sonnenenergieeinstrahlung [%] |
| %SOL | verfügbarer Solargewinn [%] |
| A_N | Nutzfläche nach EnEV ($A_N = V \times 0,32$) [m ²] |
| BGF | Bruttogeschossfläche [m ²] |
| DN | Dachneigung [°] |
| FH | Firsthöhe [m] |
| GrF | Grundfläche [m ²] |
| L | Gebäuelänge [m] |
| NF | Nutzfläche [m ²] |
| T | Gebäudetiefe [m] |
| TH | Traufhöhe [m] |
| WF | Wohnfläche [m ²] entsprechend der Wohnflächenverordnung |
| Z | Anzahl der Vollgeschosse |

GESETZE UND VERORDNUNGEN

| | |
|------------|--|
| BauNVO | Baunutzungs-Verordnung |
| BauGB | Baugesetzbuch |
| EnEG | Energieeinspargesetz |
| BO | Landesbauordnung |
| EnEV | Energieeinsparverordnung |
| DIN 4108 | Jahresheizwärmebedarf von Gebäuden |
| DIN 4701 | Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen |
| DIN 4710 | Meteorologische Daten zur Berechnung des Energieverbrauchs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen. |
| DIN 5034 | Tageslicht in Innenräumen, Oktober 1999 |
| DIN EN 832 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden; Berechnung des Heizwärmebedarfs; Wohngebäude. |
| EEWärmeG | Erneuerbare Energien Wärmegesetz |

1 Einführung

Untersuchungsmethodik

Die solar+energetische Analyse und Optimierung der Entwurfskonzeption erfolgt mit Hilfe des städtebaulichen Energiesimulationsprogramms GOSOL⁽¹⁾, welches unter Anwendung des Berechnungsansatzes der DIN EN 832⁽²⁾ die monatlichen Heizwärmehumsätze der einzelnen Gebäude, unter besonderer Berücksichtigung der individuellen passiven Solargewinne bilanziert.

Die Grundlage der energetischen Simulation bildet ein **vollständiges, dreidimensionales, digitales Computermodell** der Gebäude, Vegetation und Topographie des Planungsgebiets.

Bei der Berechnung der Solargewinne werden neben den lokalen Klimadaten⁽³⁾ sowohl die Gebäudeorientierung und die Verschattung durch Nachbargebäude als auch die jahreszeitlich wechselnde Verschattung durch Vegetation und die Verschattung durch die Topographie des Planungsgebietes berücksichtigt. Auf dieser Basis bestimmt GOSOL die stündliche Sonnenenergieeinstrahlung für jedes einzelne Fenster bzw. jede Kollektor-/Photovoltaikanlage im Tages- und Jahresgang.

Die Ermittlung der Besonnungsdauer erfolgt, um eine Aussagegenauigkeit von einer zehntel Stunde zu erreichen, in 6 Minuten-Schritten.

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs erfolgt entsprechend EN 832 nach dem Monatsbilanzverfahren.

Die Berechnung des spezifischen Heizwärmebedarfs erfolgt für die nach der Verordnung für wohnungswirtschaftliche Berechnungen WoFIV (entsprechend ehemaliger DIN 283) ermittelte, beheizte Wohnfläche.

2 Bewertungskriterien

2.1 Verfügbarer passiver Solargewinn

Grundlage für die **solare Bewertung** ist der "**verfügbare Solargewinn**" in Prozent. Diese Größe beschreibt für jedes (individuell orientierte und verschattete) Gebäude im Untersuchungsgebiet den während der Heizperiode zur Substitution von Heizwärme "**genutzten⁽⁴⁾ Solargewinn**" und zwar **im Vergleich zu einem optimal orientierten, unverschatteten Gebäude gleichen Typs**.

(1) GOSOL [(c) 1987-2009 Dr. Peter Goretzki] wird seit 1986 bei der Bewertung und Optimierung städtebaulicher Planungen eingesetzt. Das Berechnungsverfahren und die Bewertungsmethodik ist detailliert dokumentiert in: Peter Goretzki, Passive Sonnenenergienutzung in der Bauleitplanung, Computerunterstützte Bewertungsmethoden, Stuttgart 1993, ISBN 3-926603-23-2

(2) DIN EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden; Berechnung des Heizenergiebedarfs.

(3) Monatliches Mittel der Außentemperatur, Globalstrahlung, Diffusstrahlung; Trübungsfaktor; Normalstrahlung/Sonnenstunden im Tagesgang

(4) Durch die Beschränkung auf die "nutzbaren" Solargewinne werden Situationen erfasst, in denen zeitweise die Solareinstrahlung den Heizwärmebedarf übersteigt und damit zu einer Überwärmung des Gebäudes führen würde. Die Solare Energieeinstrahlung muss dann teilweise abgelüftet werden. Sie kann damit nicht vollständig in der Heizwärmebilanz positiv eingerechnet werden.

Der **verfügbare Solargewinn** als Quotient aus:

$$\frac{\text{nutzbarem Solargewinn eines individuell orientierten und verschatteten Gebäudes}}{\text{zum maximal erreichbaren solarenergetischen Optimum⁽⁵⁾ des gleichen Gebäudes}} * 100 [\%]$$

quantifiziert somit das Potential des individuell verfügbaren passiven Solargewinns eines Gebäudes bzw. einer Planung nach Abzug der Summe der durch **alle** ungünstigen städtebaulichen Voraussetzungen entstehenden **solaren Verluste**. Damit lässt sich die **solar+energetische Gesamt-Effizienz einer städtebaulichen Planung** losgelöst von gebäudespezifischen Faktoren wie Gebäudetyp, Fenstergröße, thermischer Speicherkapazität und baulichem Wärmeschutz beurteilen.

Im Mittel eines Planungsbereichs kann bei mittlerer Bebauungsdichte, auch unter optimalen Voraussetzungen, ein Wert von ca. 92% für den verfügbaren Solargewinn kaum überschritten werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt den vom Institut für Solare Stadtplanung Dr. Goretzki für die solar+energetische Zertifizierung von städtebaulichen Planungen festgelegten Bewertungsmaßstab.

Tab. 1: Einstufung der verfügbaren Solargewinne zur Beurteilung der Planung

| Verfügbare Solargewinn | | | | | | | | |
|---|------------|--------------|-----------------------|-------------|--|-----|------------------------------|--------------|
| mittlere Bebauungsdichte, GRZ ≤ 0,3, GFZ ≤ 0,8, Wärmeschutz nach Mindestanforderungen EnEV 2009 | | | | | | | | |
| < 55% | 60% | 65% | 70% | 75% | 80% | 85% | >90% | |
| völlig ungenügend | ungenügend | unzureichend | mangelhaft | ausreichend | befriedigend | gut | sehr gut | herausragend |
| Optimierung zwingend erforderlich | | | Optimierung empfohlen | | Feinabstimmung soweit konfliktfrei möglich | | keine Maßnahmen erforderlich | |

Die jeweiligen Anteile an der **Gesamtverminderung des nutzbaren Solargewinns** als Differenz aus dem relativ nutzbaren Solargewinn zu 100% werden weiter **aufgeschlüsselt** für die einzelnen Faktoren Orientierung, Verschattung durch Nachbargebäude, Verschattung durch Topographie sowie Verschattung durch Vegetation als "**solarer Verlust**" dargestellt.

