

Andrea Rüedi | Peter Schürch | Jörg Watter

Solararchitektur

Häuser mit solarem Direktgewinn



Inhalt

1. Einführung	5	5. Praxisbeispiele	57
Für den Menschen	5	In 10 Schritten zum solaren Direkt-	
Für das Klima	5	gewinnhaus	57
Für die Umwelt	6	Übersicht	57
Warum solar bauen?	6	Einfamilienhaus Casa Felice, Sarn	58
		Haus Bünter: Ein 250-jähriges Haus	
2. Ausgangslage	9	als Kraftwerk	62
Sonnenenergie ernten	9	Haus Steinegger: Holz küsst Lehm	67
Kluge Planung wirkt Wunder	9	Neubau Wohnhaus Stöckli und	
Solararchitektur für die Städte	9	Gubler, Maladers	71
Wir bauen unsere Energiesysteme um:		Zweifamilienhaus Höheweg,	
auf CO ₂ -neutral	10	Köniz-Liebefeld	76
		Dreifamilienhaus Enggistestrasse,	
3. Grundlagen der Solararchitektur	10	Worb	79
Horizont	11	Mehrfamilienhaus Poststrasse,	
Ausrichtung	12	Spreitenbach	82
Aussenform	13	Mehrfamilienhaus Gebhartstrasse,	
Äussere Beschattung, innerer		Köniz-Liebefeld	86
Blendschutz	17	Siedlung Kirchbodenstrasse, Thalwil	90
Prinzip: Haus als Speicher, Winter und		Oberfeld: Exemplarische Holzbau-	
Sommer	19	siedlung für künftige Lebensformen	92
Nur Zusatzheizung oder keine Heizung	22	Umbau und Sanierung Doppelkinder-	
Sonnenstrahlungseintrag und		garten mit zwei Wohnungen, Chur	98
Absorptionsleistung	25	Musterschulzimmer Giacometti, Chur	106
Innere Speichermasse und Schlecht-		Autobahnwerkhof CeRN Bursins	112
wettersicherheit	26		
		6. Anhang	115
4. Architektur und Technik	29	Autoren	115
Qualität, Materialisierung, Lebens-		Diagramme als Vorlage	116
zyklusorientierung	29	Stichwortverzeichnis	119
Anforderungen an heutige Gebäude	30		
Nachhaltiges Weiterbauen mit solaren			
Konzepten	30		
Baubiologie	31		
Solare Konzepte	35		
Das Gebäude als System	41		
Gebäudetechnik	49		
Permakultur	53		

Impressum

Solararchitektur – Häuser mit solarem Direktgewinn

Herausgeberin: Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau

Hauptautoren: Andrea Rüedi, Peter Schürch, Jörg Watter

Autoren: Alfons de Stefani (Abschnitt Wärmepumpen), Anton Kächler (Abschnitt Permakultur). Für den Inhalt des Buches sind ausschliesslich die Hauptautoren und die Autoren verantwortlich.

Projektleitung: Achim Geissler, Fachhochschule Nordwestschweiz; Institut Energie am Bau, Muttenz

Lektorat und Seitenherstellung: Faktor Journalisten AG, Zürich; Othmar Humm, Sandra Aeberhard, Christine Sidler

Titelbild: Vierfamilienhaus Rüedi in Chur von Andrea Rüedi, Chur (Foto: Patrick Kälin)

Diese Publikation ist Teil der Fachbuchreihe «Nachhaltiges Bauen und Erneuern». Grundlage bilden die Zertifikatskurse des Masterstudienganges «Energie und Nachhaltigkeit am Bau» (www.enbau.ch), ein Weiterbildungsangebot von fünf schweizerischen Fachhochschulen. Die Publikation wurde durch das Bundesamt für Energie BFE/EnergieSchweiz und die Konferenz Kantonalen Energiedirektoren (EnDK) finanziert.

Bezug: Als Download (kostenfrei) unter www.energieschweiz.ch → Bildung → Publikationen → Fachbücher oder als Buch beim Faktor Verlag, info@faktor.ch oder www.faktor.ch

Januar 2016. ISBN: 978-3-905711-39-4

Sonne und Architektur

In der Entwicklung energiesparender, ganzheitlicher Bauweisen sticht eine Konzeption ganz besonders hervor – die Solararchitektur. Dabei geht es um die direkte Nutzung von Solarstrahlung über transparente Bauteile, einerseits, um Räume aufzuwärmen, andererseits um anfallende Wärme in Böden, Wänden und Decken zu speichern. Die eingelagerte Wärme kommt in den folgenden Stunden und Tagen dem Raum zugute. Solararchitektur ist also vor allem Sonne und Architektur. Beides braucht es, um Wärme zu gewinnen und zu speichern, aber auch, um im Sommer die Wohn- und Arbeitsräume vor Überhitzung zu schützen. Die Architektur sollte diese Aspekte qualitativ, gesamtheitlich – also auch mit optimalem Raumklima – in ein gestalterisch überzeugendes Bauwerk integrieren.

In der Pionierzeit der Solararchitektur kam die Diskussion auf, ob ein Haus auf einen minimalen Wärmeverlust oder auf einen maximalen Solargewinn optimiert werden soll. Heute, nach Dutzenden von wissenschaftlichen Messprojekten und empirischen Untersuchungen, darunter auch viele Experimente, wissen wir, dass beides – Verlustminus und Gewinnplus – für ein nachhaltiges Haus notwendig ist. Doch im Unterschied zur Wärmedämmung, die in der Regel weder konzeptionell noch technisch eine besondere Herausforderung bedeutet, bedingt ein funktionierendes Solarhaus viel Wissen und Erfahrung! Ein Teil dieses Wissens ist in diesem Buch zusammengefasst.

Die 120 Seiten dieses Fachbuches bieten in der ersten Hälfte wesentliche Grundlagen zur Solararchitektur und zur Stellung dieser Disziplin im Kontext des nachhaltigen Bauens (Kapitel 4). Und weil in einem Haus viel Material und zahlreiche Systeme zusammenkommen, ist das Thema Baubiologie von zentraler Bedeutung. In der zweiten Hälfte des Bandes sind 13 gebaute Beispiele dargestellt – Wohnbauten, Schulhäuser, Gewerbe- und Bürobauten (Kapitel 5).

Solararchitektur ist nicht ein neues Geschäftsmodell der schweizerischen Bauwirtschaft. Diese Architektur ist für die Autoren vielmehr das Bekenntnis, klimagerecht zu bauen und dies mit einem hohen gestalterischen Anspruch zu verbinden. In Anbetracht der steigenden Umweltbelastung kommt der Solararchitektur eine doppelte Funktion zu: Sie ermöglicht nachhaltige Häuser und setzt weithin sichtbare Zeichen einer umweltgerechten Bauweise. Denken – planen – ernten. Wir wünschen viel Spass!

Andrea Rüedi, Peter Schürch, Jörg Watter

Einführung

Schon seit den Anfängen der Menschheit ist das solare Bauen ein zentrales Thema. Das Wissen um den Lauf der Sonne und die klimatischen Verhältnisse hat jede Kultur auf ihre ganz eigene Weise geprägt. Geht es in den südlich gelegenen Ländern vor allem um den Schutz vor der Sonne, steht bei uns die Nutzung von Sonnenenergie in drei Bereichen im Vordergrund:

1. Direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung im Winter zum Heizen der Wohn- und Arbeitsräume
2. Wassererwärmung über Sonnenkollektoren
3. Stromproduktion mittels Photovoltaikmodulen

Im Idealfall integriert ein Gebäude alle drei Arten der solaren Energiegewinnung. Dies nicht allein, um die Ressourcen zu schonen, sondern auch, um den Bewohnern Behaglichkeit und einen hohen Wohnkomfort zu ermöglichen.

Für den Menschen

Wohlbefinden entspricht einem ganz normalen Bedürfnis von uns Menschen und steht nicht nur bei Baubiologen im Zentrum der Betrachtung. Wir wollen uns schützen vor Kälte, Hitze und Witterung. Im Sommer haben wir es gerne angenehm kühl, im Winter behaglich warm.

Durchdachte Solararchitektur zielt auf menschliches Wohlbefinden ab. Gleichzeitig schafft sie aber auch einen direkten Bezug zur Natur und macht ihre Wirkungsweise erfahrbar. So ist eine ausreichende Menge an Tageslicht, wie sie die Solararchitektur erfordert, essenziell für unser Wohlbefinden. Sonnige Wintertage lassen die Bewohner im Wärmeüberfluss leben. Eine intelligente Beschattung hält die Räume im Sommer kühl und lässt uns trotzdem die Sicht auf die Umgebung genießen. Dem bewussten Mitmenschen bietet sich somit die Möglichkeit, an sonnigen Tagen etwas länger zu duschen, ein Bad zu nehmen und mit dem vollgetankten Solarmobil einen grösseren Ausflug zu

planen. In Schlechtwetterphasen arbeitet er eher zu Hause und zieht gerne mal einen etwas dickeren Pullover an, damit er nicht extra die Heizung starten muss, weil für den nächsten Tag die Wettervoraussagen wieder gut sind.

Für das Klima

Wird sich das Klima weiter so erwärmen wie von den Wissenschaftlern prognostiziert, so werden wir in Europa künftig deutlich weniger Heiztage haben. Macht mit diesen Aussichten eine umfassende Heizanlage, mit der sämtliche Räume beheizt werden, überhaupt noch Sinn? Oder genügt es, wenn wir lediglich die zentral genutzten Räume beheizbar machen? Welchen technischen Aufwand sollen wir betreiben, damit wir uns in einem gut ge-

Abbildung 1: Genügend Tageslicht als wichtige Basis für ein gesundes Leben.



dämmten Gebäude während den verbleibenden 20 bis 30 Heiztagen mit Energie versorgen können? Können wir dazu die gespeicherte Sommersonnenenergie oder den selbst erzeugten Strom vom Dach verwenden?

Sicher gibt es dank dem solaren Gebäudekonzept in Zukunft keinen Grund mehr, dass die Schweiz täglich über 35 Mio. Franken aufwendet, um Erdölprodukte aus dem Ausland zu importieren. Nutzen wir dieses Geld doch, um Arbeitsplätze zu sichern, die Qualität der Baustoffe zu steigern und die lokale Wirtschaft zu fördern.

Für die Umwelt

Der schonende Umgang mit unseren Ressourcen wird künftig eines der zentralen Themen sein beim Bauen. Der Begriff der Kreislaufwirtschaft steht für eine Grundhaltung, die es in Zukunft ermöglichen soll, dass Baustoffe nicht mehr rezykliert (wobei in den meisten Fällen ein Downcycling stattfindet), sondern weiterverwendbar eingebaut werden, worauf bereits bei der Planung geachtet werden sollte. Bestehende Bauten werden so zum Rohstofflager für zukünftige Bauvorhaben (urban mining). Das Potenzial ist riesig: Nach Schätzungen des BAFU umfassen die Schweizer Strassen, Gebäude und Infrastrukturanlagen über 2,1 Mrd. Tonnen verarbeitete Baustoffe. Davon werden derzeit rund 80 % verwertet.

Abbildung 2: Qualitative und genügend dicke Dämmung für einen tiefen, kostengünstigen Energiebedarf im Winter und Sommer: Gut fürs Klima, fürs Portemonnaie und fürs Gewissen!



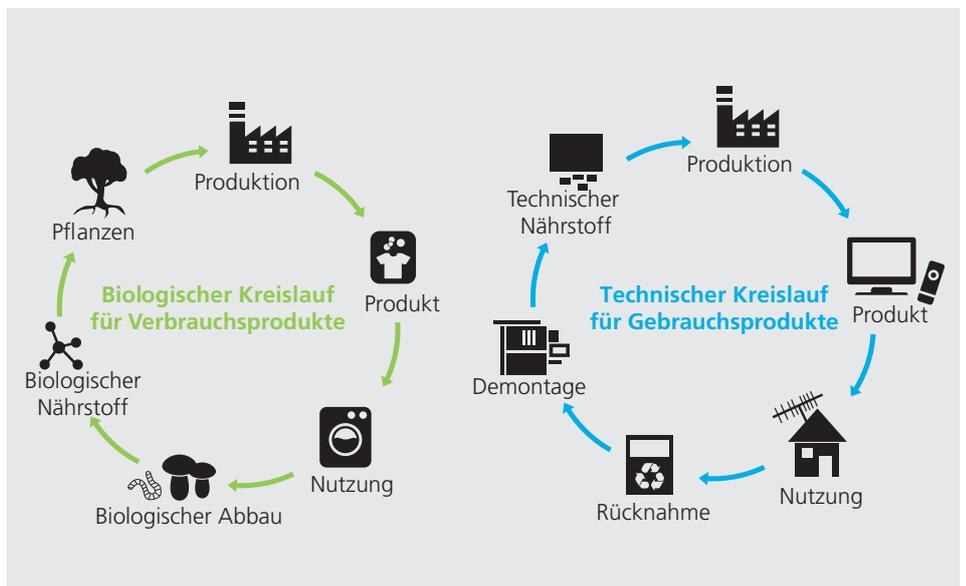
Auf diese Weise können wertvolle Ressourcen geschont und kreislauffähig bewirtschaftet werden. Eine äusserst spannende Aufgabenstellung, die nicht nur die Planer fordert, sondern ganze Wirtschaftszweige dazu bringen respektive zwingen wird, ihre Produktpalette vollständig zu überdenken.

Gerade hier wird sich der Marktvorteil von ökologischen Bauprodukten zeigen. Denn viele erfüllen die zukünftigen Anforderungen bereits heute: So beispielsweise nachwachsende sortenreine Rohstoffe, die lokal produziert sind, problemlos in den technischen oder biologischen Kreislauf überführbar sind, einen geringen Anteil an grauer Energie aufweisen, karbonfrei produziert wurden und darüber hinaus das ideale Raumklima unterstützen.

Warum solar bauen?

Viele neu erstellte Bauten lassen den Eindruck entstehen, dass sich weder Bauherrschaft noch Architekt dafür interessiert haben, wann und aus welcher Richtung die Sonne das Haus mit Solarenergie versorgt. Berechnungen für eine mögliche Nutzung von Sonnenenergie werden in den wenigsten Fällen präzis durchgeführt und solare Konzepte werden von Planern oft gar nicht vorgeschlagen. Was sind die Gründe dafür und wie könnte das geändert werden? Warum haben die Menschen keinen Zugang mehr zum Wissen, das

Abbildung 3: Geschlossener biologischer und technischer Kreislauf nach C2C (Cradle to Cradle). Quelle: Drees & Sommer



über tausende von Jahren eine Notwendigkeit für das Überleben darstellte?

Das günstige Erdöl hat uns eine rasante technische Entwicklung beschert. Die Kehrseite der Medaille ist allerdings, dass das Profit- und Wachstumsdenken oftmals Treiber ist bei Entscheidungen – in vielen Fällen ohne Beachtung der weitreichenden Folgen dieses Handelns. Das Prinzip der Nachhaltigkeit basiert darauf, dass wir nur so viel verbrauchen, wie wieder nach-

wachsen respektive sich regenerieren kann.

Hans Carl von Carlowitz gilt als Begründer des Begriffs Nachhaltigkeit. In seinem 1713 erschienenen Buch «Sylvicultura Oeconomica oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht» verwendet er den Begriff in Zusammenhang mit der Forstwirtschaft. So müsse man bei der Rodung der Wälder bedenken, wo die Nachkommen Holz her-



Abbildung 4: Mehrfamilienhaus in Thalwil (Architektur Oikos & Partner, Energiekonzept Andrea Rüedi). Solarer Direktgewinn im Winter über grosse Südverglasung mit Verschattung im Sommer; kontrollierte Lüftung mit Abluft-Wärmepumpe zur Produktion von Warmwasser, Kleinöfen pro Wohnung für die Übergangsphase zum selber Heizen und zentrale Pelletheizung als ergänzende Wärmequelle bei Unterversorgung von Heizung oder Warmwasser.