● **Ungünstige Orientierung**

Die durch ungünstige Orientierung von Gebäuden maximal mögliche Verminderung der nutzbaren Solargewinne in Größe von ca. 20%-35% tritt bei Gebäuden mit nach westnordwest oder ostnordost ausgerichteten Hauptwohnräumen auf. Bei Gebäuden mit überwiegend zwischen südwest und südost ausgerichteten Haupt-

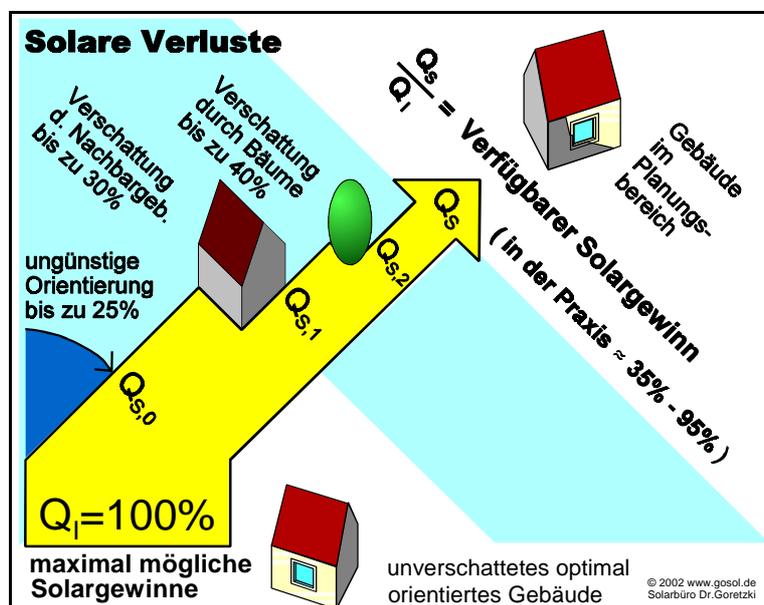


Abb. 1: Verlustwege/Definition der solaren Verluste.

Die durch ungünstige Orientierung von Gebäuden maximal mögliche Verminderung der nutzbaren Solargewinne in Größe von ca. 20%-35% tritt bei Gebäuden mit nach westnordwest oder ostnordost ausgerichteten Hauptwohnräumen auf. Bei Gebäuden mit überwiegend zwischen südwest und südost ausgerichteten Haupt-

(5) Optimal orientiert und unverschattet = 100%

wohnräumen werden ca. 5-10% nicht überschritten. Solar+energetisch günstige Planungen sollten im Mittel eine orientierungsbedingte Verminderung der nutzbaren Solargewinne von ca. **7% nicht überschreiten**. Höhere Einbußen deuten auf eine aus solar+energetischer Sicht ungünstige städtebauliche Konzeption hin.

● **Verschattung durch Nachbargebäude**

Die durch gegenseitige Verschattung von Gebäuden verursachte Verminderung der nutzbaren Solargewinne kann, unter Zugrundelegung der erforderlichen Mindestabstände der BO bei einzelnen Gebäuden maximal ca. 25-30% erreichen. Bei günstiger Gebäudeanordnung werden jedoch in der Praxis, selbst bei einer effektiven Geschossflächenzahl GFZ=1,6 ca. 15% im Mittel des Planungsbereichs nicht überschritten. Die durch gegenseitige Verschattung hervorgerufene Verminderung der nutzbaren Solargewinne sollte bei einer durchschnittlichen GFZ von 0,8 im Mittel des Planungsbereichs **8% nicht überschreiten**. Höhere Einbußen deuten auf eine ungünstige Gebäudeanordnung hin.

● **Verschattung durch Vegetation**

Die durch Bäume verursachte Verminderung der nutzbaren Solargewinne kann bei einzelnen Gebäuden bis zu 50% erreichen. Bei solar+energetisch optimierten Planungen kann, selbst bei dichter Begrünung, die Verminderung der nutzbaren Solargewinne im Mittel des Planungsbereichs auf **maximal 6%** begrenzt werden.

2.2 Spezifischer Wärmeverlust

Der wohnflächenbezogene **spezifische Brutto-Heizwärmebedarf (=spez. Wärmeverlust) Q'_{BWB}** ($\text{kWh/m}^2_{WF}\cdot\text{a}$) ist die Summe aus Lüftungs- und Transmissionswärmeverlust des Gebäudes während der Heizperiode. In diesem Kennwert kommen die sich aus der Bauweise (Haustyp freistehendes Einfamilienhaus, Reihenhaushaus, Geschosswohnungsbau ...), den Abmessungen und der Dachform des Gebäudes ergebenden Einflüsse auf den Wärmebedarf zum Ausdruck. Bei einheitlichem Wärmeschutzstandard liefert der

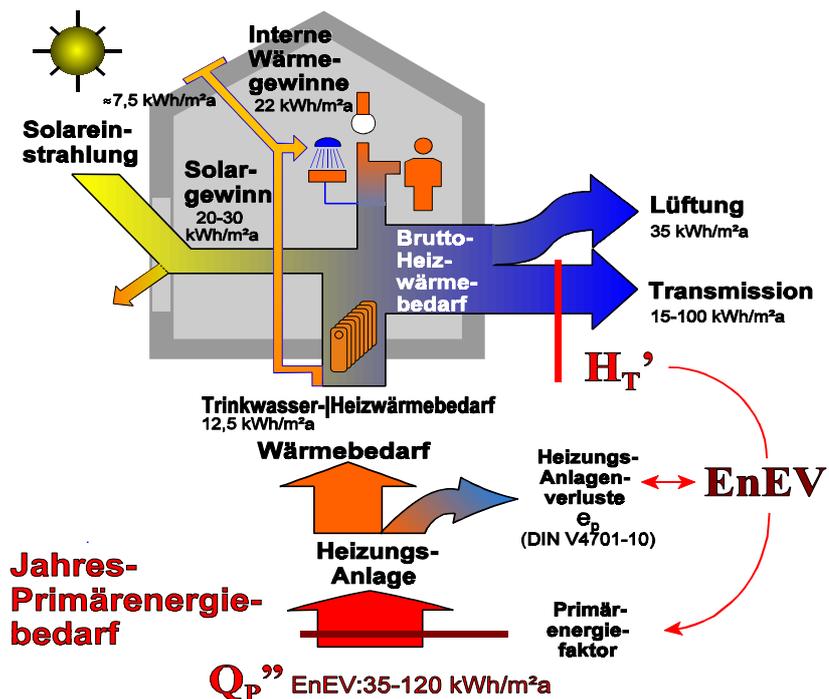


Abb. 2: Wärme- und Energiebilanz eines Gebäudes

spezifische Brutto-Heizwärmebedarf die Kenngröße zur Beurteilung der Bauform und **energetischen Effizienz der Gebäudeabmessungen** und inneren Erschließung.

2.3 Spezifischer Jahres-Heizwärmebedarf

Der **reale wohnflächenspezifische Jahres-Heizwärmebedarf** Q'_h nach DIN EN 832 eines Gebäudes für Raumwärme beschreibt die Wärmebilanz eines Gebäudes während der Heizperiode ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{WF}}\text{a}$). Der Jahres-Heizwärmebedarf ist die entscheidende Kenngröße zur Beurteilung des Wärme-/**Brennstoffbedarfs** einer Planung und der durch Planungsoptimierung erreichbaren **Brennstoff- und Emissionseinsparung**.

Diese **wohnflächenbezogene Kenngröße** bilanziert die Wechselwirkung des baulichen Wärmeschutz, der gebäudegeometrieabhängigen Wärmeverluste und der nutzbaren internen und solaren Gewinne unter Berücksichtigung des lokalen Klimas und der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz. Am realen wohnflächenspezifischen Heizwärmebedarf lässt sich die solar+energetische Qualität der städtebaulichen Planung zusammenfassend beurteilen.

Nach dem Berechnungsverfahren der EnEV 2009 ist der zulässige Heizwärmebedarf von der Heizungsanlage, d.h. der Anlagenaufwandszahl e_p abhängig ($Q'_{p,H} / e_p = Q'_h$).

2.4 Spezifischer Jahres-Primärheizenergiebedarf

Der **wohnflächenspezifische Jahres-Primärheizenergiebedarf** $Q'_{P,H,WF}$ ⁽⁶⁾ eines Gebäudes für Raumwärme während der Heizperiode ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{WF}}\text{a}$) ist eine **virtuelle** Kenngröße zur Beurteilung der Energieeffizienz einer Planung unter Einbeziehung der Heizungsanlage bzw. Wärmeversorgung und der durch Planungsoptimierung erreichbaren Primär-Energieeinsparung. Der **Warmwasseranteil** $Q'_{P,W}$ ergibt sich aus der beim Raumwärmebedarf ermittelten Aufwandszahl e_p multipliziert mit dem (Rest-)Wärmebedarf für Trinkwasser Q'_W .

Der wohnflächenbezogene Jahres-Primärheizenergiebedarf $Q'_{P,H,WF}$ bilanziert die Wechselwirkung aller Parameter auf den Heizenergiebedarf, d.h. der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz, der gebäudegeometrieabhängigen Wärmeverluste und der individuell nutzbaren internen und solaren Gewinne unter Berücksichtigung des lokalen Klimas (d.h. des **Heizwärmebedarfs**) und unter **Einbeziehung der Brennstoffart / Energiequelle, der Heizungsanlage und der Anlagenaufwandszahl e_p** .

Der spezifische Jahres-Primärheizenergiebedarf ist jedoch **kein „realer Verbrauchswert“** - er betrachtet nur den nicht regenerativen Teil der aufgewandten Energie unter Einbeziehung der *„berechneten Energiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des notwendigen Brennstoffs und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik ..., die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen“* (DIN V 18599-1, 2007-02).

2.5 Besonnungsdauer

Durch Ermittlung der Besonnungsverhältnisse in Form der täglich möglichen Besonnungsdauer kann ein wesentlicher Aspekt der **Wohnqualität** bewertet werden. Vor allem für Wohnräume ist ein Mindestmaß an Besonnung ein wichtiges Qualitätsmerkmal.

(6) Der auf die Wohnfläche WF bezogene spezifische Jahres-Primärheizenergiebedarf $Q'_{P,H,WF}$ in $\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{WF}}\text{a}$ für Raumwärme ohne Warmwasseranteil ($Q'_{P,W} = e_p \times Q'_W$) darf nicht mit der auf die Nutzfläche A_N , d.h. das Volumen V_e ($A_N = 0,32 \times V_e$) bezogenen Anforderung an den „spezifischen Jahres-Primärenergiebedarf“ q_p nach EnEV 2009 in $\text{kWh}/\text{m}^2_{A_N}\text{a}$ verwechselt werden.

2.5.1 Anforderungen an die Besonnungsdauer

Nach § 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".

2.5.1.1 Mindestbesonnungsdauer nach DIN 5034

Mindestanforderungen an die Besonnungsdauer und das Tageslicht von Wohnräumen und Krankenzimmern sowie an das Tageslicht von Wohnräumen, Arbeitszimmern und Krankenzimmern werden durch die DIN 5034 (Oktober 1999) definiert.

Ein Wohnraum gilt nach DIN 5034 als besonnt, wenn Sonnenstrahlen bei einer Sonnenhöhe von mindestens 6° in den Raum einfallen⁽⁷⁾ können. Als Verschattungsquellen, welche das Einfallen verhindern, gelten das Gelände, Gebäude und Bäume.

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.

2.5.1.2 Differenzierte Anforderungen an die Besonnungsdauer hinsichtlich der Wohnqualität

Barrier und Gilgen sowie Grandjean stellen auf Grundlage von Bewohnerbefragungen nachfolgende "Minimale Forderungen an die Besonnung von Wohnungen" auf. Als "wünschenswert" gilt diesen Autoren zufolge eine mindestens zwei- bis dreistündige Besonnungsdauer in Zimmermitte am 8. Februar. Ab diesem Wert äußern weniger als 10% der Bewohner das Urteil "zu wenig Sonne".

Gegenüber dem Berechnungsverfahren nach DIN 5034, in dem die Besonnungsdauer nur für den Bezugspunkt Fenstermitte auf Brüstungshöhe berechnet wird, wird für den differenzierten Nachweis der Besonnungsdauer die **gewichtete Besonnungsdauer** in der vertikalen Fenstermittellachse als Summe der Produkte aus Zeitintervall multipliziert mit dem Anteil der im jeweiligen Zeitintervall unverschatteten Fensterfläche der einzelnen Fenster berechnet. Bäume werden als teiltransparente Verschattungsobjekte behandelt. Die im jeweiligen Zeitintervall von einem Baum verschattete Fensterfläche wird mit dem Verschattungsgrad des Baums multipliziert. Dieser beträgt in der Vegetationsperiode 95%, im belaubungsfreien Zustand 30%.

Die **gewichtete Besonnungsdauer einer Wohnung/Arbeitsstätte** berechnet sich aus der gewichteten Besonnungsdauer der Aufenthaltsräume aller Fassaden. Damit wird die wahrnehmbare Besonnungsdauer der Räume der Wohnung bewertet.

Die **Wohnung kann als gut besonnt gelten**, wenn die gewichtete Besonnungsdauer

- am 21. Dezember 2,0 Stunden (Sonnentiefststand),
- am 8. Februar 3,0 Stunden (mittlerer Wintertag) und
- am 23. September 4,0 Stunden⁽⁸⁾ erreicht.

Gegenüber der DIN 5034 lässt die gewichtete Besonnungsdauer eine differenziertere und realitätsnähere Beurteilung der Besonnungssituation zu.

(7) Der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung zur Glasoberfläche muss damit mehr als 15° betragen.

(8) DIN 5034 - alte Fassung vom Februar 1983

3 Modellbildung / Eingabeparameter

3.1 Klimadaten

Die Monatssummen der Sonnenstunden sowie der Globalstrahlung basieren auf dem Solaratlas Baden-Württemberg, die Temperaturdaten auf den langjährigen Mittelwerten des Deutschen Wetterdienstes DWD⁽⁹⁾ für die nächstgelegene Station Weingarten.

3.2 Gebäudemodellierung

3.2.1 Baukörper - Dachformen

Die Baukörperabmessungen wurden entsprechend dem Bebauungskonzept vom 01.09.2009 modelliert.

Dabei wurde für Z=I die Traufhöhe mit 3.50 m und die Dachneigung mit 35° (ergebend aus der Vollgeschoss-Begrenzung bei Zwerchhaus), für Z=II die Traufhöhe mit 6.30 m und die Dachneigung mit 25° angesetzt (Bezugshöhe=EFH).

Damit ergaben sich nachfolgende Gebäudetypen:

| GEBÄUDEDATEN | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|-------|-------|------|------|----|----|---|------|---|-------------------|----|------|
| Typ | DF | Länge | Tiefe | TH | FH | Z | DN | K | Vers | D | VF | KF | FGr |
| Nr. | Nr. | [m] | [m] | [m] | [m] | VG | ° | # | [m] | - | m ² /Z | % | - |
| 1 | 2 | 10,00 | 9,00 | 6,30 | 8,40 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 2 | 2 | 8,50 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 1 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 3 | 2 | 8,50 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 2 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 4 | 2 | 9,00 | 9,00 | 6,30 | 8,40 | 2 | 25 | 1 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 5 | 2 | 9,00 | 9,00 | 6,30 | 8,40 | 2 | 25 | 2 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 6 | 2 | 13,00 | 9,00 | 6,30 | 8,40 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 7 | 2 | 13,00 | 9,00 | 6,30 | 8,40 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 8 | 2 | 13,00 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 9 | 2 | 13,00 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 10 | 2 | 13,00 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 11 | 1 | 10,00 | 13,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 12 | 2 | 8,00 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 1 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 13 | 2 | 8,00 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 2 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 14 | 2 | 10,00 | 8,00 | 6,30 | 8,17 | 2 | 25 | 1 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 15 | 2 | 10,00 | 8,00 | 6,30 | 8,17 | 2 | 25 | 2 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 16 | 2 | 8,00 | 10,50 | 6,30 | 8,75 | 2 | 25 | 1 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 17 | 2 | 8,00 | 10,50 | 6,30 | 8,75 | 2 | 25 | 2 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,55 |
| 18 | 2 | 13,00 | 10,00 | 6,30 | 8,63 | 2 | 25 | 0 | 0,0 | 0 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 20 | 2 | 14,00 | 10,00 | 3,50 | 7,00 | 1 | 35 | 0 | 0,0 | 1 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 21 | 2 | 13,00 | 10,00 | 3,50 | 7,00 | 1 | 35 | 0 | 0,0 | 1 | 5,0 | 18 | 0,50 |
| 22 | 2 | 13,00 | 10,00 | 3,50 | 7,00 | 1 | 35 | 0 | 0,0 | 1 | 5,0 | 18 | 0,50 |