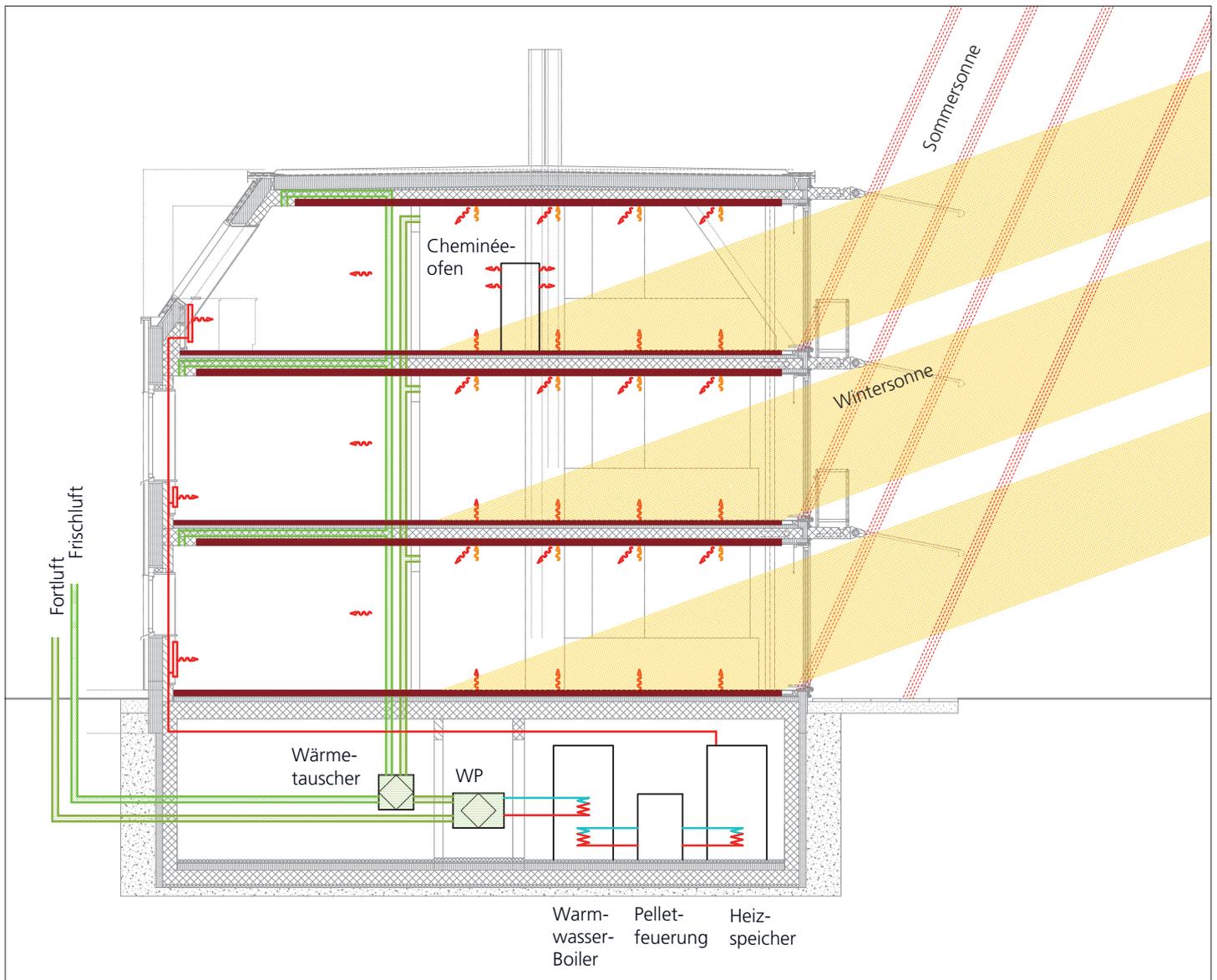
nehmen sollen. Von Carlowitz verlangt, «pfleglich» mit der Natur und ihren Rohstoffen umzugehen, statt einen auf kurzfristigen Profit ausgelegten Raubbau an den Wäldern zu betreiben.

Nutzen Sie die Sonnenenergie!

■ Verlangen Sie explizit, bei Gebäuden Sonnenenergie aktiv und passiv zu nutzen.

■ Es gibt bereits heute genügend karbonfreie Baustoffe, die den Anspruch der Kreislauffähigkeit erfüllen. An den Fachplanern liegt es, diese so anzuwenden, dass erfolgreiche solare Direktgewinnbauten entstehen, die Wohlbefinden für den Nutzer schaffen.

Abbildung 5:
Solares Energiekonzept für das Mehrfamilienhaus Kirchbodenstrasse in Thalwil, siehe auch Seite 90.



Ausgangslage

Sonnenenergie ernten

Mittags das hohe Flirren der Sonne, abends bereits der erste Hauch des nahenden Herbstes – die enorme Kraft der Sonne fühlen wir alle. Die Beschreibung des Megaron-Hauses, vor gut 2500 Jahren vom griechischen Philosophen Sokrates formuliert, liest sich wie ein erstes simples Konzept für die passive solare Nutzung: «Der Baukörper öffnet sich nach Süden und stellt im Innern die nötige Speichermasse zur Verfügung. Der Dachüberstand verschattet das Gebäude bei hochstehendem Sonnenstand, während die Wintersonne tief in das Haus eindringen kann.»

Kluge Planung wirkt Wunder

Auch heute integriert solare Architektur nach wie vor die passive Nutzung von Sonnenenergie. Dazu gehören Aspekte wie die Ausrichtung und Orientierung, die Öffnung des Gebäudes zur Sonne hin, die Schaffung von genügend Masse im Innern, um die solare Energie zu speichern, sowie eine gut gedämmte Gebäudehülle, welche die Energieverluste minimiert.

Seit rund 100 Jahren kommt nebst den passiven Prinzipien des Erntens von Sonnenenergie auch die aktive Nutzung mittels Sonnenkollektoren und Photovoltaik-Modulen hinzu. Diese Elemente werden immer effizienter und Fenster und Fassaden immer dichter. Dies ermöglicht den Bau von Gebäuden, die – über das Jahr betrachtet – mehr Energie aus erneuerbaren Quellen bereitstellen, als sie verbrauchen. Ein solares Gebäude verlangt nicht zwingend Hightech-Installationen. Ganz im Gegenteil; an erster Stelle steht eine umsichtige Planung, die dem Direktgewinn von Sonnenenergie entgegenkommt.

Das Wissen und die Technologien sind heute durchaus vorhanden, damit die Energiewende in Europa umgesetzt werden kann. Was es braucht, ist die intensive Auseinandersetzung mit dem Thema sowie das Aneignen des nötigen Wissens.

Energieeffiziente Architektur ist eine Triade aus qualitativvoller, gesamtheitlicher Architektur, aus optimalem Raumklima und aus minimiertem Energieverbrauch. Im Mittelpunkt der Überlegungen steht der Mensch.

Solararchitektur für die Städte

Gerade in Städten ist solares Bauen ein Gebot der Stunde. Weltweit lebt jeder zweite Mensch in einer Stadt. Die Städte weisen ein enormes Potenzial an Innovation, an Bausubstanz und an öffentlicher Mobilität auf. Sie sind kulturelle Hotspots, Zentren der Information und des Energieverbrauchs. Gesellschaftliche Trends wie «urban farming» und «urban gardening» zeigen, dass immer mehr Menschen einen bewusst naturverbundenen Lebensstil pflegen. In diesem Kontext ist es nicht verwunderlich, dass auch eine Entwicklung hin zu ökologischem Bauen feststellbar ist. In einer Zeit, in der es möglich ist, den Globus mit einem solarangetriebenen Flugzeug zu umrunden, sollte es selbstverständlich sein, Sonnenenergie klug und innovativ für Bauwerke, fürs Heizen und Kühlen zu nutzen. Dass die Energiewende eine Notwendigkeit ist, bestreiten heute nur einige wenige Kritiker. Im Kontext einer dichten Bauweise findet sich bereits heute eine Vielfalt an Lösungsstrategien und sehr wirtschaftlichen Konzepten, die architektonisch und gestalterisch überzeugen. Was es darüber hinaus jedoch braucht, ist die Notwendigkeit des Umdenkens, ist die Veränderung unserer Gesellschaft und Wirtschaft hin zu einem bewussten Handeln nach den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung und der Biodiversität.

Es sollte uns heute gelingen, die Chancen, die jede Veränderung mit sich bringt, wahrzunehmen und als Gesellschaft rasch zu reagieren. Es gilt unsere Energiesysteme tiefgreifend umzubauen und Sonnenenergie gezielt zu nutzen, bevor uns die nächste Krise dazu zwingt.

Wir bauen unsere Energiesysteme um: auf CO₂-neutral

Solararchitektur verlangt eine umfassende Planung und eine integrale Bauweise. Das heisst, die architektonischen, konstruktiven Voraussetzungen und technischen Installationen für das Management des solaren Energiegewinns sind unabdingbarer Teil des Hauses. Diese von Beginn weg einzuplanen und mit dem Projekt zu verknüpfen, so dass sich ein schlüssiges Energiekonzept und ein sinnvolles und zuverlässig funktionierendes Ganzes ergeben, kann man lernen. Bei Neubauten lässt sich dies über klare Vorgaben planen, berechnen und lösen.

Wir bieten Strategien, die sich in der Vergangenheit bewährt haben, und skizzieren Denkweisen, die aufzeigen, mit welcher Breite heute das Thema angegangen und bearbeitet werden soll. Dabei dient den Autoren die Erfahrung in der praxisgerechten Wissensvermittlung im Rahmen von Weiterbildungsmodulen. Wir zeigen Regeln auf, die es allerdings immer wieder projektspezifisch zu hinterfragen und zu optimieren gilt. Mit dieser Publikation soll das grosse Potenzial des solaren Bauens aufgezeigt werden. Anhand der Beispiele sollen Planende, Unternehmer und Auftraggeber motiviert werden, dieses Wissen

für sich zu erschliessen und anzuwenden. Neben qualitätsvollen Architekturkonzepten in Verbindung mit hoher Energieeffizienz sind auch die Aspekte des nachhaltigen Bauens berücksichtigt. Das ist eine Herausforderung, sowohl für Planende und Unternehmer als auch für Auftraggeber, Investoren und Nutzende. Die wesentliche Diskussion und vor allem die Kritik setzen bei den Kosten oder dem zukünftigen Potenzial von Energieträgern an. Die Kosten von Plusenergiebauten sind jedoch stark gesunken. Ein zielgerichteter Umbau unserer Energiesysteme bringt uns vielfältige, nicht zuletzt wirtschaftliche Vorteile. Dass sich diese vertiefte Auseinandersetzung mit dem Thema lohnt, beweisen auch die zahlreichen Projekte, die mit dem Schweizer Solarpreis ausgezeichnet wurden. Setzen wir uns mutigere Ziele, schaffen wir uns innovative Arbeitsplätze und sichern wir den künftigen Generationen saubere Luft zum Atmen.



Abbildung 6:
Mehrweck-
gebäude «Kohle-
silo» in Basel ist
einer der Preisträ-
ger des Schweizer
Solarpreises 2015
(Quelle: Solvatec).

Grundlagen der Solararchitektur

Als erstes soll mit dem Beispiel des solaren Direktgewinnhauses die Königsdisziplin der Solararchitektur eingeführt werden. Denn diese bildet die Grundlage nach dem Prinzip: viel Haus, wenig Technik, da die Wärme durch die Südfenster gewonnen wird. Nachstehend wird die Wärmephysik der Hülle, die Wärmeaufnahme im Innern des Hauses und die Wärmespeicherung erklärt. Die aufgezeigte einfache rechnerische Abschätzmethode ist als Arbeitsinstrument für den Entwurfsarchitekten oder den Energieplaner in der Genauigkeit vollkommen ausreichend und erhebt keinen Anspruch auf Wissenschaftlichkeit. Sie hat sich bei den wohl weltweit ersten Nullheizenergie-Direktgewinnhäusern in Trin (Baujahr 1993), am wahrscheinlich weltersten Plusenergie-Gewerbegebäude Gasser in Chur (Baujahr 1999, Schweizer und Europäischer Solarpreis, SIA-Preis für Nachhaltiges Bauen) sowie bei vielen weiteren Sonnenhäusern gut bewährt.

Horizont

Eine Horizontaufnahme am Standort klärt sehr schnell die solare Ertragssituation. Es gilt nicht nur den im Internet für jeden Standort zu bestimmenden Fernhorizont – zum Beispiel Bergverläufe – zu erheben, sondern auch den Nahhorizont, wie Nachbargebäude, Bäume, etc. Da die diesbe-

züglichen Eingabemöglichkeiten für Berechnungen nach Norm SIA 380/1 ungenügend sind, muss ein anderer Weg beschritten werden. Eine gute Methode stellt immer noch die grafische Horizontbestimmung nach Mützenberg dar. Die damit erhobenen monatlichen Beschattungswerte führen zu brauchbaren Berechnungen der solaren Direktgewinne durch Fenster. Zur Erhebung der Daten benötigt man einen Kompass mit Höhenwinkel-funktion oder einen Mützenbergzylinder, den das Modellbauatelier der HTW Chur in Kleinserien wieder herzustellen beabsichtigt.

In Abbildung 9 trägt man den Horizont ein. Mit Transparentkopien der Abbildung 10 und Abbildung 11 wertet man aus. Die Auswirkung einer Nachbarsbaute kann auf diese Weise genau analysiert und die Situierung eventuell angepasst werden. Bäume auf der Bauparzelle müssen eventuell entfernt werden. Denn selbst im Winter kann ein Laubbaum durch das Astwerk bis zu 50 % abschatten. Dieser Faktor ist entsprechend zu gewichten, sind doch Dezember und Januar die wichtigsten Ertragsmonate. Ein Standort, der erst am Mittag besonnt wird, kann eine Drehung der Direktgewinn-Fensterfront in Richtung Südwest rechtfertigen. Bei einem kritischen Nahhorizont sollten mehrere Positi-

Abbildung 7:
Kompass mit
Höhenwinkel-
funktion.



Abbildung 8:
Mützenberg-
zylinder.

onen der Südfassade untersucht werden. Für höhere Stockwerke kann die Horizontposition auch über den Höhenwinkel und die Hindernisdistanz umgerechnet werden. Auf dieselbe Art lässt sich das Beschattungsrisiko durch eine mögliche spätere Bebauung auf einer Nachbarsparzelle beurteilen.

Nun gilt es, eine Software zu finden, die eine monatliche Horizonteingabe ermöglicht, sowie – im Idealfall – die Eingabe der genauen Ausrichtung nach der Himmelsrichtung. Eine mögliche Lösung bietet das Programm Entech 380/1 von hetag.ch. Dabei setzt man die Nettosüdglassfläche als «Lucido» ein (die Fenstereingabe Süd lässt man frei). Man gibt den U-Wert des Glases an und rechnet die monatliche Beschat-

tung in den g-Wert ein. Die Südfensterrahmenfläche muss man als separate Südfassadenfläche aufführen und den Psi-Wert des Süd-Glasrandverbundes (linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient) als Wärmebrücke erfassen. Die genaue Ausrichtung der Fassaden kann allerdings nicht erfasst werden. Man muss sich für Süd oder 45° verschoben entscheiden. Dieses Vorgehen ist für ein sinnvolles Konzept meistens genau genug.

Ausrichtung

Die Ausrichtung einer auf Solarertrag getrimmten Fensterfront orientiert sich am Horizont und am Verhältnis zwischen g-Wert und U-Wert der Verglasung. Im Dezember und Januar findet die Sonnenein-

Abbildung 9: Sonnendiagramm. Dieses Blatt im Anhang kopieren und Horizont einzeichnen. (Quelle: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich).

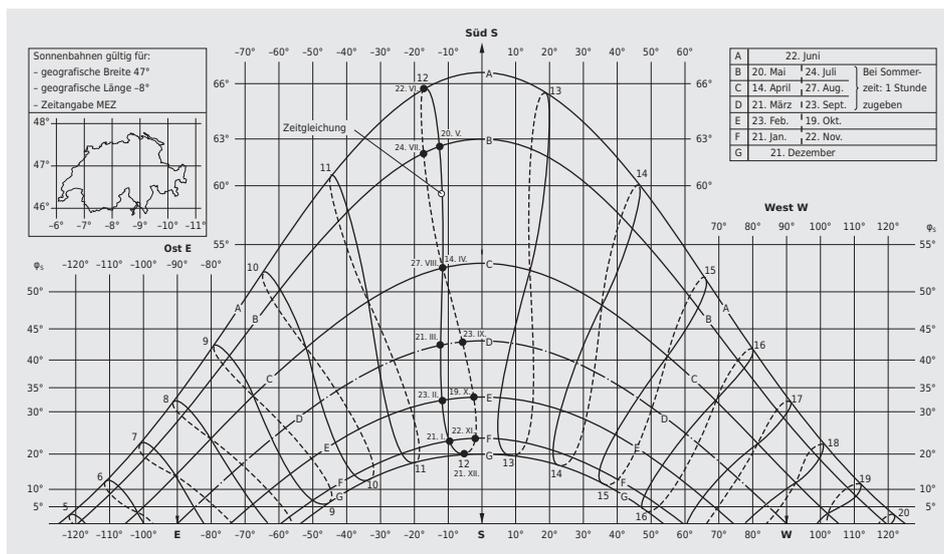
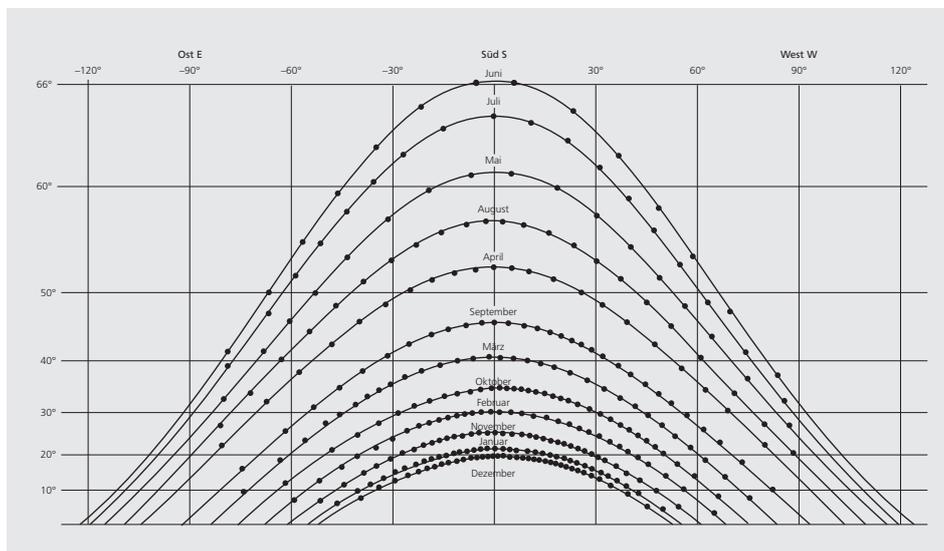


Abbildung 10: Bewertungsdiagramm. Von diesem Blatt im Anhang eine Transparentkopie erstellen und über Abbildung 9 legen.



strahlung etwa zwischen 30° Südost und 30° Südwest statt. Mit einer Solarverglasung (g-Wert-optimiert) mit einem g-Wert über 0,66 und einem U-Wert unter 0,7 W/(m²K) ist, je nach Standort im Hochwinter, meistens ein Nettoertrag zwischen 50° Südost bis 50° Südwest möglich. Die höchsten Erträge bei optimalem Horizont bringen dabei die Ausrichtungen von 15° Südost bis 15° Südwest. Je höher die g-Werte bei gleichzeitig tieferen U-Werten sind, desto weiter Richtung Ost und West reichen die sinnvollen Einsatzmöglichkeiten einer Solarverglasung. (Weitergedacht mit eventuell möglichem superoptimalem Verhältnis von g-Wert zu U-Wert wird auch eine Nordverglasung positiv, besonders bei hohem Diffuslichtanteil.)

Bei Fenstern in eine andere Himmelsrichtung, also West, Ost oder Nord, sollte eine U-Wert-optimierte Verglasung verwendet werden.

In den meisten Fällen kommen heute 3-fach-Verglasungen zum Einsatz. Je nach Entwicklung der g-Werte und U-Werte können mehr Gläser Sinn machen. In Einzelfällen, zum Beispiel im Industriebau mit tieferen inneren Zieltemperaturen, sind auch 2-fach-Solargläser mit höheren g-Werten (zurzeit 75 %) einsetzbar.

Wird das Verhältnis von U-Wert zu g-Wert noch besser, also zum Beispiel $U = 0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $g = 0,6$, würde dies bedeuten, dass mit weniger innerer Masse und kleinerer Südbefensterung das gleiche Resultat erreicht werden kann.

Abbildung 11: Ausrichtung zum Bewertungsdiagramm. Von diesem Bild im Anhang eine Transparentkopie erstellen und mit der Achse «Kollektorebene» verschoben über die Abbildungen 9 und 10 legen. Die «Kollektorebene» ist die Fassadenausrichtung des zu bewertenden Projekts. Nun werden die Punkte auf Abbildung 10 mit den Prozentangaben auf Abbildung 11 pro Monat ausmultipliziert und zusammengerechnet. So erhält man die monatlichen Abschattungen.

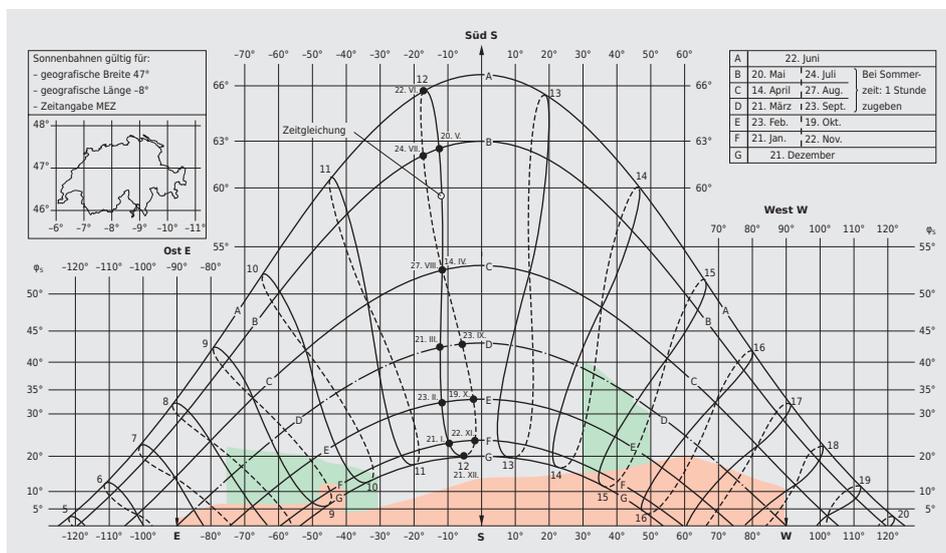
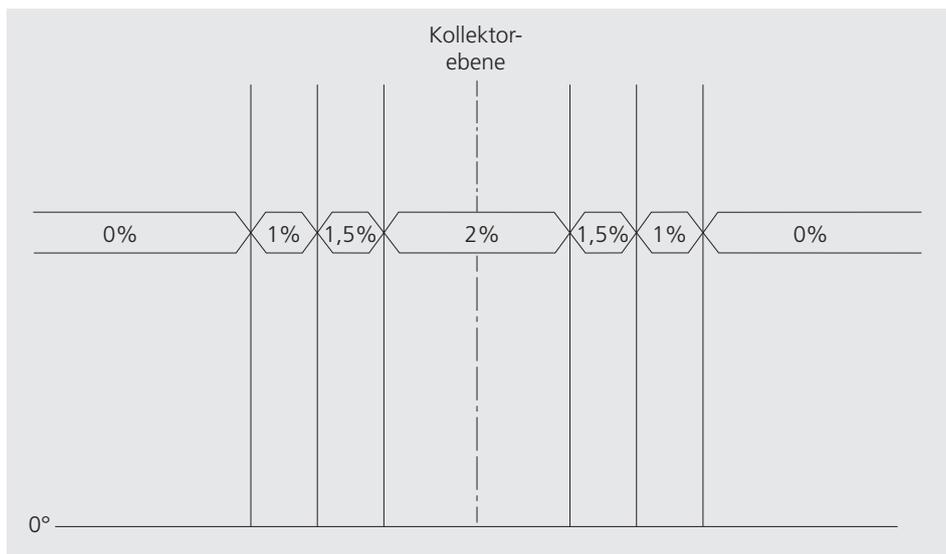


Abbildung 12: Beispiel einer Horizontanalyse.

Aussenform

Bei geschickter Südöffnung kann auch ein etwas ungünstigerer Volumen-Oberflächen-Quotient trotzdem zum Ziel führen. Ein solares Direktgewinnhaus ist ein Wärmeumsatzhaus.

Wichtig ist, dass gegen Süden möglichst viel unbeschattete Glasfläche zur Verfügung steht. Das Glas sollte zudem möglichst weit aussen platziert werden und die

Architektur keine Beschattung durch tiefe Leibungen, Balkone, Vordächer, Fassadenvor- oder -rücksprünge aufweisen. Es kann allerdings Gründe geben, die eine Ausnahme von diesen Regeln gestatten. Ist es aufgrund des architektonischen Konzeptes trotzdem notwendig, tiefe Leibungen zu zeigen, können diese sonnengerecht gestaltet werden.

Abbildung 13: Der Verwaltungsbau Gasser in Chur der ARGE Domenig-Rüedi, Chur, zeigt eine weitestgehend unverschattete Südverglasung ohne Vor- und Rücksprünge.



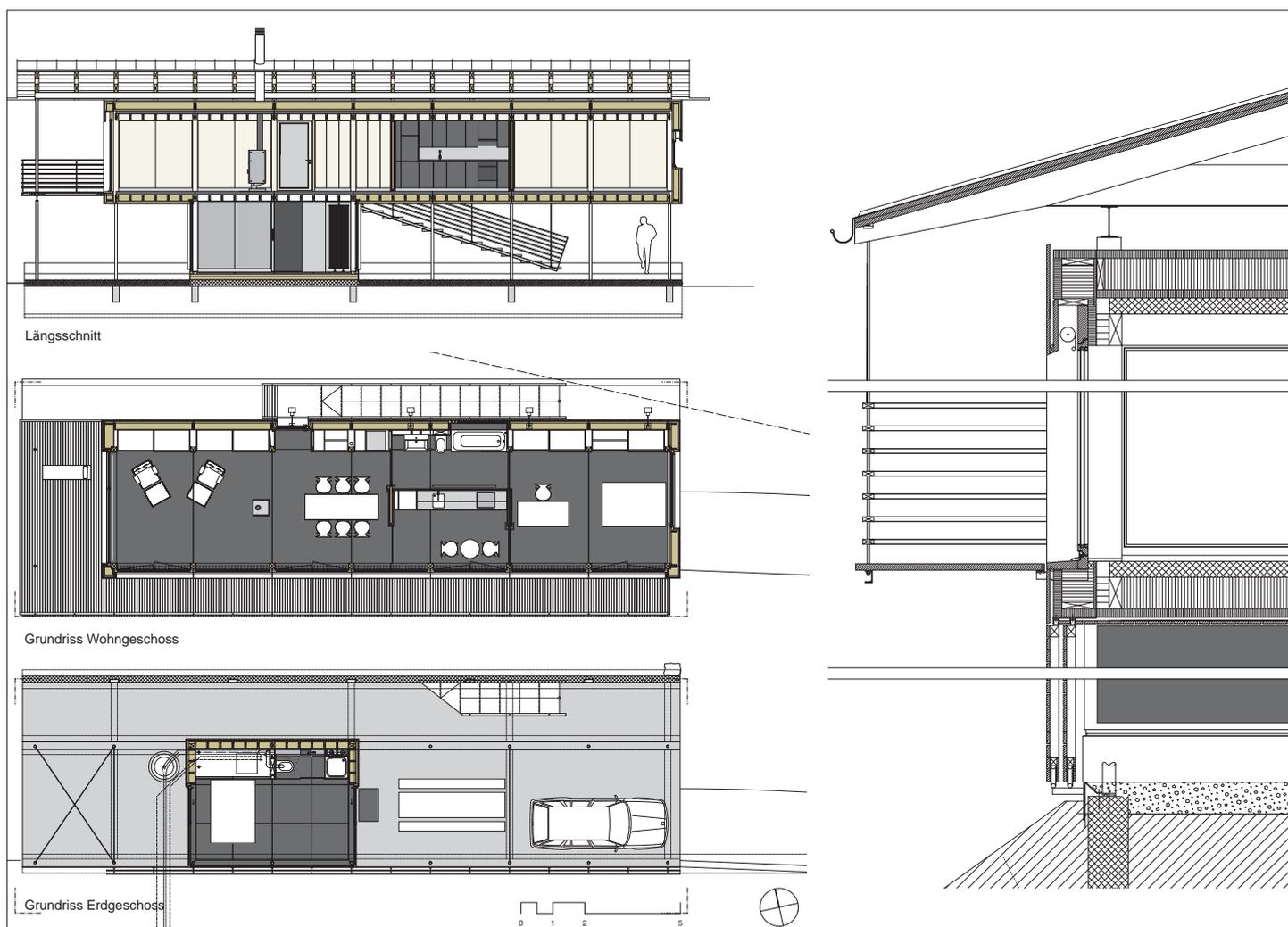
Abbildung 14: Beim Schulhaus Vella (Architektur Bearth und Deplazes, Chur) kann man aufgrund der äusseren Fensterleibungen die leichte Südost-Ausrichtung der Fassade erkennen.



Abbildung 15
(rechts): Beim Haus
Flüeler in Luzein
von Architeam 4,
Basel, ermöglicht
die unbehinderte,
grosszügige Südöff-
nung ein beinahe
Nullheizenergie-
Konzept – trotz un-
günstigem Volu-
men-Oberflächen-
Quotienten (Bild:
Tom Kawara).



Abbildung 16 (un-
ten): Beim Haus
Flüeler ist das ausla-
dende Südvordach,
das eine Totalversch-
attung im Hoch-
sommer gewährleis-
tet, so hoch ange-
bracht, dass ein
Sturzwinkel von
über 30° eine solare
Direktgewinn-Nut-
zung im Hochwin-
ter ungehindert
möglich macht.