DF 2: Satteldach

K Verkettung:
 0 = freistehend
 1 = Doppelhaus links
 2 = Doppelhaus rechts

D 1: Dachgaube/Zwerchhaus
 auf Gebäudesüdseite

VF Verkehrsfläche in m² je Geschoss

KF Konstruktionsfläche in %

FGr Wärmeübergangsfaktor Basisfläche

Die Länge und Tiefe bezieht sich
 auf das Hauptgebäude

Allen Gebäuden wurde ein eingeschossiger Anbau mit 25% der Grundfläche des Hauptbaukörpers der Hauptfassade vorgesetzt. Die Wandhöhe des Vorbaus beträgt 3,00m über EFH.

3.2.2 Wohnflächen WF

Die (effektive) beheizte Wohnfläche WF errechnet sich aus der Summe der beheizten Brutto-Grundriss-Fläche BGF aller Vollgeschosse, abzüglich pauschal 18% Konstruktionsfläche, zuzüglich der anrechenbaren Wohnflächen der Dachgeschosse.

Je Geschoss wurde ein Treppenanteil von 5.00 m² in Abzug gebracht.

(9) Monatlicher Witterungsbericht des Deutschen Wetterdienstes, Mittelwert 1961-1990.

Die anrechenbaren Wohnflächen der Dachgeschosse ergeben sich aus der Summe der Fläche des Dachgeschosses bei einer lichten Höhe von 2.00 m zuzüglich der hälftigen Fläche bei einer lichten Höhe von 1.00 m bis 2.00 m. Die Stärke des Dachaufbaus (Dämmung+Belag) wird mit 30 cm angenommen.

Die zugrunde gelegte Wohnfläche entspricht damit der Wohnflächendefinition der Verordnung für wohnungswirtschaftliche Berechnungen.

Räume, welche die Anforderungen an Aufenthaltsräume nach der Landesbauordnung nicht erfüllen blieben bei der Ermittlung der Wohnfläche unberücksichtigt.

3.2.3 Fensterflächen

Die zur Berechnung der Solareinstrahlung relevante **Netto-Fensterfläche** (Verglasungsfläche) der Gebäudetypen ergibt sich aus der Brutto-Fensterfläche abzüglich eines Rahmenanteils von pauschal 30% (Durchschnittswert üblicher Fenstergrößen).

Um bei unterschiedlichen Gebäudeformen und Gebäudegrößen eine Konsistenz der Solargewinne zu erreichen, beziehen sich die Fenstergrößen grundsätzlich auf die beheizte Wohnfläche der jeweiligen Geschosse.

Die Bruttofensterfläche vertikaler Fenster wurde mit **18.0% der anrechenbaren Wohnfläche incl. Treppen** (= Nutzfläche NF) der jeweiligen Geschosse angesetzt.

Bei Dachgeschossen mit Dachflächenfenstern wird diese Brutto-Dachfensterfläche auf 13.5% der NF vermindert.

Die Fensterflächen wurden den einzelnen Fassaden entsprechend üblichen Grundrissaufteilungen⁽¹⁰⁾ zugeordnet.

3.2.4 Glasart

Für die **Verglasung** wurde der Gesamtenergiedurchlassgrad g mit 0.60 entsprechend EnEV 2009 festgelegt. Bei der Berechnung wurde davon ausgegangen, dass die passiven Solargewinne nicht durch Verschattungselemente wie Jalousien, Vorhänge, etc. reduziert werden, um das insgesamt mögliche Einsparpotential aufzuzeigen.

3.2.5 Energetische Eigenschaften

Bei der Modellierung der Gebäude wurden folgende Parameter zugrunde gelegt:

- Die **mittlere Raumtemperatur** der Gebäude während der Heizperiode wurde nach EnEV 2009 / DIN 4108 mit 19.0°C angesetzt.
- Die **Internen Wärmequellen** (Abwärme von Elektrogeräten, Personen ...) wurden entsprechend DIN 4108-6 mit 5 W/m² Nutzfläche angenommen. (Die auf die Heizwärmebilanz anrechenbaren internen Wärmegewinne werden über den monatlich nach EN 832 berechneten Nutzungsfaktor dynamisch, entsprechend dem Wärmebedarf vermindert).
- Die effektive **thermische Speicherkapazität** der Gebäude wurde auf 60 Wh/m²_{NF}·K angesetzt und entspricht damit einer Mischbauweise (Leichtziegel, Stahlbetondecken).

(10) Die anrechenbaren Nutzflächen und damit die **Fensterflächen** werden im Verhältnis 5 / 3 auf die Haupt-(Wohnzimmer) und Rückfassade aufgeteilt.

- Für die Ermittlung der **Lüftungswärmeverluste** wurde entsp. EnEV 2009 ein 0.6-facher Luftwechsel je Stunde zugrundegelegt, wobei für das Luftvolumen die gesamte Nettogeschossfläche und eine lichte Raumhöhe von 2.50 m zugrundegelegt werden.
- Die mittlere effektive **Absorptionszahl** $a_{e,}$ welche die Umwandlung von kurzwelliger Strahlung in Wärme beschreibt, wurde für das Gesamtgebäude mit 0.95 angenommen. Dieser Wert entspricht, unabhängig von der Innenwand-Helligkeit, weitgehend dem vorliegenden Fenster/Innenwand-Oberflächenverhältnis.

3.2.6 Baulicher Wärmeschutz

Der **bauliche Wärmeschutz** wird durch die **Mindestanforderungen der EnEV 2009 und des EEWärmeG 2008** definiert.

Als Heizungsanlage wurde ein mit **Gas/Öl beheizter Brennwertkessel mit Solarthermischer Trinkwasserbereitung und Abluftanlage** (Referenzanlage nach EnEV 2009) zugrunde gelegt. Bei anderen Heizungsanlagen ergibt sich bei unverändertem Primärenergiebedarf ein abweichender Heizwärmebedarf / abweichende U-Werte.

Die mittleren **zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten** (U-Werte) der einzelnen Gebäude wurden aus dem für die Referenzheizung jeweils maximal nach EnEV 2009 zulässigen spezifischen Jahres-Primärenergiebedarf Q_p für die jeweilige Heizungsanlage rückgerechnet und der Simulation zugrunde gelegt.

3.2.7 Aktive Sonnenenergienutzung

Modellierung der thermischen Kollektoranlagen

Für die Berechnung der aktiven Solargewinne wurde ein Flachkollektor mit Zweischiebenverglasung, einem Konversionsfaktor η_0 von 0.71 bei einem Wärmeverluststrom von $q_v = 3,5 \cdot \Delta T + 0,015 \cdot \Delta T^2$ angenommen. Die Absorberfläche wurde mit 95% der Brutto-Kollektorfläche (Außenmaß) angesetzt.