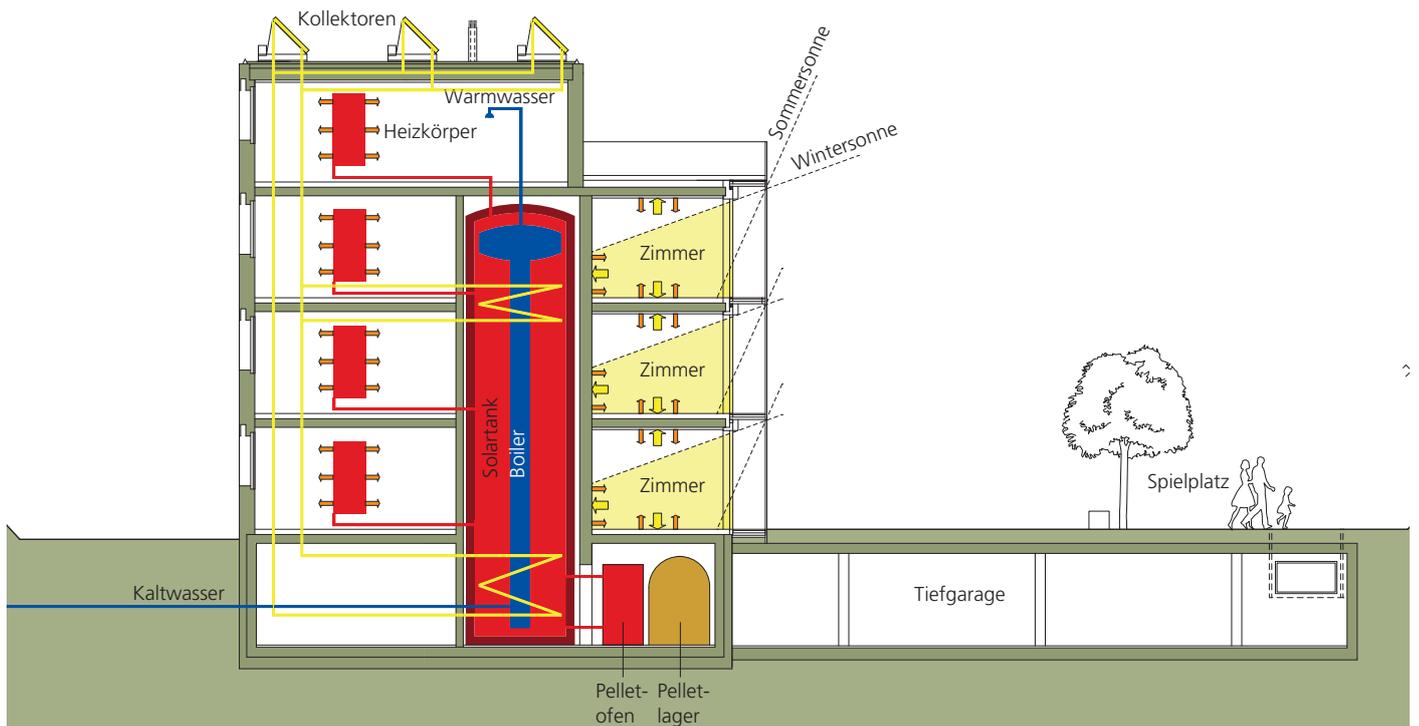
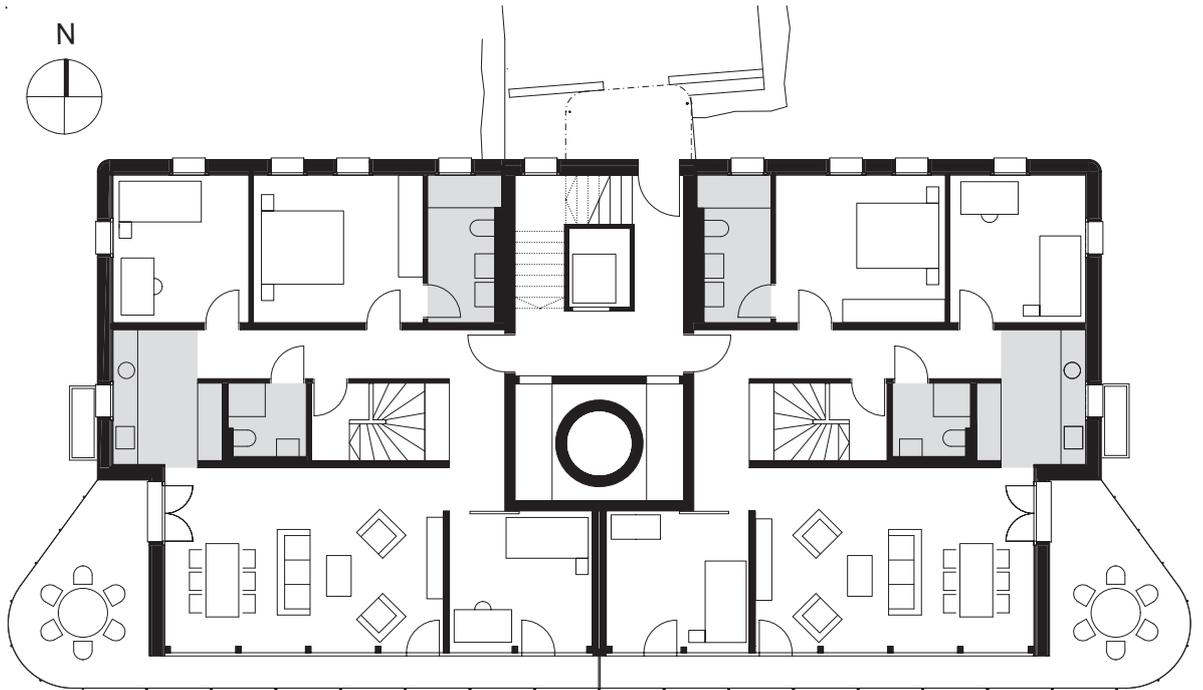


Wenn man sich bewusst ist, dass die Sonneneinstrahlung im Hochwinter etwa zwischen 30° Südost und 30° Südwest stattfindet, sollte die Leibungsgeometrie seitlich angepasst werden.

Auch die Ausbildung des Sturzes ist wesentlich. Am kürzesten Tag steht die Sonne zwar nur mit 20° zur Waagrechten im Zenit, der Sturzanstellwinkel sollte aber grös-

ser als 30° Grad gewählt werden, da sonst die Gewinne Ende Februar und im März wie auch jene im Oktober und Anfang November zu stark reduziert würden. Dies gilt im Speziellen auch für vorgelagerte Balkone oder Vordächer. Diese Beschattungseinflüsse sollten in die monatliche Horizontbeurteilung einfließen und rechnerisch verifiziert werden.

Abbildung 17: Im Mehrfamilienhaus Spreitenbach von 5 Architekten, Wettingen, sieht man hoch angelegte Stege vor der Südfassade mit einem Sturzwinkel von etwa 30° und in die Südwest- respektive Südost-Ecke geschobenen Aussenraum. Diese Anordnung garantiert den vollen solaren Direktgewinn und lichtdurchflutete Wohnräume im Süden.



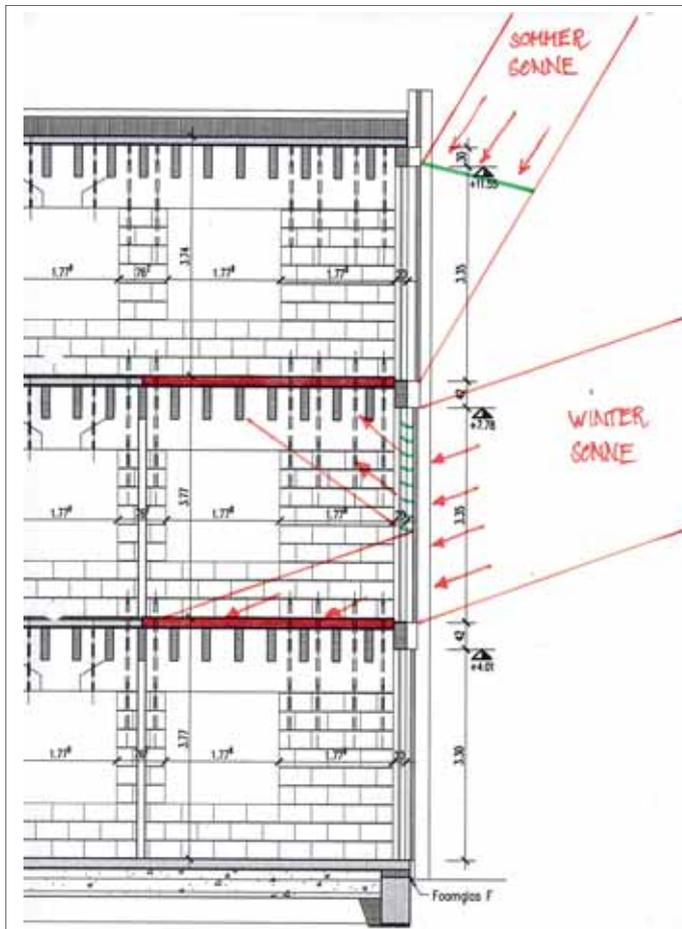
Äussere Beschattung, innerer Blendschutz

Fensterflächen von Südost bis Südwest haben für die Sommer- und Übergangszeit immer einen äusseren Sonnenschutz und für den Winter einen inneren Blendschutz.

Sonnenschutz Südost-Südwest

Da die Sommersonne im Süden sehr hoch steht, ist hier die Beschattung einfach zu bewerkstelligen. Für eine normale Stockwerkshöhe genügt in der Regel ein 1,5 m langer, ausladender Knickarmstoren, eine ausschwenkbare Brüstung oder ein temporäres Vordach, das Mitte April herausgezogen und Anfang Oktober wieder eingeschoben wird. Natürlich kann man auch handelsübliche äussere Storen verwenden. Als einfachste Regeleinrichtung hat sich eine Jahresschaltuhr bewährt, die den Sonnenschutz während der Winterzeit ausser Betrieb setzt (dies bedingt allerdings eine Motorisierung und eine von

Abbildung 18: Die nach der Innentemperatur gerichtete, automatisierte Verschattungs- und Lichtumlenklösung beim Haus Gasser.

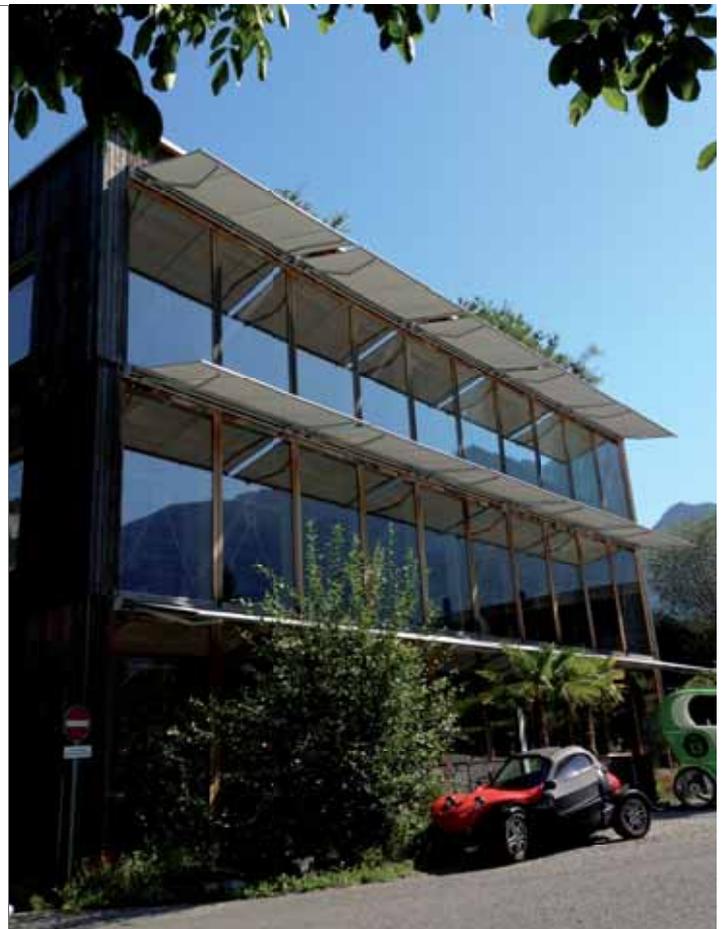


den Bauteilen getrennte Kabelführung, wie sie im Passivhausbau üblich ist).

Sonnenschutz Ost und West

Da die Sommersonne morgens wie auch gegen Abend sehr tief steht, sind nur senkrechte Sonnenschutzvorrichtungen tauglich. Textile Senkrechtstoren ermöglichen bei einem tiefen g-Wert jedoch ledig-

Abbildung 19: Die im Winter abgeschalteten Knickarmstoren als Sommerschattung am Mehrfamilienhaus Terra Nova in Stäfa von Rüedi, Chur.



lich einen marginalen Durchblick. Eine gute Lösung sind in diesem Fall nach wie vor Lamellenstoren. Ost- und Westbeschattungen sind aufgrund des Überhitzungspotenzials mit mehr Sorgfalt zu planen als Südverschattungen, denn tiefe g-Werte sind entscheidend.

Blendschutz im Winter Südost-Südwest

Der innere Blendschutz für den Winter ist ein Schlüsselement im solaren Direktgewinnhaus, da kein äusserer Sonnenschutz in Betrieb sein darf. Die Aufgaben umfassen aber nicht nur den Blendschutz, sondern auch die Lichtumlenkung und die

Verdunkelung. Der innere Blendschutz gehört zur Basisausrüstung eines Sonnenhauses. Man kann Wohnungsmietern nicht im Winter den äusseren Sonnenschutz abschalten und derweil keine bauliche Einrichtung für den Blendschutz zur Verfügung stellen. Ein Schulzimmer funktioniert im Winter nicht ohne inneren Blendschutz (mit Vorteil als Lichtumlenkung konzipiert) und Verdunkelungsmöglichkeit.



Abbildung 20: Innerer Blendschutz im Bürohaus Gasser. Dieser wird durch das Leitsystem bei entsprechender Sonnenstrahlung und Innentemperatur automatisch heruntergefahren. Da sich der Sonnenstand laufend ändert, muss die Endstellung der polierten Lamellen monatlich programmiert werden. Die Umlenklamellen dürfen dabei nicht bis zum Boden reichen, da sonst Sitzende schneller geblendet werden. Ein Kriterium für die Höhe ist, dass keine Sonne auf die Tischplatte fällt. Achtung: Ist der Boden zu hell, kommt es zu Blendeffekten. Ein dunkler Boden kann gleichzeitig als Primärsolarspeicher genutzt werden. Auf diesem Bild sieht man das durch die polierten Lamellen an die Decke umgelenkte Licht. Die Tageslichtnutzung verbessert sich deutlich und die Decke wird zum Primärspeicher.



Abbildung 21: Die breiten, gebogenen und von Hand schwenkbaren Lichtumlenklamellen wurden mit einem Schlosser und einem Schreiner als Prototyp produziert. Mit diesen Lamellen kann auch verdunkelt werden. Wichtig dabei ist, dass die Aussenfläche mindestens eine mittlere Dunkelheit aufweist. So wird die Strahlung nicht nach aussen reflektiert. Die Lamellen absorbieren das Licht und werden warm. Hinter den Lamellen sowie oben und unten muss genügend Raum bleiben, dass die erwärmte Luft zirkulieren kann. Angewendet in einem Musterschulzimmer, das auf Seite 27 und ab Seite 106 ausführlich dokumentiert ist.

Prinzip: Haus als Speicher, Winter und Sommer

Das Haus mit seiner warmseitigen Masse ist der Wärmespeicher. Man sitzt sozusagen im Ofen, alle Flächen strahlen Wärme ab. Eine Erkenntnis ist dabei zentral: Um Wärme aufnehmen zu können, muss die Masse ein wenig wärmer werden dürfen. Um Wärme abgeben zu können, ist es umgekehrt. Damit man im Komfortbereich bleibt, sollte diese langsame Aufwärts- und Abwärtsbewegung der Massentemperatur innerhalb von 3K stattfinden.

Während die Sonne ins Haus strahlt, kann die Lufttemperatur die momentane Massentemperatur auch um 4K übersteigen, ohne dass man dies als unangenehm empfindet. Man wählt dann eine etwas leichtere Bekleidung und genießt die Wärme. Auch für ein gutes Hochsommerklima ist die Hausmasse wesentlich.

In unserem Klima ist eine aktive Sommerkühlung nicht notwendig. Im von aussen gut beschatteten, massiven solaren Direktgewinnhaus ist nächtliche Querlüftung – abgesehen von aussergewöhnlichen Hitzeperioden – ausreichend.