Die Kollektoren wurden in die Dachfläche integriert, über die gesamte Höhe der südlicheren Dachfläche, in Gebäudemitte angenommen.

Bezogen auf die Nutzfläche A_n wurden, entsprechend EEWärmeG, 4.0 % Kollektorfläche, bei einem Warmwasserverbrauch von $0,87 \text{ l/m}^2_{WF} \cdot \text{d}$ mit 45°C und einem Speichervolumen von 100 l je m^2 Kollektorfläche angesetzt.

3.3 Modellierung der Bäume

Die **Baumstandorte** wurden dem Bebauungskonzept entnommen.

Die Baumhöhe und der Kronendurchmesser können der Karte K-2 entnommen werden.

Die **Belaubungszeiträume** entsprechen Durchschnittswerten der jeweiligen Baumarten für den Klimabereich. Dabei wurde ein Belaubungszeitraum (Beginn Blattaustrieb - Abschluss Blattabwurf) von Ende April bis Mitte November angesetzt.

Die **Lichtdurchlässigkeit** im unbelaubten Zustand wurde jeweils mit 70%, im belaubten Zustand mit 5% angesetzt.

3.4 Städtebauliche Modellierung

Die Ausrichtung / Platzierung der Gebäude innerhalb des Baugebiets folgt dem Bebauungsplan-Vorentwurf (städtebaulicher Entwurf) vom 01.09.2009.

Das Gelände wurde entsprechend der Höhenaufnahme modelliert.

Die zugrundegelegte Erdgeschossfußbodenhöhe ergibt sich allgemein durch die Höhe des natürlichen Geländes an der linken Ecke der Hauptfassade (siehe Karte K-1 oder K-2: kleiner Kreis). Die EFH der Gebäude am südöstlichen Rand des Geltungsbereichs wurde aufgrund der Topographie um 0,6-0,8 m gegenüber diesem Höhenpunkt angehoben.

4 Solar+energetische Analyse

Die Untersuchung wurde für einen Gas/Öl beheizten Brennwertkessel mit Solarthermischer Trinkwasserbereitung und Abluftanlage (Referenzanlage nach EnEV 2009) durchgeführt.

Die **Mindestanforderungen nach EnEV 2009** an den baulichen Wärmeschutz ergeben sich hierbei aus der Begrenzung des maximal zulässigen Primärenergiebedarfs Q_p' des Referenzgebäudes.

Die Hausnummern/Gebäudetypen sowie die Kennwerte der einzelnen Gebäude können den Farbkarten im Kartenteil entnommen werden.

Die **Farbkarten** stellen günstige Werte im gelb-grünen Farbbereich, ungünstige Werte im blau-roten Farbbereich dar.

Die Lage des Wohnzimmers mit den Hauptfensterflächen ist in den Karten K-1 und K-2 durch den kleinen Kreis an der linken Ecke der Hauptfassade gekennzeichnet.

4.1 Passiv-solare Heizwärmebilanz

4.1.1 Verfügbarer Solargewinn

Mit einem auf optimale Einstrahlungsvoraussetzungen (=100%) bezogenen **verfügbaren passiven Solargewinn** von im Mittel 81,3% weist das Bebauungskonzept bezogen auf eine mittlere GFZ von knapp 0,6 **bereits gute Voraussetzungen zur passiven Nutzung der Sonnenenergie** auf.

Die einzelnen Gebäude weisen einen verfügbaren Solargewinn von 72,6% bis 92,2% auf. Das passiv-solare Potential der einzelnen Gebäude reicht damit von ausreichend (dunkelrot) bis herausragend (gelbgrün).

Dabei erreichen alle Gebäude zumindest ausreichende Voraussetzungen zur passiven Sonnenenergienutzung (siehe Karte K-6 oben).

Ursachen für solare Verluste

- **Geländeform**

Der durch die **Geländeform** direkt verursachte solare Verlust ist mit 1,0% im Mittel des Planungsbereichs gering. Der solare Verlust nimmt dabei von 0,8% im Westen nach Osten auf 1,5% leicht zu (siehe Karte K-10).

- **Orientierung**

Der durch **ungünstige Orientierung** verursachte solare Verlust ist mit 3,4% im Wohnflächenmittel gering (anzustrebender Maximalwert 7%).

Die Spannweite der solaren Verluste reicht von 0,0% bis 8,7%. Bis auf ein Gebäude liegen alle Gebäude innerhalb des vertretbaren Bereichs < 7%.

Die Einzelwerte können der Karte K-7 entnommen werden.

Insgesamt ergeben sich mit 3,4% geringe orientierungsbedingte solare Verluste. **Maßnahmen zur Verbesserung der Orientierung sind nicht erforderlich.**

- Gegenseitige Verschattung der Gebäude

Der durch die gegenseitige Verschattung der Gebäude verursachte solare Verlust erreicht mit 9,5% im Wohnflächenmittel einen leicht überhöhten Wert. Dieser liegt gering über dem, sich aus der GFZ ergebenden Grenzwert von maximal 8%.

Die **Spannweite des Solaren Verlustes** reicht von 2,0 % bis 18,7%, d.h. von sehr gering bis sehr hoch (Einzelwerte siehe Karte K-8).

Die höchsten Verschattungswerte mit mehr als 15% finden sich bei den Gebäuden Nr. 1, 15, 20 und 21. Ursache sind die geringen Abstände der eingeschossigen Anbauten zu den südlich vorgelagerten Gebäuden.

Die eingeschossige Vorbauten führen dazu, dass sich die größten Fensterflächen des Gebäudes im Erdgeschoss in einem durch die Umgebung relativ stark verschatteten Bereich befinden. Günstigere Voraussetzungen für die passive Solarenergienutzung können dadurch geschaffen werden, dass die Tiefe der Hauptbaukörper (Baufenster) um ca. die Hälfte der Anbautiefe vergrößert und im Gegenzug auf die Vorbauten verzichtet wird.

-Verschattung durch Bäume

Die insgesamt durch Verschattung durch Bäume verursachten solaren Verluste sind im Mittel des Planungsbereichs mit 4,8% mäßig und liegen innerhalb des akzeptablen Zielwertes < 6%.

Die Spannweite des durch Bäume verursachten solaren Verlustes reicht von 1,7% bis 14,2%, d.h. von sehr gering bis hoch (siehe Karte K-9).

Verschattungsschwerpunkte mit solaren Verlusten von mehr als 9% finden sich bei den Gebäuden Nr. 12 und 42. Hier finden sich Bäume in zu geringem Abstand bzw. zu hohe Bäume direkt vor der Südfassade.

Bei den übrigen Gebäuden liegen 8 Gebäude knapp über die Zielwert. Dies ist hinnehmbar. Eine Feinabstimmung der Baumstandorte ist nach Festlegung der überbaubaren Grundstücksfläche im Bebauungsplan-Entwurf möglich.

Insgesamt ist die durch Bäume verursachte Verschattungswirkung bei den der Untersuchung zugrunde gelegten Baumgrößen gering. Im Bereich der Gebäude Nr.12 und 42 sollten die Bäume jedoch einen größeren Abstand zu den Gebäuden einhalten bzw. es sollten Bäume mit geringerer Wuchshöhe vorgesehen werden.

4.1.2 Heizenergiebilanz

Der **wohnflächenspezifischen Wärmeverlust** beträgt im Mittel des Planungsbereichs 111,2 kWh/m²_{WF}a. Dies ist ein leicht überhöhter und damit, bezogen auf die Gebäudetypologie nur „ausreichender“ Wert.

Die eingeschossigen Vorbauten verursachen auf die Wohnfläche bezogen ein ungünstiges Oberflächen-/Wohnflächen-Verhältnis und damit einen, gegenüber einer Zusammenfassung der Wohnfläche im Hauptbaukörper, erhöhten Wärmeverlust.

Bei den zweigeschossigen Gebäuden mit geringer Tiefe (Gebäude Nr. 20 bis 23) verhindert die zulässige Traufhöhe in Verbindung mit einer zulässigen Dachneigung von 25° eine effiziente Nutzung des Dachgeschosses als Aufenthaltsraum. Auch dies führt zu einem erhöhten wohnflächenspezifischen Wärmeverlust.

Auf die **eingeschossigen Vorbauten sollte verzichtet werden**. Deren Wohnfläche sollte dem Hauptbaukörper in Form einer entsprechend vergrößerten Gebäudetiefe zugeschlagen werden.

Die Festsetzung der Dachneigung in Verbindung mit der zulässigen Traufhöhe verhindert bei geringer Gebäudetiefe bei den zweigeschossigen Gebäuden eine effiziente Umsetzung des Gebäudevolumens in Wohnfläche. Es sollte deshalb auf die Festsetzung der Anzahl der Vollgeschosse und **der Dachneigung (als Festwert) verzichtet** werden und statt dessen eine **maximal zulässige Firsthöhe von 9,0 m-9,5 m (Z=II) bzw. von 6,8 m-7,4 m (Z=I)**, unter **Beibehaltung der vorgeschlagenen Traufhöhen**, über der zulässigen Erdgeschossfußbodenhöhe festgesetzt werden.

Der sich nach EnEV 2009 ergebende maximal zulässige **mittlere Wärmedurchgangskoeffizient U** für die Referenzanlage liegt im Mittel des Planungsbereichs bei 0,358 W/m²K. Auch hier dokumentiert sich eine ineffiziente Umsetzung des Gebäudevolumens in Wohnfläche.

Der **wohnflächenspezifische passive Solargewinn** erreicht im Mittel des Planungsbereichs 21,8 kWh/m²_{WF}a. Dies ist, entsprechend den solaren Verlusten, ein guter Wert. Der **passiv-solare Heizungsbeitrag** erreicht mit 22,1% ebenfalls einen guten Wert.

Aus dem Solargewinn und dem internen Wärmegewinn von 12,9 kWh/m²_{WF}a ergibt sich im Wohnflächenmittel ein **Jahres-Heizwärmebedarf** von 76,5 kWh/m²_{WF}a. Dies ist infolge der erhöhten Wärmeverluste nur ein befriedigender Wert. Einzelwerte siehe Karte K-4.

Der **wohnflächenspezifische Jahres-Primärheizenergiebedarf** nach DIN 4701-10 für Raumwärme beträgt bei einer Heizungsanlagen-Aufwandszahl e_p von 1,03 im Mittel des Planungsbereichs 78,06 kWh/m²_{WF}a. Einzelwerte siehe Karte K-5.

4.2 Solarthermie

Mit einem **verfügbaren Solargewinn von im Mittel 88,9%** weist die Planung knapp befriedigende Voraussetzungen für die thermische Sonnenenergienutzung auf. Der Zielwert von 85% wird von allen Gebäuden erreicht (siehe Karte K-19).

Die solaren Verluste entfallen mit 11,1% ausschließlich auf nicht optimale Ausrichtung der in die Dachfläche integrierten Kollektorflächen. Eine nennenswerte Verschattung durch Bäume, Nachbargebäude und Topographie ist nicht feststellbar.

Mit 25° -35° Dachneigung weichen die Gebäude deutlich von der, für eine auf die Nutzfläche bezogene Kollektorfläche von 4% optimalen Dachneigung von ca. 54° ab.

Insgesamt können bei einer auf die Nutzfläche bezogenen Kollektorfläche von 4% und einem Wärmebedarf von 12,5 kWh/m²_{NF}a im Mittel 7,3 kWh/m²_{WF}a Nutzwärme gewonnen werden. Der durch die Heizung aufzubringende **wohnflächenspezifische Wärmebedarf für Trinkwasser** liegt bei 5,26 kWh/m²_{WF}a, der wohnflächenspezifische Primärnergiebedarf bei 5,36 kWh/m²_{WF}a. Der solarthermische Deckungsgrad liegt bei 58,2%,

Die Gebäudestellung lässt bei allen Gebäuden eine befriedigende Orientierung der Kollektorflächen zu. Die vorgesehene Dachneigung beschränkt die thermische Sonnenenergienutzung auf Trinkwassererwärmung im Sommerhalbjahr. Eine Heizungsunterstützung oder Trinkwassererwärmung im Winter

erfordert eine steilere Aufstellung und damit eine Aufständigung der Kollektoren.

4.3 Photovoltaik

Mit einer verfügbaren Solareinstrahlung von im Mittel 96,3% weist die Planung gute Voraussetzungen für die photovoltaische Sonnenenergienutzung auf. Der Zielwert von 90% wird von allen Gebäuden erreicht (siehe Karte K-20).

4.4 Besonnungsdauer

4.4.1 Besonnungsdauer nach DIN 5034

Die mittlere maximale Besonnungsdauer des EG nach DIN 5034 beträgt im Mittel des Planungsbereichs am 17. Januar 3,14 Stunden/Tag. Dies ist im Mittel ein guter Wert.

Im EG wird die Forderung der DIN 5034 nach einer mindestens einstündigen Besonnungsdauer am 17. Januar auf Brüstungshöhe nur von Gebäude Nr. 42 verfehlt (siehe Karte K-11, braun / roter Bereich, die Karte zeigt jeweils die maximale Besonnungsdauer der Ebene sowie die Besonnungsdauer der einzelnen Fenster). Ursache ist die Verschattung durch Bäume, welche nach DIN 5034 auch im Winter als vollständig lichtundurchlässig behandelt werden.

Im 1.OG wird die DIN-Anforderung von allen Gebäuden erfüllt. Die maximal mögliche Besonnungsdauer erreicht im Mittel der Gebäude 5,33 Stunden/Tag (s. Karte K-15).

Da die DIN-Forderung als erfüllt gilt wenn ein Aufenthaltsraum der Wohnung ausreichend besont ist, erreichen alle Gebäude als Einfamilienhaus eine im Sinn der DIN 5034 „ausreichende Besonnungsdauer“.

Im Mittel wird am 17. Januar eine lange Besonnungsdauer erreicht. Die Bäume südlich vor Gebäude Nr. 42 sollten jedoch einen größeren Abstand zu diesem einhalten.

4.4.2 Mittlere gewichtete Besonnungsdauer der Wohnungen

Die „gewichtete Besonnungsdauer“ berücksichtigt, im Gegensatz zur DIN 5034, realitätsnah den anteiligen Lichtdurchgang durch die Baumkrone im unbelaubten Zeitraum und die partielle Besonnung der Fenster bei Teilverschattung der Fensterflächen.

Sonnen-Tiefststand am 21. Dezember

Im EG erreicht die mittlere maximal mögliche, mit der unverschatteten Fensterfläche gewichtete Besonnungsdauer der Wohnungen am 21. Dezember 4,49 Stunden/Tag. Dies ist im Mittel des Planungsbereichs ein guter bis sehr guter Wert.

Dabei übertreffen alle Gebäude die für eine hohe Wohnqualität anzustrebende Besonnungsdauer von 2,0 Stunden/Tag (siehe auch Karte K-12).

Eine mit 2-3 Stunden/Tag unterdurchschnittliche Besonnungsdauer findet sich bei den Gebäuden Nr. 1, 15, 24 und 34. Ursache ist die Verschattung durch den First der südlich vorgelagerten Gebäude. Der eingeschossige Vorbau wirkt sich hier ungünstig auf die Besonnung aus, da der Abstand zur Verschattungskante verkürzt und damit der Verschattungswinkel vergrößert wird.