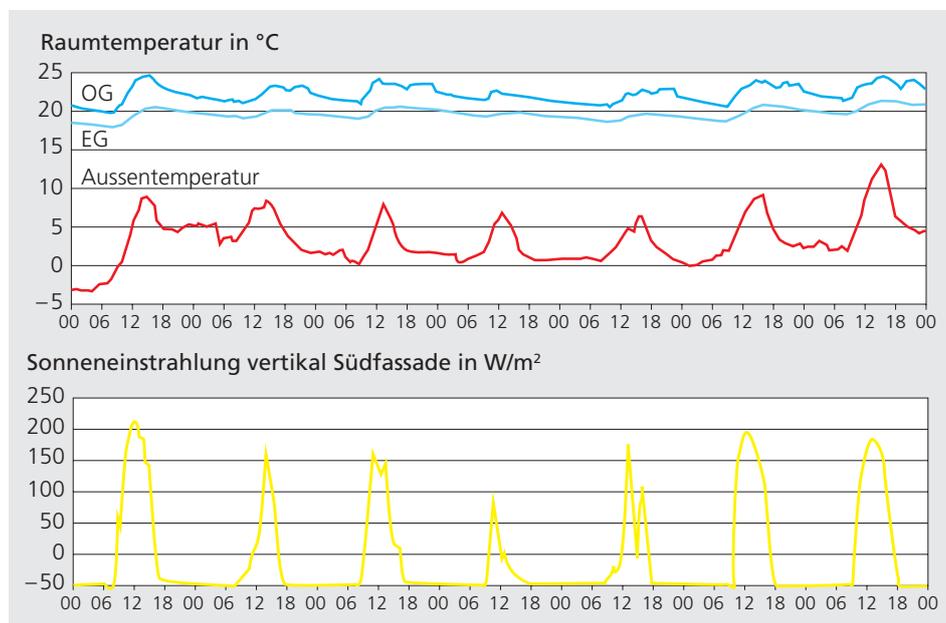


Abbildung 22: Auf diesem Bild sieht man die Dynamik im Nullheizenergiehaus Trin (1. bis 7. Februar 1995). Die Zieltemperatur im Schlafgeschoss betrug 18°C bis 19°C (es können auch problemlos höhere Zieltemperaturen gefahren werden). Das ist der Normalverlauf im Hochwinter. In der Übergangszeit ist ausreichend Sonnenwärme vorhanden.

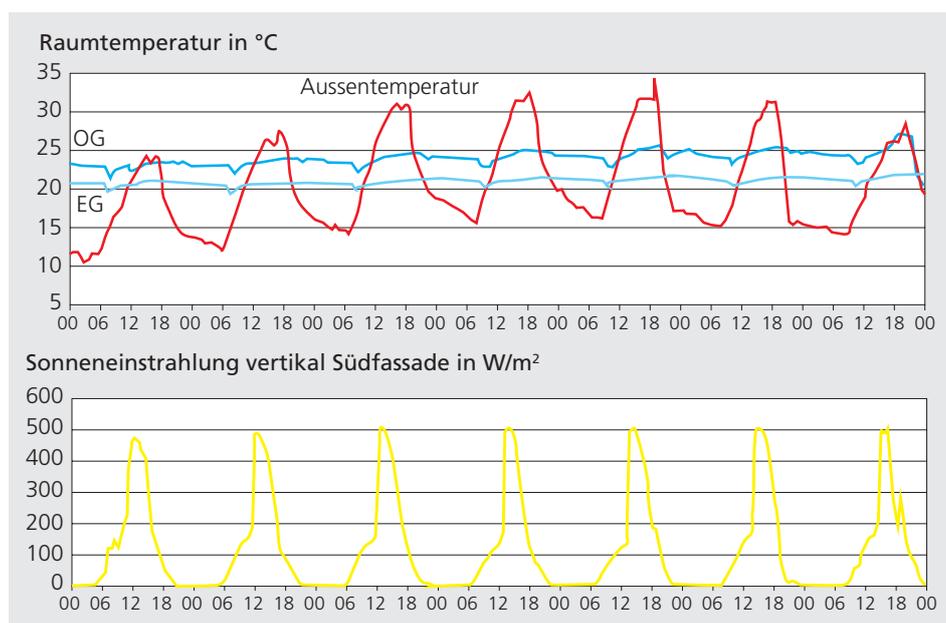


Abbildung 23: Der hohe Sonnenstand vom 6. bis 12. Juli bringt nur noch rund 500 W/m² auf die senkrechte Glasfläche (im Februar rund 1000 W/m²).

Abbildung 24: Sehr hohe Hitzebelastung im Ausnahmesommer 2015 bei voll belegtem Haus Gasser. Im Bild vier schwülheisse Nächte von 20°C bis 22°C und Tagestemperaturen bis 35°C. Dennoch bewegten sich die maximalen Innentemperaturen je nach Stockwerk bei lediglich 25,5°C bzw. 28°C. Die ersten zwei «Normalhochsommertage» von 30°C und Nachttemperaturen von 16°C bis 18°C ergeben nur mit Nachtauskühlung angenehme Innentemperaturen von 23,5°C bis 25,5°C.

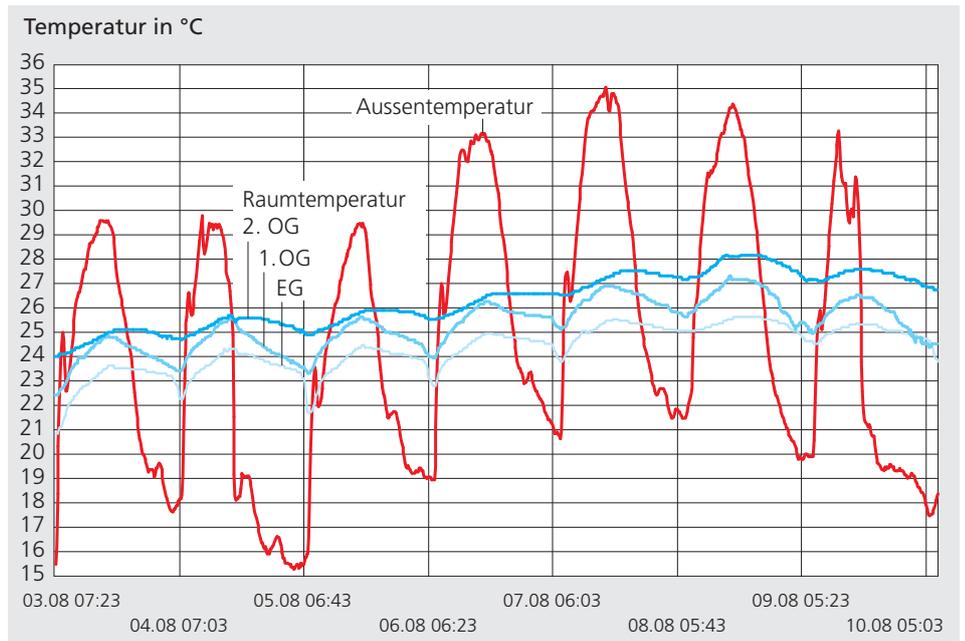


Abbildung 25: Durch das Leitsystem gesteuerte, nach aussen öffnende und wettersichere Fenster beim Haus Gasser. An der Ostfassade werden über Nacht drei, an der Westfassade zwei solche Fenster geöffnet – ab dem 1. Obergeschoss. Es versteht sich von selbst, dass Querlüftungsöffnungen in Erdgeschossen einbruchssicher gelöst werden müssen.



Abbildung 26: Der oft aus feuerpolizeilichen Gründen vorhandene RWA (Rauch- und Wärmeabzug) kann sinnvoll ins Leitsystem integriert und zur Nachtauskühlung eingesetzt werden.

Eine funktionsfähige bauliche Nachtauskühlung stellt allerdings konstruktive und gestalterische Anforderungen, wie die Abbildungen 25 bis 27 zeigen. Die Querlüftungsklappen müssen wettersicher konstruiert sein, dass eine Nachtauskühlung bei grösseren Gebäuden auch automatisierbar wird. Wenn beispielsweise die Querlüftung pro Stockwerk erfolgt, kann dies mit einer Temperaturmessung (Vergleich von Durchschnittsinnentemperatur und Aussentemperatur) ausgelöst werden. Sobald in der Nacht ab 22 Uhr die Aussentemperatur 2 K tiefer ist als die Raumlufthtemperatur, wird geöffnet. Bei kleinerer Temperaturdifferenz wird wieder geschlossen. Eine Querlüftung ist optimal, wenn zwei gegenüberliegende Fassadenflächen, möglichst in der Hauptwindrichtung, geöffnet wer-

den können. Eine Übereck-Lüftung funktioniert aber auch. Dies bedingt eine entsprechende Grundrissgestaltung. Sehr wirkungsvoll sind auch vertikale Luftbewegungen. Dazu dienen beispielsweise (wettersichere) Treppenhäuser mit ohnehin erforderlichen Rauch- und Wärmeabzugsvorrichtungen. Diese können am tiefsten Punkt mit einer mindestens gleich grossen Zuluftöffnung versehen werden. Zusätzlich zu beachten ist die Einbruchssicherheit, dies gilt insbesondere bei Erdgeschoss-Querlüftungen. Querlüftungen sind wichtig und können auch interessante Architekturelemente sein.



Abbildung 27: Die wettersicheren, automatisierten Querlüftungsklappen des ÖKK-Verwaltungsgebäudes in Landquart von Bearth und Deplazes, Chur. Hier sieht man die Beschattungslösung und den inneren Blendschutz mittels Vorhängen. Als problematisch haben sich hier die nicht gelöste Übereck-Verschattung und die aus Kostengründen gewählte 2-fach-Verglasung erwiesen.

Nur Zusatzheizung oder keine Heizung

Ein solares Direktgewinnhaus benötigt nur an wenigen Schlechtwettertagen im Hochwinter eine Zusatzheizung. Diese sollte erst dann zum Einsatz kommen, wenn die Massentemperatur des Hauses den persönlich tolerierten Tiefstwert erreicht (z. B. 21 °C). Die Zusatzheizung sollte so klein konzipiert sein, dass diese Temperatur nur gehalten wird und keine Aufladung der Masse stattfindet. Das Aufladen der Masse ist Aufgabe der Sonne. So ist es auch nachvollziehbar, dass dieser Tiefstwert der Massentemperatur nicht zu tief angesetzt wird – ein Fehler, den viele Nutzer anfänglich machen. Ein solares Direktgewinnhaus liefert während des Winters zu 90% ein Wärmeüberangebot, mit dem man lustvoll umzugehen lernt. Zentralheizungen mit aufwendiger Wärmeverteilung braucht es nicht. In der Regel reicht eine punktförmige Wärmequelle, etwa ein automati-

scher Holzpelletofen, der bei Erreichen des persönlichen Temperaturtiefstwertes zugeschaltet wird.

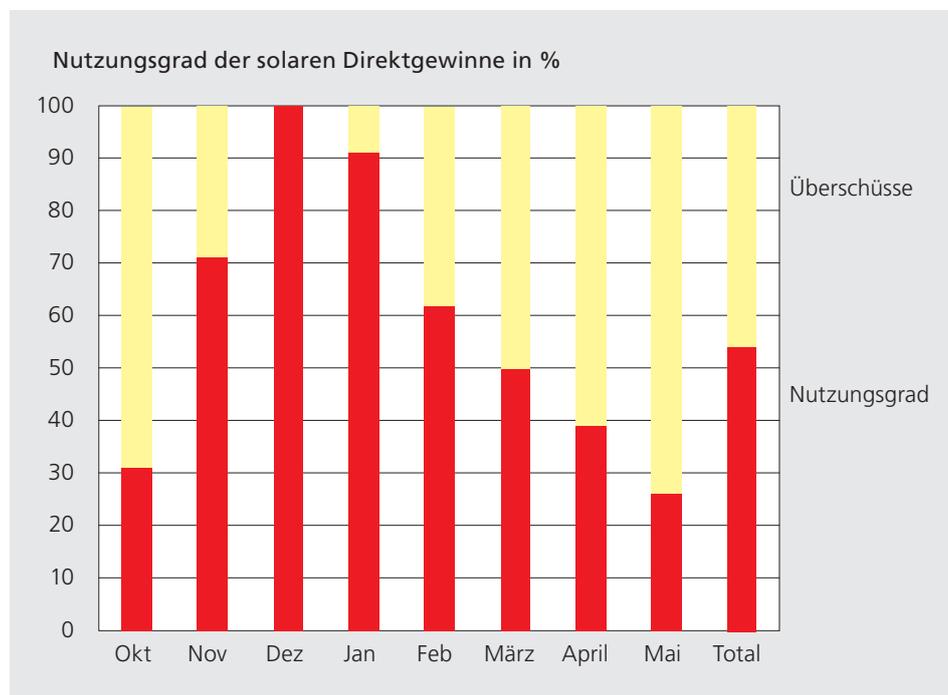


Abbildung 28: Bei einem Haus, das für «Nullheizenergie» konzipiert wird, erfolgt die Auslegung auf den sonnenschwächsten Monat. In Trin ist dies der Dezember. Die Abbildung zeigt, dass in allen übrigen Wintermonaten Wärme im Überfluss vorhanden ist. Im Februar stehen beispielsweise 40% überschüssige Wärme zur Verfügung. In diesem Haus würde auch eine Komfortlüftung wenig Sinn machen. Im Dezember und Januar wird mehrmals täglich eine Stosslüftung durchgeführt, ebenso im Hochsommer. In den übrigen Monaten ist Fensterlüftung fast uneingeschränkt möglich.

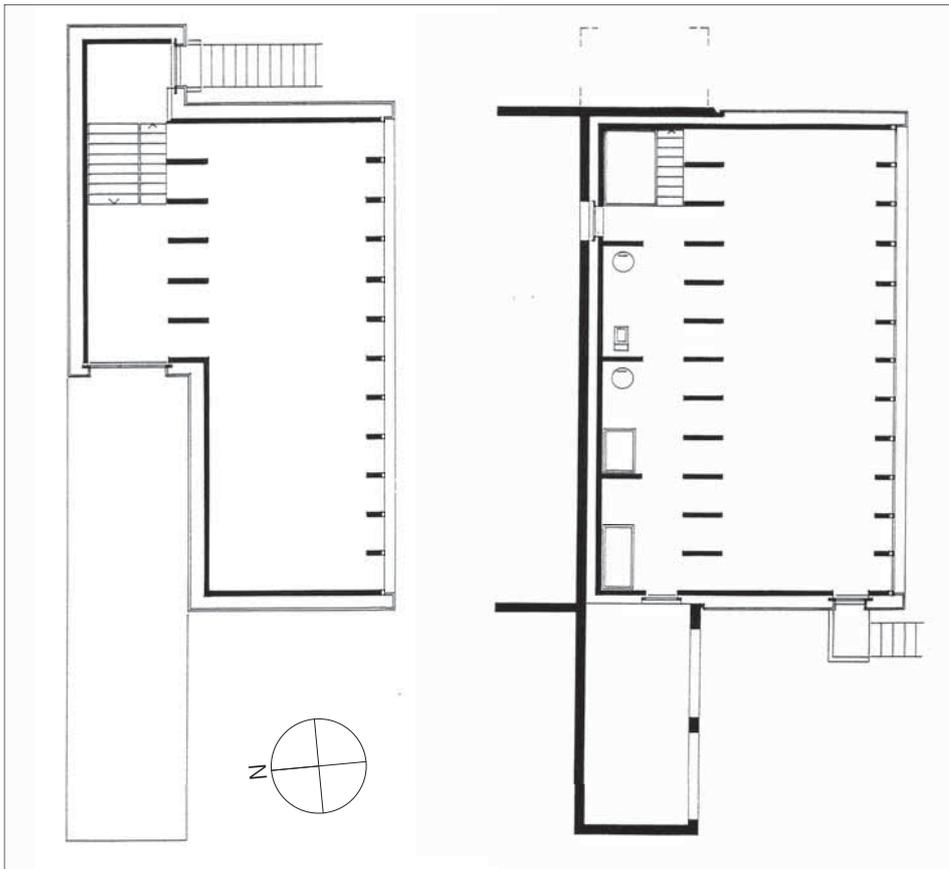


Abbildung 29
(links): Grundrisse
Nullheizenergie-
Haus Trin.