Im **1.OG** wird im Mittel der Wohnungen eine maximal mögliche Besonnungsdauer von 6,19 h/d erreicht. Alle Gebäude überschreiten eine zweistündige Besonnungsdauer deutlich (siehe auch Karten K-16).

Im Dezember wird durchgängig eine hohe Besonnungsqualität erreicht. Im Umfeld der Gebäude 1, 15, 24 und 34 wird eine Feinabstimmung der Planung empfohlen, um auch hier eine sehr hohe Besonnungsqualität zu erreichen.

„Mittlerer Wintertag“

Am **8. Februar** werden im **EG** im Mittel der Wohnungen maximal 5,90 h/d erreicht. Dies ist insgesamt ein guter bis sehr guter Wert. Hierbei übertreffen alle Gebäude die Qualitätsanforderung einer dreistündigen Besonnungsdauer deutlich (s. Karte K-13).

Im **1.OG** werden im Mittel maximal 7,16 h/d erreicht. Hier erreichen alle Gebäude eine zumindest fünfstündige Besonnungsdauer eines Raums (siehe auch Karte K-17).

In Februar wird durchgängig eine hohe Besonnungsqualität erreicht.

Herbstsonnwende

Am **23. September** werden im **EG** im Mittel der Wohnungen maximal 6,68 h/d erreicht. Dies ist ein befriedigender bis guter Wert. Hierbei übertreffen alle Gebäude eine vierstündige Besonnungsdauer (siehe auch Karte K-14).

Im **1.OG** werden im Mittel der Gebäude maximal 7,68 h/d erreicht (siehe auch Karte K-18).

Die Besonnungsdauer wird im September und damit im Sommerhalbjahr entscheidend durch die Grünordnungsplanung bestimmt.

4.5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Der Bebauungsplan-Vorentwurf bietet mit einem **verfügbaren Solargewinn** von im Mittel 81,3% bereits **gute Voraussetzungen zur passiven Sonnenenergienutzung**. Die Voraussetzungen für thermische Sonnenenergienutzung zur Trinkwassererwärmung sind befriedigend, die zur photovoltaischen Sonnenenergienutzung gut.

Die **Besonnungsqualität** der Gebäude ist im Mittel des Planungsbereichs als gut einzustufen. Ausgeprägte Besonnungsdefizite sind nicht feststellbar.

Der **Heizwärme- und Heizenergiebedarf** liegt leicht über dem für eine entsprechende Einfamilienhausbebauung zu erwartenden Wert.

Die **solaren Verluste** infolge Orientierung und Verschattung durch Topographie und Bäume sind gering. Die Verminderung der Solargewinne infolge gegenseitiger Verschattung der Gebäude überschreiten jedoch mit 9,5% den wünschenswerten Grenzwert.

Die vorgesehenen **eingeschossigen Vorbauten** führen dazu, dass die Hauptfensterflächen der Gebäude im Erdgeschoss teilweise in einem durch die umgebende Bebauung stärker verschatteten Bereich liegen.

Diese Vorbauten führen auch zu einem erhöhten Wärmeverlust der Gebäude.

Günstigere Voraussetzungen sowohl für die passive Sonnenenergienutzung als auch für kompaktere Baukörper könnten dadurch geschaffen werden, dass die Tiefe der Hauptbaukörpers um ca. die Hälfte der vorgesehenen Anbautiefe vergrößert und im Gegenzug auf die eingeschossigen Vorbauten verzichtet wird.

Die Festsetzung der zulässigen Anzahl der Vollgeschosse in Verbindung mit der Dachneigung verhindert bei geringer Gebäudetiefe eine effiziente Umsetzung des Gebäudevolumens in Wohnfläche.

Es sollte deshalb auf die Festsetzung der Anzahl der Vollgeschosse und der Dachneigung als Festwert verzichtet werden und statt dessen eine **maximal zulässige Firsthöhe FH** im Bereich von zumindest 9,0m bis maximal 9,5m (Z=II) bzw. von 6,8m bis 7,4m (Z=I) unter Beibehaltung der vorgeschlagenen Traufhöhen über der Erdgeschoss-Fertigfußbodenhöhe festgesetzt werden. Hinsichtlich der Besonnungsqualität sind die niedrigeren FH-Werte vorzuziehen.

Die ideal festzusetzende Firsthöhe ist dabei von der Lage und Größe der überbaubaren Grundstücksfläche / der Baufenster abhängig und kann damit erst im Rahmen der Feinabstimmung des Bebauungsplans bestimmt werden (Phase 2).

Bei Festlegung der **überbaubaren Grundstücksfläche** sollte insbesondere der durch die Gebäude 15-19, 20-23 und 28-33 gebildete Keil im Westen aufgeweitet werden.

Die Gebäude Nr. 35, 37 und 38 am südöstlichen Rand sollten, um die Verschattungswirkung auf die Umgebung zu vermindern, nur eingeschossig konzipiert werden (TH=4,0m / FH=6,8m-7,4m).

Im gesamten südöstlichen Bereich ist eine, sowohl der Höhenlage als auch der Verschattungswirkung auf die Umgebung angepasste Festsetzung der EFH als **Bezugshöhe** für die Höhenfestsetzungen notwendig. In den übrigen Bereichen kann die Bezugshöhe auf das natürliche Gelände oder die Straße bezogen werden.

Im Umfeld der Gebäude 1, 15, 24 und 34 wird eine Feinabstimmung der Lage der Gebäude bzw. der überbaubaren Grundstücksfläche empfohlen, um auch hier eine sehr hohe Besonnungsqualität zu erreichen.

Die festgesetzten Baumstandorte südlich vor Gebäude Nr. 42 sowie am südöstlichen Siedlungsrand bedürfen noch der Feinabstimmung.

Die endgültige Feinabstimmung der Planung ist erst anhand des Bebauungsplan-Entwurfs mit Textteil möglich.

4.5.1 Optimierungserfolg:

Die oben genannten Empfehlungen wurden in der dargestellten „Optimierungs-Variante“ umgesetzt. Dabei wurde eine FH von 9,00m bzw. von 7,35m zu Grunde gelegt.

Die Lage der Gebäude / überbaubare Grundstücksfläche wird aus der Karte ersichtlich.

Im Ergebnis kann der verfügbare passive Solargewinn bei der Optimierungs-Variante von 81,3% auf 84,9% erhöht werden. Damit wird das „sehr gut“ (85%) für passiv-solare Voraussetzungen nur knapp verfehlt. Die Voraussetzungen zur thermischen Sonnenenergienutzung verbessern sich auf 91,1% (befriedigend bis gut) die der photovoltaischen Sonnenenergienutzung auf 96,9% (gut).

Der wohnflächenspezifische Heizwärmebedarf kann um $3,60 \text{ kWh/m}^2_{\text{WF}}\text{a}$, d.h. 5%, der Primärenergiebedarf um $3,21 \text{ kWh/m}^2_{\text{WF}}\text{a}$, d.h. 4% gesenkt werden.

Die Wohnfläche erhöht sich hierbei um 202 m².

Zudem kann die mittlere Besonnungsdauer ganzjährig im Mittel um ca. 6% verlängert werden.

Die vergleichenden Ergebnisse der Varianten können den Tabellen 2 und 3 sowie den Karten im Kartenteil entnommen werden.

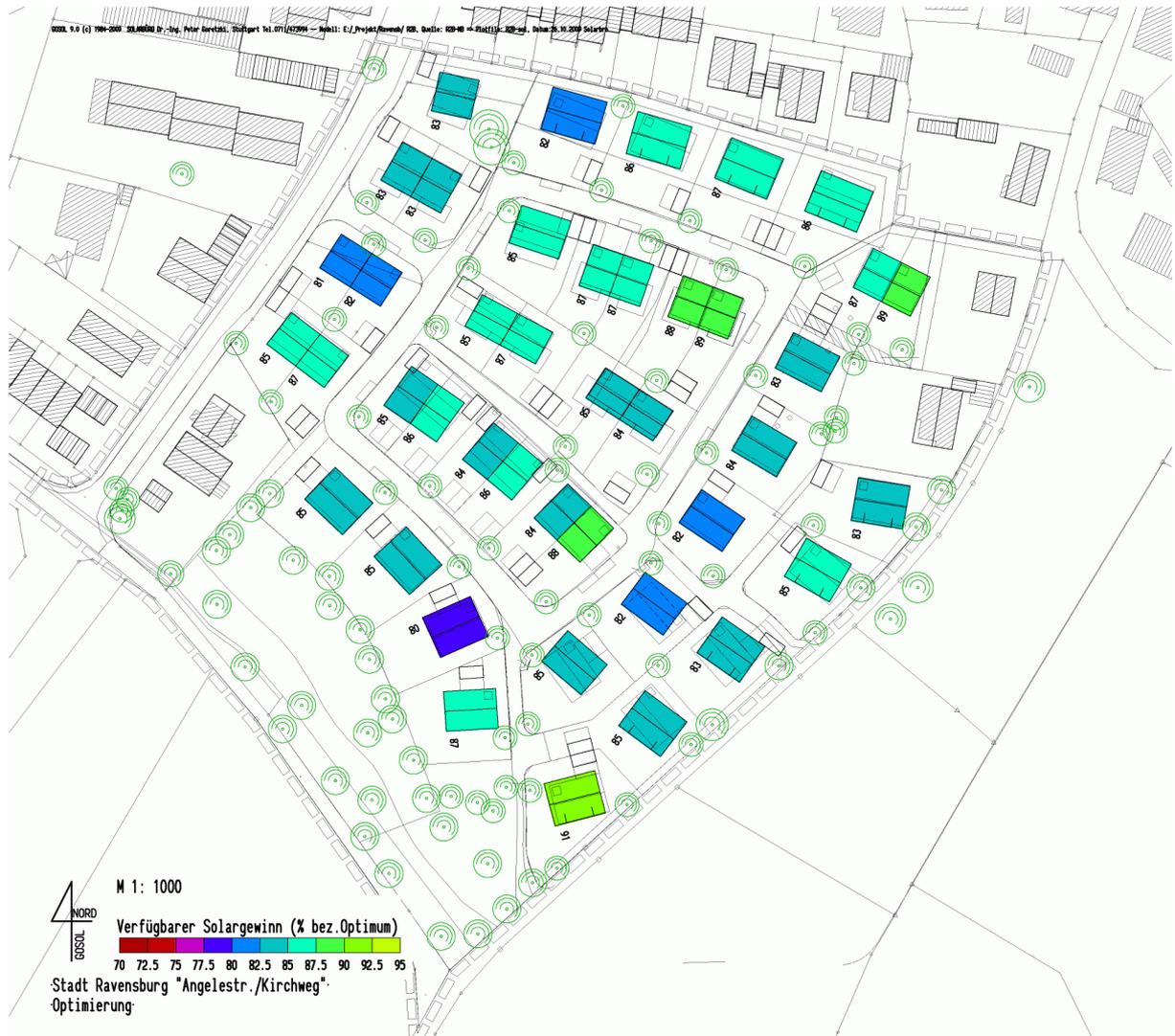


Abb. 3: Optimierungs-Variante: Verfügbarer Solargewinn - Lage der Gebäude

Stadt Ravensburg - Eschach „Angelestraße/Kirchweg“ Tab. 2

Mittelwerte für Untersuchungsbereich (GOSOL / DIN EN 832), SOLARBÜRO Dr. Goretzki, Stuttgart
 Mindestanforderungen: EnEV 2009 + EEWärmeG 2008, Gas/Öl-Brennwertkessel mit Abluftanlage und solarthermischer TW

| Variante | R1m | R2b | Einheit |
|---|----------------------|--------------|----------------------|
| | BPlan-VE 01.09.09 | Optimierung | |
| Verfügbarer Solargewinn (bez. Optimum) | 81.3 | 84.9 | % |
| Verminderung durch ungünstige Orientierung | 3.4 | 2.4 | % |
| Verschattung durch Topographie | 1.0 | 1.1 | % |
| Verschattung durch Bäume | 4.8 | 3.6 | % |
| Verschattung durch Nachbargebäude | 9.5 | 8.0 | % |
| Summe städtebaulich bedingter solarer Verluste | 18.7 | 15.1 | % |
| spez, Brutto-Heizwärmebedarf/Wärmeverlust Q''_{BWB} | 111.2 | 107.6 | kWh/m ² a |
| spez, genutzte interne Wärmequellen Q''_I | 12.9 | 12.9 | kWh/m ² a |
| spez, genutzte passive Solargewinne Q''_S | 21.8 | 21.9 | kWh/m ² a |
| spezifischer Heizwärmebedarf (DIN EN 832) Q''_h | 76.5 | 72.8 | kWh/m ² a |
| spez Jahres-Wärmebedarf Warmwasser $Q''_{h,W}$ | 5,26 | 5,16 | kWh/m ² a |
| Anlagenaufwandszahl e_p (n. DIN 4701-10) | 1.02 | 1.03 | - |
| spez. Jahres-Primärenergiebedarf Raumwärme $Q''_{p,H}$ | 78,06 | 74,90 | kWh/m ² a |
| spez Jahres-Primärenergiebedarf Warmwasser $Q''_{p,W}$ | 5.36 | 5.31 | kWh/m ² a |
| spez. Jahres-Primärenergiebedarf (n. DIN 4701-10) | 83.42 | 80.21 | kWh/m ² a |
| Solarer Heizungsbeitrag $Q''_S/(Q''_h+Q''_S)$ | 22,1 | 23,2 | % |
| Wohnfläche WF nach WoFIVO (ohne Treppen) | 8710 | 8912 | m ² |
| Bruttogeschossfläche BGF | 11330 | 10678 | m ² |
| Brutto-Grundfläche BGr | 5400 | 4781 | m ² |
| mittlerer erforderlicher U- (k-) Wert | 0,358 | 0,365 | W/m ² K |

| Variante | | R1m | | R2b | Einheit |
|----------|--|----------------------|------|-------------|---------|
| | | BPlan-VE 01.09.09 | | Optimierung | |
| EG | mittlere maximale Besonnungsdauer der Gebäude an einem klaren Tag | DIN 5034 | 3,14 | 3,38 | h/Tag |
| | | 21. Dezember | 4,49 | 4,75 | h/Tag |
| | | 8. Februar | 5,90 | 6,22 | h/Tag |
| | | 23. September | 6,68 | 7,07 | h/Tag |
| | Anteil der Gebäude mit Mindestbeson- nungsdauer am ... | DIN 5034 > 1 h | 97 | 97 | % WE |
| | | 21. Dez > 2 h | 100 | 100 | % WE |
| | | 8. Feb > 3 h | 100 | 100 | % WE |
| | | 23. Sept > 4 h | 100 | 100 | % WE |
| 1.OG | mittlere maximale Besonnungsdauer der Gebäude an einem klaren Tag | DIN 5034 | 5,33 | 5,42 | h/Tag |
| | | 21. Dezember | 6,19 | 6,19 | h/Tag |
| | | 8. Februar | 7,16 | 7,25 | h/Tag |
| | | 23. September | 7,68 | 7,80 | h/Tag |
| | Anteil der Gebäude mit Mindestbeson- nungsdauer am ... | DIN 5034 > 1 h | 100 | 100 | % WE |
| | | 21. Dez > 2 h | 100 | 100 | % WE |
| | | 8. Feb > 3 h | 100 | 100 | % WE |
| | | 23. Sept > 4 h | 100 | 100 | % WE |