Abbildung 30
(unten): Schnitt.

Abbildung 31 (ganz
unten): Ansicht von
Südost.

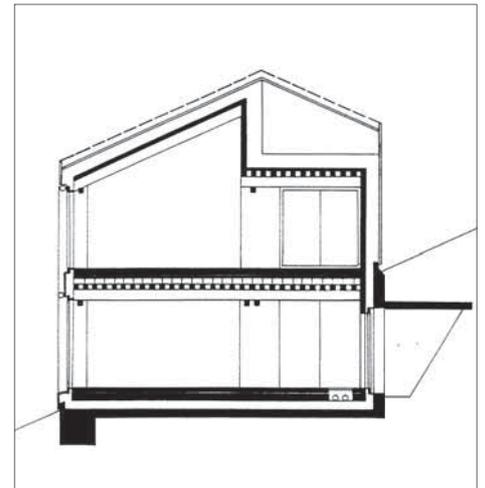


Abbildung 32: In Trin und allgemein in den Bergen kommen längere Schlechtwetterperioden selten vor. In zwei durchgemessenen Wintern gab es die dargestellte Situation nur einmal. Wie man sieht, haben die vier dunklen, kalten Tage die Raumlufttemperatur nur gerade um 3,5 K gesenkt. An den Sonnentagen sieht man die leichte Lufttemperaturüberschwingung, jeweils in der Nacht zeigt das Diagramm die Massentemperatur.

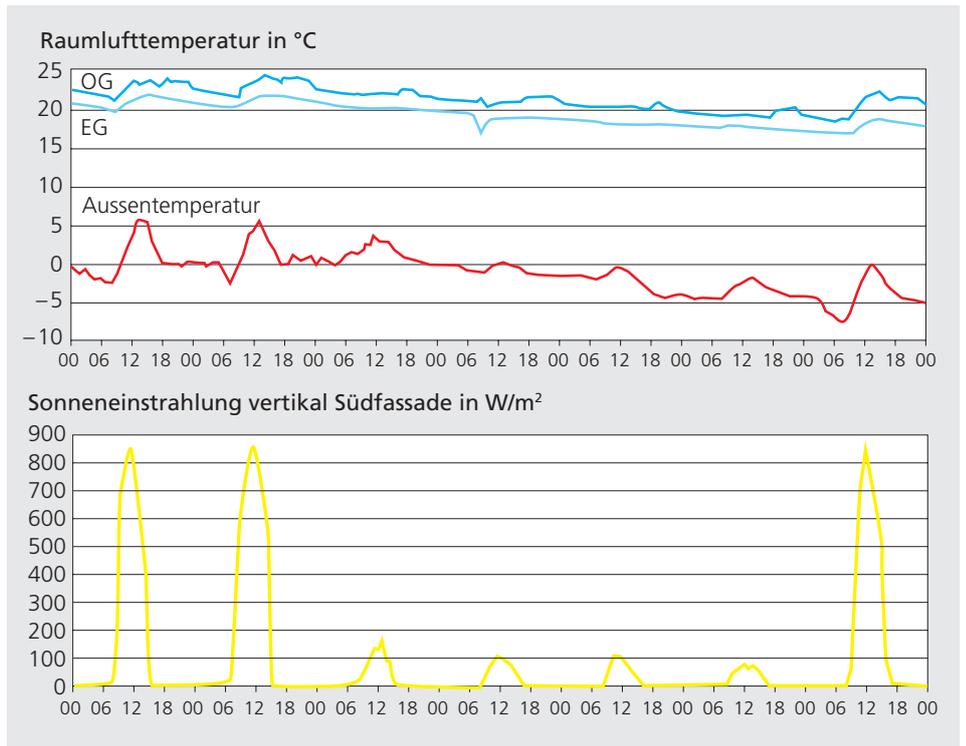
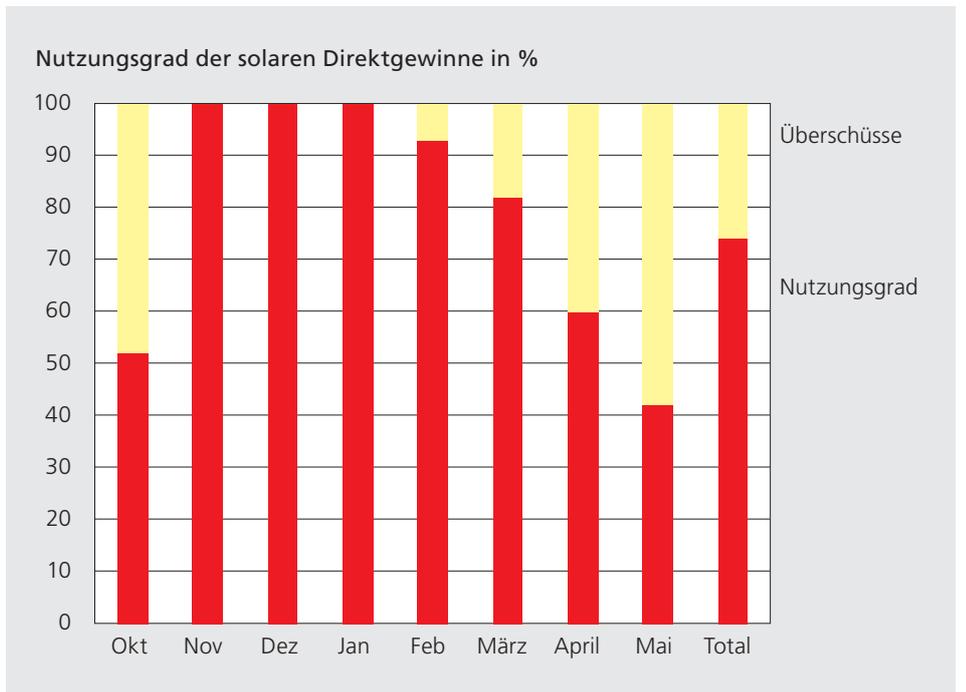


Abbildung 33: Das Verwaltungsgebäude der Gasser Baumaterialien AG in Chur weist etwas weniger Überschüsse auf als das Haus in Trin. Diesem ökonomisch optimierten Direktgewinnhaus (450 Fr./m³) liegt ein «Fastnullenergie-Konzept» zugrunde. Es benötigt lediglich noch 4,5 kWh/m² Zusatzwärme. Diese wird im Erdgeschoss und im 2. Obergeschoss mit je einem 8-kW-Pellet-Aufstellofen ohne aktive Wärmeverteilung bereitgestellt. In der Regel laufen die Öfen erst nach ein bis zwei Schlechtwettertagen an, denn vorher ist genügend Wärme in der inneren Gebäudemasse gespeichert. In einem Verwaltungs- und Verkaufsgebäude mit teilweise hoher Personenbelegung ist eine Komfortlüftung angebracht. Wie oben ersichtlich, beschränkt sich die Heizsaison auf etwa drei Monate und auch dann nur auf längere Schlechtwetterphasen.



Sonnenstrahlungseintrag und Absorptionsleistung

Primärspeicher

Direkt beschienene Bauteile wie Unterlagsboden, Wände und Säulen an der Südfassade.

Sekundärspeicher

Nicht direkt beschienene Bauteile wie Wände und Decken. Speichern Wärme aus der Raumluft und durch langwellige Strahlung.

Um den grossen Wärmeertrag aus Sonnenstrahlung hinter der g-Wert-optimierten Südverglasung nutzen zu können, muss die genügend grosse Wärmeaufnahmefähigkeit der Innenraumoberflächen (Sekundärspeicher) nachgewiesen werden. So kann eine Übererwärmung der Luft verhindert werden und die Räume bleiben ohne Sonnenschutz oder Ablüftung in Bezug auf ihre Temperatur im Komfortbereich. Abbildung 34 zeigt, dass im ersten Moment die Absorption grösser ist als nach 2 Stunden. Dies hat mit der Erwärmung der Oberflächen zu tun. Für eine genügend genaue Abschätzung reicht es aus, einen Mittelwert (nach etwa 2 Stunden) einzusetzen. Der gezeigte einfache lineare Absorptionsnachweis kann als Excel-Tabelle erstellt werden.

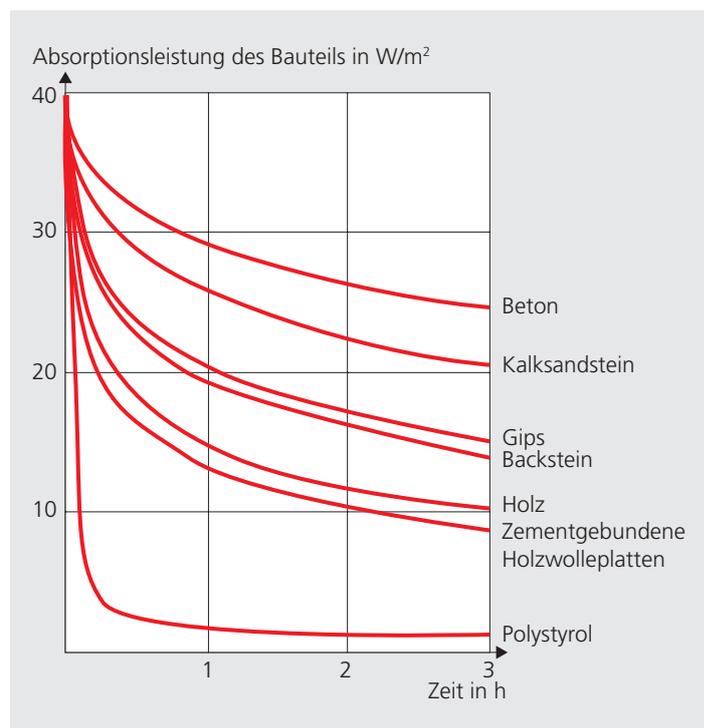
Diese Werte betreffen die nicht direkt sonnenbeschienenen Oberflächen, also die Wärmeaufnahme über Strahlung und Konvektion (Luftbewegung). Direkt beschienene Oberflächen (Primärspeicher) erreichen wesentlich höhere Absorptionsleistungen, sofern sie an der Oberfläche mindestens eine mittlere Dunkelheit und eine ausreichende Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Dadurch werden 50% der Strahlung oder mehr auf der Oberfläche zu Wärme umgeformt, die Oberfläche erwärmt sich stärker und gibt wieder Wärme an die Luft und an Umgebungsflächen ab, sofern der Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und Raumluft dies erzwingt. Bei der Ermittlung der Primärspeicherflächen gilt es mehrere Aspekte zu beachten: Im Hochwinter bewegt sich die Einstrahlung von etwa 30° Südost bis 30° Südwest, die Sonnen-Schatten-Auswirkung «bewegt» sich also über den Raum. Zum einen bedeutet dies, dass nie die gesamte Fläche beschienen wird, zum anderen kann in der Gestaltung bewusst mit verschiedenen Lichtszenarien gearbeitet werden, also mit der Sinnlichkeit des Lichts. Je nach Oberflächenfarbe, Widerschein und Sonnenstand kann man so die Tages- und Jahreszeit inszenieren.

Abbildung 34: In die Abschätzberechnung ist die Absorptionsleistung nach 2 Stunden einzusetzen.

Abbildung 35: Absorptionsberechnung. Der Zusammenhang der Absorptionsleistungen sollte gleich viel oder mehr Absorptionsleistung ergeben als die um den g-Wert reduzierte Sonneneinstrahlung auf die unbeschattete Glasfläche. Dieses Beispiel Casa Felice hat also keine Überhitzungsprobleme, trotz überwiegender Massivholzbauteile.

■ **Mobiliar, Fenster:** Es empfiehlt sich, die Südfenster bis an den Boden zu ziehen, da die Flächen direkt hinter der Verglasung meistens frei bleiben und als Primärspeicher voll nutzbar sind. Für die übrigen Flächen muss eine Abdeckung durch Mobiliar abgeschätzt und in Abzug gebracht werden.

■ **Böden mit Primärspeicherzuschlag:** Für Steinböden mittlerer Dunkelheit, z.B. aus geschliffenem Beton oder Zement-



Approximative Absorptionsberechnung			
Bauteil	Oberfläche in m ²	Absorptionsleistung in W/m ²	Absorptionsleistung in W
Holz: Holdecke EG+OG	144	12	1728
Holz: Holzboden EG+OG	96	12	1152
Holz: Aussenw.	120	12	1440
Holz: Dachunters. 3x	165	12	1980
Holz: Innenwände	60	12	720
Gips		17	0
Backstein		16	0
Kalksandstein	32	23	736
Kalksandstein		23	0
Kies/Erdreich		23	0
Beton	48	26	1248
Beton	60	26	1560
Summe Absorptionsleistung			10564
Sonnenleistung	Süd-Fensterfläche in m ² : 12.5	Sonnenstrahlung in W/m ² : 600	Dez.-Leistungsangebot in W: 7500

unterlagsböden mit Steinzeug- oder Natursteinplatten, kann für die beschienenen Flächen ein Zuschlag zum Sekundärspeicherwert von etwa 50 W/m^2 angenommen werden. Es kann von einer etwa 50 % höheren Eindringtiefe ausgegangen werden. Dies bedeutet Folgendes: Weist normalerweise ein Unterlagsboden etwa 9 cm Bauhöhe auf, kann der permanent direkt beschienene Teil des Steinbodens sinnvollerweise 13 cm Gesamtstärke aufweisen. Sobald ein Holzparkett- oder ein Teppichboden auf dem Unterlagsboden angebracht wird, ist die Absorptionsleistung sehr viel kleiner. Ein vollverklebtes, dunkles Hartholzparkett erreicht etwa 20 W/m^2 Primärplus Sekundärabsorption, während ein getrennt aufgelegtes Parkett, ein Laminat oder ein Teppich die Absorption fast vollständig verhindert. Platten- oder Natursteinböden sollten im «Mittelbett» verlegt werden, also den Vollkontakt zum Unterlagsboden ohne Lufteinschluss oder Trittschalldämmung garantieren.

■ **Wände mit Primärspeicherzuschlag:** Die wirkungsvollsten Flächen sind auch hier jene Wände, insbesondere Zwischenwände, die direkt an die Fensterfläche führen. Auch diese können eine mittlere Dunkelheit aufweisen und dadurch mehr verwertbare Eindringtiefe generieren. So kann beispielsweise auch eine Wohnungstrennwand in Beton oder Kalksandstein voll genutzt werden. Dunkle Raumboflächen reduzieren allerdings die Beleuchtungseffizienz. Dies sollte berücksichtigt werden.

Innere Speichermasse und Schlechtwettersicherheit

Hinter der Materialoberfläche der Raumbegrenzung muss eine genügend dicke Materialschicht ausgewiesen werden, um über die ganze Zeit der Strahlungs- und Wärmeeinwirkung die Absorptionsleistung zu gewährleisten und so erst eine Energiespeicherung zu ermöglichen. In Tabelle 1 ist die Eindringtiefe bei 4-stündiger und bei 8-stündiger Einwirkung ersichtlich. Massgebend für den Hochwinter ist die Eindringtiefe bei 4-stündiger Einwirkung, da die Sonne nicht länger kraftvoll scheint.

Diese relativ geringen Eindringtiefen lassen den Schluss zu, dass Innenwände und Zwischendecken die ökonomischsten Speicher abgeben, da die Eindringtiefe von beiden Seiten anrechenbar ist und sinnvolle aktive Konstruktionsstärken ergeben. Zur spezifischen Eignung der Bauteile kann Folgendes ausgesagt werden.

■ **Böden:** Steinböden in südorientierten Räumen sind sehr effizient als Primär- und Sekundärspeicher, können allerdings nicht als Alleinspeicher eingesetzt werden. Sind Wände und Decken Leichtbauteile, so stellt sich schnell ein Heissluftpolster in der oberen Raumlufthälfte ein und das Raumklima wird unangenehm. Eine Abdeckung von Böden durch Möbel und Teppiche ist zu vermeiden.

■ **Wände:** Die Wände dienen vorwiegend als Sekundärspeicher. Sie könnten auch als Alleinspeicher eingesetzt werden, erreichen aber in der Regel eine zu kleine Absorptionsleistung. Sie können teilweise durch Möbel und Bilder abgedeckt sein.

Tabelle 1: Baustoffkenngrößen für das Speicherverhalten. Von Interesse ist in erster Linie die aktive Dicke bei $t = 4 \text{ h}$. Im Dezember und Januar scheint die Sonne nur etwa 4 Stunden kraftvoll.

	Wärmeleitfähigkeit	Dichte mal spezifische Wärme	Aktive Dicke		Wärmeeindringzahl
	λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\rho \cdot c$ $\text{Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$	$t=4 \text{ h}$ cm	$t=8 \text{ h}$ cm	$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$ $\text{Wh}^{1/2}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$
Beton	1,8	700	10,1	14,3	35
Kalksandstein	1,0	470	9,2	13,0	21,6
Gips	0,58	280	9,1	12,9	12,7
Backstein	0,44	290	7,8	11,0	11,3
Holz	0,15	350	4,1	5,9	7,2
Polystyrol	0,04	7,6	14,5	20,5	0,6

■ **Decken** sind in der Regel sehr effiziente Sekundärspeicher, können mit Lichtumlenkung aber auch zu Primärspeichern werden. Deckenflächen sind problemlos, da sie fast immer frei bleiben. Zur Absorptionsleistungserhöhung haben sich vergrößerte Oberflächen bewährt. Es gibt keinen Konflikt zu erhöhten Raumakustikanforderungen. Mehr Oberfläche bringt immer eine bessere Akustik. Im Musterschulzimmer (Abbildung 37) hat sich durch Messungen bestätigt, dass ein Balkenraster mit leicht konischen Zwischenräumen sehr gute Akustikresultate bringt. Falls klassische Akustikpaneele eingesetzt werden, sollten sie kleinteilig mit genügend Zwischenraum und Distanz zur Masse montiert werden,

so dass die Raumluftzirkulation gewährleistet bleibt. Decken oder Decken-Boden-Systeme eignen sich gut als Alleinspeicher. Mit der für die meisten Menschen im Komfortbereich liegenden Schwankung von 3 K zwischen Raumluft- und Massetemperatur (z. B. 21 °C / 24 °C) lässt sich die Speicherkapazität der Bauteile im Eindringtieftiefenbereich errechnen. Die so aufsummierte Energiemenge wird mit dem durchschnittlichen Tageswärmebedarf im schlechtesten Monat (Dezember oder Januar) ohne Strahlungsgewinne verglichen. Der Monatsmittelbedarf kann aus der Berechnung nach SIA 380/1 herausgelesen und auf einen Tagesbedarf runtergerechnet werden. Die errechnete Speicherener-



Abbildung 36: Die eng gerasterte Schnittholzspeicherdecke mit aufgelegten 7 cm starken Massiv-Kalksandsteinplatten und die 4 cm starke Schnittholz-Wandverkleidung bilden die Hauptspeichermasse im Minergie-P-Direktgewinn-Einfamilienhaus Jakob, Brienz, von Schilt, Langnau.



Abbildung 37: Die Stadt Chur realisierte im Jahr 2013 ein Musterschulzimmer, das durch solare Direktgewinnoptimierung und Abwärmenutzung von Schülern 45 % des Wärmebedarfs einspart. Gut sichtbar ist die zusätzliche Speichermasse mit Föhrebälkchen, Lichtumlenkung, Solarglas, Lüftungsgerät und Storensteuerung.

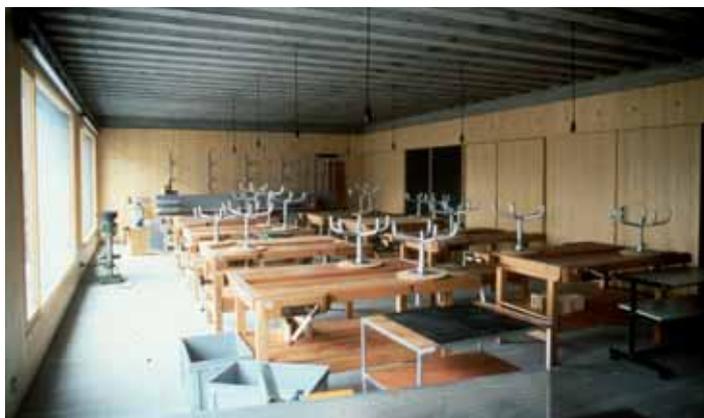


Abbildung 38: Das Schulhaus Vella hat eine Betondecke mit 20 cm breiten und 20 cm hohen Rippen, die im Vergleich zu einer üblichen Decke die doppelte Absorptions- und Speicherwirkung erreicht. Mit den lichtumlenkenden Innenstoren kann das Angebot zur Speicherung noch erhöht werden.

Abbildung 39: Im Modulbausystem Living-Box von Architeam 4 und Ruwa Holzbau werden die Boden-Decken-Module zur Absorption und Speicherung eingesetzt. Die auf dem Rütteltisch als Holzbeton-Verbund produzierten Teile kommen fertig auf die Baustelle. Beton und Holz speichern die Sonnenwärme (Bild: Tom Kawara).



gie sollte mindestens einem Tagesbedarf entsprechen, dann hat das System eine genügend grosse Trägheit – dies könnte man die Schlechtwettersicherheit nennen. Das Nullheizenergie-Haus in Trin verfügt über 4 Tage Schlechtwettersicherheit. Dies reicht in den Alpen – auch bei deutlich höheren Lagen als Trin mit 940 m. ü. M. –, um ohne Zusatzheizung auszukommen. In der Regel ist es nur an Schönwettertagen nachts sehr kalt, als Folge der nächtlichen Abstrahlung in den Nachthimmel. Dieses Phänomen hat eine Oberflächenabkühlung unter die Lufttemperatur zur Folge. Auf diese Art entsteht beispielsweise auch die Eisschicht auf der Auto-scheibe, da die wärmere und feuchtere

chere Luft auskondensiert. Bei Bewölkung entfällt dieser Effekt, es bleibt wärmer. In Nebellagen, aber auch in Inversionslagen im Mittelland, in denen unter der Bewölkung während Tagen Minusgrade vorkommen können, braucht es eine einfache Zusatzheizung. Eine Schlechtwettersicherheit von 1 bis 2 Tagen macht Sinn. Da eine mehrtägige Schlechtwettersicherheit mehr innere Masse und hervorragende Dämmwerte um 0,12 W/(m²K) benötigt, was höhere Baukosten, längere Bauzeit und mehr graue Energie zur Folge hat, kann eine Zusatzheizung auch aus ökonomischen Gründen Sinn machen. So auch im Verwaltungsbau Gasser: Die Schlechtwettersicherheit liegt bei 1,5 Tagen, die U-Werte der Bauteile betragen 0,15 W/(m²K), die gemessene Energiekennzahl Wärme 4,5 kWh/(m²a) – also mehr als dreimal tiefer als bei einem Minergie-P-Bau und die Baukosten mit 450 Fr./m³ auf dem Niveau des konventionellen Bauens. Für die 2100 m² grosse Gewerbefläche braucht es lediglich 2 Pelletaufstellöfen mit je 8 kW Leistung als Zusatzheizung.

Abbildung 40: Zur Berechnung der Speicherenergie kann eine Excel-tabelle eingesetzt werden. Das Beispiel Casa Felice zeigt hier, dass gut sechs Stunden Sonnenschein in der Masse speicherbar sind. Das Haus benötigt bei 0°C und ohne solare Gewinne etwa 40 kWh Wärme pro Tag (der SIA-380/1-Berechnung entnommen). Die Schlechtwettersicherheit des Hauses beträgt also rund 1,25 Tage.

Approximative Absorptions- und Speicherberechnung								
Bauteil	Oberfläche in m ²	Absorptionsleistung in W/m ²	Absorptionsleistung in W	Temperaturspanne in K	Eindringtiefe in m	Volumengew.kg/m ³ in kg/m ³	Spez. Wärme in Wh/kgK	Speicherenergie in Wh
Holz: Holdecke EG+OG	144	12	1728	3	0.05	475	0.6	6156
Holz: Holzboden EG+OG	96	12	1152	3	0.06	475	0.6	4925
Holz: Aussenw.	120	12	1440	3	0.05	475	0.6	5130
Holz: Dachunters. 3x	165	12	1980	3	0.04	475	0.6	5643
Holz: Innenwände	60	12	720	3	0.05	475	0.6	2565
Gips		17	0	3	0.09	1000	0.22	0
Backstein		16	0	3	0.08	1100	0.26	0
Kalksandstein	32	23	736	3	0.06	1800	0.26	2696
Kalksandstein		23	0	3	0.06	1800	0.26	0
Kies/Erdreich		23	0	3	0.06	1800	0.26	0
Beton	48	26	1248	3	0.1	2400	0.3	10368
Beton	60	26	1560	3	0.1	2400	0.3	12960
Summe Absorptionsleistung			10564					
Sonnenleistung	Süd-Fensterfläche in m ²	Sonnenstrahlung in W/m ²	Dez.-Leistungs- angebot in W	$\cdot g \cdot \Delta t$				
	12.5	600	7500					
Energieinhalt der aktiven Masse bei 3K Temperaturunterschied								50442
Schlechtwettersicherheit bei Durchschnittstemp. im Jan. ohne Solargewinne				Transm.wärmeverl. in Wh/d	Lüftg.wärmeverl. in Wh/d	Gewinne oh. Solar in Wh/d	Tagesbedarf in Wh	39800

Architektur und Technik

Qualität, Materialisierung, Lebenszyklusorientierung

Wie bereits angemerkt, definierte Hans Carl von Carlowitz 1713 den Begriff der Nachhaltigkeit. Es ging damals um massive Rodungen von Wäldern und um die Erkenntnis, dass die Zinsen (Wachstum der Bäume, Holzproduktion) langfristig nur dann geerntet werden können, wenn der Kapitalstock (der Wald selbst) unangetastet bleibt. Eine visionäre Entdeckung, die besagt, dass das Handeln und die Entschiede langfristig bedacht sein sollen. Heute nennt man diese Sichtweise «Enkeltauglichkeit», und die Erkenntnis aus diesem Kernprinzip könnte dazu dienen, die globalen Ressourcenprobleme zu bewältigen.

In erster Linie ist jedoch gute, zeitgenössische und qualitätsvolle Architektur zu fordern, die städtebauliche, raumplanerische und architektonische Aspekte ebenso erfüllt wie die Postulate der Nachhaltigkeit.

Die Empfehlung SIA 112/1 «Nachhaltiges Bauen – Hochbau» kann als Basis für eine Zieldefinition von Weiterbauprojekten dienen. Die Beachtung dieser Kriterien verhindert keineswegs gute Architektur, sondern sie tragen, in der Analyse und im Planungsprozess angewendet, dazu bei, die Projekte in die Tiefe und Breite zu entwickeln und präziser nachzudenken.

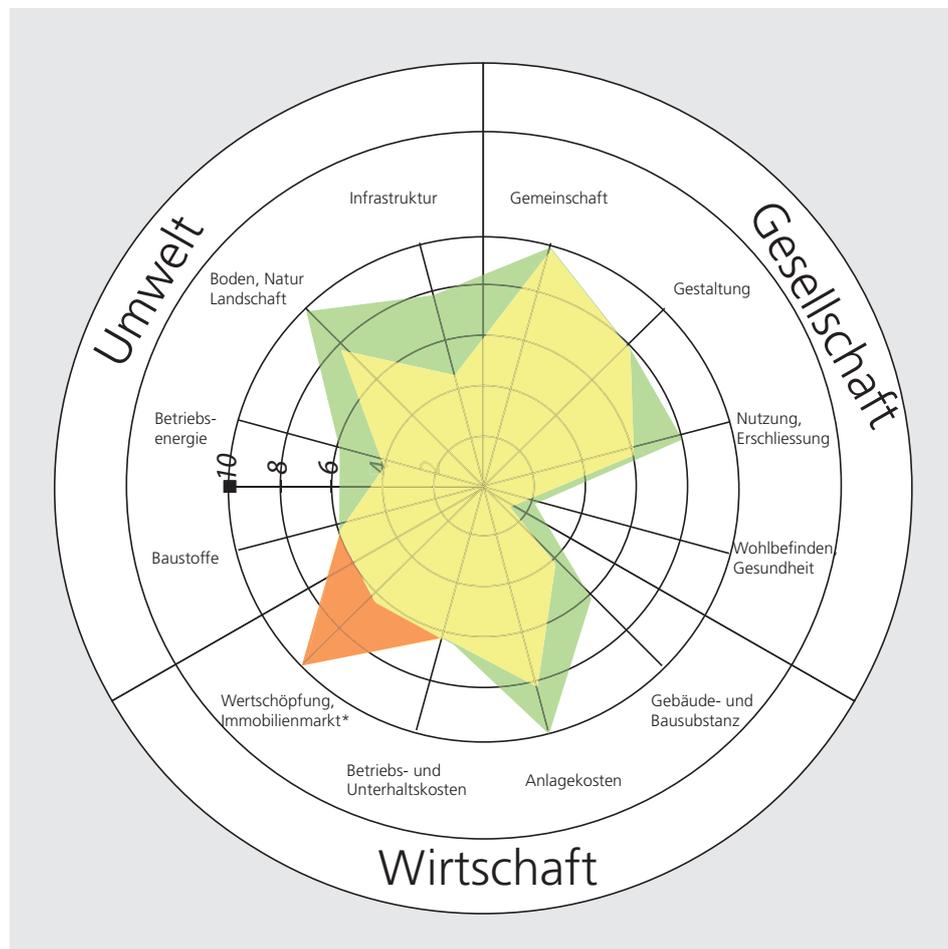


Abbildung 41: Die doppelte Nachhaltigkeitsrosette von Alfred Breitschmid für die Beurteilung eines Projektes vor und nach dem Eingriff. Basierend auf der Ausgangssituation (gelbe Fläche) werden Verbesserungen (grüne Fläche) oder Verschlechterungen (rote Fläche) ausgewiesen.

* nicht Teil der Empfehlung SIA 112/1, Ergänzung der Autoren (Quelle: Erneuerung: Nachhaltiges Weiterbauen. Peter Schürch, Dieter Schnell, Faktor Verlag, 2011).

Anforderungen an heutige Gebäude

Zukunftsfähigkeit

■ Nimmt zukünftige Entwicklungen vorweg, ist flexibel und kreativ.

Innovation, Inter- und Transdisziplinarität

■ Teamarbeit ist unabdingbar, um die vielfältigen Aspekte zu bewältigen und zu bearbeiten.

■ Integrale, innovative Lösungsansätze, Weiterentwicklung von altem, regionalem Bauwissen.

Ökonomische Leistungsfähigkeit

■ Das Projekt ist über den ganzen Lebenszyklus für den Investor und die Nutzer wirtschaftlich tragbar.

Gesellschaftliche Relevanz und Sozialverträglichkeit

■ Betroffene und Bewohnerschaft sind miteinbezogen. Lebenswerte Aussenräume, Gemeinschaftsräume, Gesundheit, Behaglichkeit.

Ökologische Verantwortung

■ Energie- und Ressourceneffizienz, Biodiversität, Lebenszyklus, Mobilitätsaspekte.

Kulturelle Leistung und ästhetische Qualität

■ Das Projekt stellt eine zeitgemässe kulturelle Leistung dar und überzeugt mit einer hohen gestalterischen Qualität.

Mögliche Lösungsansätze sind zukünftig nicht ausschliesslich auf das einzelne Bauwerk beschränkt, sondern übergreifend im Quartier, in der Siedlung und in den Regionen auszuarbeiten. Dabei sind auch radikale Lösungen zu prüfen, die möglicherweise von einer starken Peripherie und von impulsgebenden Zentren ausgehen, die eine Schweiz der Regionen entstehen lassen, welche unsere Siedlungsstruktur stärkt, Innovationen aufnimmt und sensibler mit der Ressource Raum umgeht. Anstelle von Konkurrenzsituationen unter den Gemeinden bezüglich Steueraufkommen braucht es eine tragfähige und kons-

truktive Kooperation. Unsere überbordende Mobilität und der damit verbundene Landverschleiss kann nur durch eine Raumplanung gestoppt werden, die Einzelinteressen vor dem Blick für das Gesamte zurücknimmt.

Das Wissen und die Kompetenzen in Bezug auf energieeffiziente Gebäude, Quartiere oder Städte sind genauso vorhanden wie die Fähigkeit, die Mobilität effektiver und emissionsarm zu ermöglichen. Fangen wir heute damit an. Wir werden nur gewinnen, wenn wir uns so rasch wie möglich der neuen Rahmenbedingungen bewusst werden und die in der Architektur langen Zeiträume vor Augen halten. Heute finanzieren, planen und bauen wir die Gebäude für das «nachfossile» Zeitalter.

Nachhaltiges Weiterbauen mit solaren Konzepten

Was einst selbstverständlich war, rückt neu in den Fokus als wichtige, anspruchsvolle und komplexe Bauaufgabe. Das Weiterbauen, Umbauen und Sanieren des Gebäudebestandes ist eine zentrale Herausforderung für die Energiewende. Durch die Verknappung von Ressourcen, den Klimawandel, gesellschaftliche Trends, neue gesetzliche Vorschriften und steigende Komfortansprüche sind Gebäudeeigentümer heute gefordert, ihren Baubestand vorausschauend zu unterhalten und Schritt für Schritt zukunftsfähig umzubauen. Dieses Weiterbauen an bestehenden Bauwerken verlangt mit den nachhaltigen und hohen gestalterischen Zielsetzungen neue, innovative und umfassende Konzepte.

Heute sind eine präzise Analyse, eine Wertschätzung der Bausubstanz, eine detaillierte Diagnose des Bauwerkes mit Einbezug der Umgebung und der Aussenraumgestaltung gefragt. Daraus sind wirtschaftlich, gesellschaftlich, energetisch, technisch und architektonisch relevante Aspekte herauszuarbeiten und neue ganzheitliche, langfristige, auch radikale Lösungsstrategien zu definieren.

Baubiologie

Die Sonne spielt eine zentrale Rolle im baubiologischen Haus, sie spendet Licht, wärmt die Bewohner, verdampft Wasser, trocknet und setzt den Rhythmus von Tag und Nacht.

Baubiologen helfen in Planung, Handwerk und Gebäudeanalytik, Störquellen zu vermeiden, zu erkennen und zu beheben. Sie achten beim Bauen auf ökologische Grundlagen und Auswirkungen. Im Mittelpunkt steht dabei die Gesundheit des Menschen in seiner gebauten Umgebung.

Abbildung 42: Themenbereiche der Baubiologie: Konzentriert sich das Bauen nur auf den Aspekt Energie, wird eine Vielzahl wichtiger Themen nicht berücksichtigt.

Wohnklima

Scheint die Sonne in den Raum, so benötigen wir Masse, welche die eingestrahlte Wärme speichern und zeitversetzt wieder abgeben kann. Steigt die Temperatur im Raum an, verändert sich auch die relative Feuchte der Luft. Naturbelassene Baustoffe können Feuchtigkeit aufnehmen und wieder an den Raum abgeben. Dass sie auch geruchsneutralisierend sind, ist eine zusätzliche Qualität.

Baubiologen bevorzugen Baustoffe, die einen Mehrwert für das Innenraumklima darstellen und neben der gestalterischen

Abbildung 43: Das Deutsche Institut für Baubiologie und Nachhaltigkeit IBN hat die 25 Grundregeln der Baubiologie definiert.

Bauphysik



Raumklima



Schall



Licht + Farbe



Pilzsporen

Elektromog



Elektrische + magnetische Wechselfelder



Radio- + Fernsehwellen

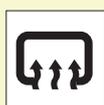


Mobilfunk + WLAN

Bodeneinflüsse



Geomagnetfelder



Radon



Erdgitter

Materialien



Chemikalien + Giftstoffe in Baustoffen



Elektrostatik + Luftionen



Hausstaub + Mikropartikel



Radioaktivität

Gesundheit



Ergonomie



Psyche



Ernährung



Wasser

Ökologie



Energie sparen



Abfälle vermeiden



Stoffkreisläufe



Regionale Netzwerke

25 Grundregeln des baubiologischen Bauens

- Bauplatz ohne natürliche und künstliche Störungen
- Wohnhäuser abseits von Emissions- und Lärmquellen
- Dezentralisierte, lockere Bauweise in durchgrünerten Siedlungen
- Wohnung und Siedlung individuell, naturverbunden, menschenwürdig und familiengerecht
- Keine sozialen Folgelasten verursachend
- Baustoffe natürlich und unverfälscht
- Natürliche Regulierung der Raumluftfeuchte unter Verwendung feuchteausgleichender Materialien
- Geringe und rasch abklingende Neubaufeuchte
- Ausgewogenes Mass von Wärmedämmung und Wärmespeicherung
- Optimale Oberflächen- und Raumlufttemperaturen
- Gute Luftqualität durch natürlichen Luftwechsel
- Strahlungswärme zur Beheizung
- Naturgemässe Licht-, Beleuchtungs- und Farbverhältnisse
- Das natürliche Strahlungsumfeld wenig verändernd
- Ohne Ausbreitung elektromagnetischer Felder und Funkwellen
- Verwendung von Baustoffen mit geringer Radioaktivität
- Orientierung des Schall- und Vibrationsschutzes am Menschen
- Geruchsneutral oder angenehmer Geruch ohne Abgabe von Giftstoffen
- Weitgehende Reduzierung von Pilzen, Bakterien, Staub und Allergenen
- Bestmögliche Trinkwasserqualität
- Zu keinen Umweltproblemen führend
- Minimierung des Energieverbrauchs unter weitgehender Nutzung regenerativer Energiequellen
- Baustoffe bevorzugt aus der Region, den Raubbau an knappen und risikoreichen Rohstoffen nicht fördernd
- Anwendung physiologischer und ergonomischer Erkenntnisse zur Raumgestaltung und Einrichtung
- Anwendung harmonischer Masse, Proportionen und Formen

Qualität auch bauphysikalische Funktionen übernehmen können.

Umwelt

Für einen umsichtigen Umgang mit unserer Umwelt sind wir auf nachwachsende und kreislauffähige Baustoffe angewiesen. Diese sind weitgehend lokal vorhanden und stellen ebenfalls eine Form von solarem Speicher dar. Entscheidend ist, die Baustoffe so zu verbauen, dass eine spätere Weiterverwendung möglich ist. Kreislauffähige Materialien und Komponenten sind für nachhaltige Bauweisen unverzichtbar. Nachhaltiges und kreislauffähiges Bauen bedeutet, dass nicht nur die Materialwahl entscheidend ist, sondern auch, wie der Baustoff eingebaut wird und später auf einfache Weise getrennt und rückgebaut werden kann.

Energie

Solararchitektur setzt auch Kenntnisse über Energie in Baustoffen voraus. Wurde der Baustoff mit petrochemischen Zusatzstoffen und grossem energetischem Aufwand produziert oder stammt er aus nächster Nähe und ist mit geringem Energieeinsatz hergestellt? Von welcher Lebensdauer kann ausgegangen werden und wie kann der Baustoff nach Ablauf der

Nutzungsdauer weiterverwendet werden? Das Thema Rohstoffknappheit tritt immer stärker in den Vordergrund der Gesamtbeurteilung. Werden Bauten als zukünftige Rohstofflager betrachtet und entsprechend geplant, kann der Knappheit auf intelligente Weise begegnet werden.

Wasser

Sauberes Wasser ist eine Grundvoraussetzung für gesundes Leben. Das Bewusstsein um den wertvollen Rohstoff ist aber unter den am Bau beteiligten Fachleuten bescheiden. Bei der Herstellung von Baustoffen werden grosse Mengen Wasser benötigt. Oberflächenbehandlungen, insbesondere mit Algiziden und Fungiziden, belasten Grundwasser und Seen. Das Wissen um die langfristige Wirkung von Nanopartikeln auf die Umwelt ist noch nicht vorhanden. Wird ein Gebäude rückgebaut, entstehen in den meisten Fällen Umwelt- und Grundwasserprobleme durch Baustoffe, die nicht kreislauffähig, also weder kompostierbar oder technisch weiterverwendbar sind.

Baustoffe

Über 30 000 Verbundbaustoffe auf petrochemischer Basis sind heute im Handel erhältlich, während der Umfang der natürli-



Abbildung 44:
Nachwachsende Rohstoffe sollen einfach im Unterhalt, leicht reparierbar, problemlos trennbar und weiterverwendbar sein.



Abbildung 45:
Naturbaustoffe garantieren ein ideales Wohnklima.

chen Bauprodukte etwa 500 Artikel umfasst. Entscheidend ist aber auch hier die Frage: Ist der Baustoff weiterverwendbar oder kann er nur recycelt werden, was letztlich immer eine qualitative Abwertung des Materials (Downcycling) bedeutet? Viele Baustoffe sind bereits sehr heterogen produziert. Werden sie dann zusätzlich noch mit weiteren Komponenten untrennbar zusammengefügt, geschweisst oder verleimt, entstehen Produkte, die nur mit sehr grossem Aufwand getrennt, oft aber nur noch verbrannt werden können. Das bedeutet nicht nur, dass der Rohstoff für immer verloren ist, sondern auch, dass die für die Produktion eingesetzte graue Energie zerstört wird. Heutige Bauweisen berücksichtigen die Aspekte Nachhaltigkeit und Kreislauffähigkeit oft zu wenig.

Raumprogramm

Solares Bauen bedeutet nicht nur, das Gebäude möglichst zur Sonne hin zu orientieren und die richtigen Baustoffe zu wählen, sondern sich auch mit der Raumanordnung intensiv auseinanderzusetzen. Welche Räume richte ich nach Süden aus? Welche Bereiche orientieren sich Richtung Morgensonne, welche eher zur Abendsonne? Und welche Räume sollen Richtung Nord, von der Sonne abgewandt, platziert

werden? Kinderzimmer wie auch Badezimmer sind generell eher Richtung Osten hin anzusiedeln, da dies dem Tagesablauf entspricht und die Morgensonne das Aufstehen und Wachwerden unterstützt. Die Mittagsonne bringt uns im Winter die gewünschte solare Wärme, um das Gebäude CO₂-neutral und gratis zu beheizen. Es macht Sinn, die Hauptwohnräume zu ihr hin anzuordnen, weil sie gleichzeitig auch als Wärmeverteiler funktionieren. In Richtung Westen ist idealerweise der Gartensitzplatz ausgerichtet, um die Abendsonne geniessen zu können. Auch die Schlafzimmer der älteren Generation sind hier gut platziert. Im Norden liegen möglichst die Neben- oder Durchgangsräume, die nicht zwingend Sonnenenergie benötigen. Räume, die nur über Nordlicht verfügen, sind zu vermeiden.

Elektrobiologie

Solarzellen haben einen geringen elektrobiologischen Einfluss auf Wohnräume. Schlafplätze sollten allerdings eine Distanz von mindestens 2 m bis 3 m zu photovoltaischen Anlagen haben. Um Verbindungsleitungen zum Wechselrichter entstehen magnetische Gleichfelder, zu denen ein Sicherheitsabstand von 2 m empfohlen wird. Der Wechselrichter verursacht während



Abbildung 47: Das ideale Nachschlagewerk für Fragen zur Elektrobiologie vom erfahrenen Elektrobiologen Wolfgang Maes. ISBN 978-3-923531-26-4, Herausgeber IBN, 6. Auflage 2013

Abbildung 46: Ideal belichtet über zwei Seiten mit Sonnenschutz aussen und Blendschutz innen, unbeheizter dunkler Steinboden für die Speicherung, eingegossene Holzrippendecke für optimierte Wärmeaufnahme und Akustik, Beleuchtung und wenig Armierungsstahl. Punktstützen für eine langfristig flexible Raumnutzung.



Abbildung 48: Stampflehm, statisch tragend eingesetzt, Gewicht 14 t, vorgefertigt in zwei Elementen, Dicke 50 cm, als solarer Wärmespeicher, feuchteausgleichend, geruchsneutralisierend, natürlich gestaltete Trennwand, problemlos reparierbar, rückbaubar mit Wasser zur Wiederverwendung.

der Betriebszeit tagsüber elektrische und magnetische Wechselfelder. Bei starker Sonneneinstrahlung wird deshalb ein Abstand von 4 m empfohlen. Es wird empfohlen, die Richtwerte der baubiologischen Messungen für sämtliche Bauten zu befolgen. Denn viele Menschen leiden unter den Belastungen durch elektrische Felder, Handstrahlen, WLAN usw.

Bauphysik

Für ein gutes Raumklima sind in erster Linie die Materialisierung und die diffusionsoffene Konstruktion entscheidend. So können Gerüche neutralisiert, Feuchte aufgenommen und wieder abgegeben werden. Ein gutes Direktgewinnhaus ist winddicht, aber dampfopen konstruiert. Dazu eignen sich Baustoffe wie unbehandeltes Holz, Lehm, Kalk, Gipsoberflächen, aber auch Sichtkalksandstein, etc. Anstriche müssen «offen» bleiben, um die

Abbildung 49: Ob hinterlüftet oder verputzt, jeder Fassadentyp lässt sich mit den richtigen Materialien dampfopen und baubiologisch korrekt erstellen, egal ob Neubau oder Sanierung.



Klimafunktion des Untergrundes zu erhalten. Petrochemische Produkte erfüllen diese Anforderungen nicht, im Gegensatz zu Kalk-, Lehm-, Silikat- oder Naturharzfarben. Für den Verputz ist es ratsam, baubiologisch-mineralische Produkte zu verwenden. Wird beispielsweise ein Kalkputz eingesetzt, erfüllt dieser zugleich die Funktion eines Schimmelschutzes. Ein Anstrich ist oft gar nicht notwendig.

Aussenwände und Dächer sollten grundsätzlich diffusionsoffen und kondensatfrei konstruiert werden, der Einsatz von Dampfsperren sollte vermieden werden. Stattdessen sind bauphysikalisch korrekte Konstruktionen mit innen dichten und gegen aussen immer durchlässigeren Materialien anzustreben. Es versteht sich von selbst, dass dampfdichte Dämmstoffe nur im Erdreich sinnvoll sind.

Lufterneuerung

Eine nachhaltige Anwendung von Dampfbremsen ist aufgrund der aufwendigen Verarbeitung und der begrenzten Lebensdauer der Klebstoffe nur bedingt möglich. Langfristig tauglich sind hingegen Pressungen, z. B. Holzfaserplatten oder mit Latten verschraubte Stösse. Zu vermeiden sind Schäume. Zur Lufterneuerung reicht während der Heizperiode mehrmaliges tägliches Stosslüften, die übrige Zeit ist Wärme meist im Überfluss vorhanden, so kann man die Fenster auch länger offen halten. Die Lufterneuerung ist für ein gutes Raumklima unverzichtbar. Fallweise ist sie durch eine Lüftungsanlage sicherzustellen. Eine mechanische Lüftung benötigen solare, unter Berücksichtigung baubiologischer Aspekte gebaute Direktgewinnhäuser nur dann, wenn sie Büros, Verkaufsräume und weitere Räume mit hoher Personendichte, etwa Schulzimmer oder Restaurants, etc. beherbergen. Eine Lüftungsanlage ist auch sinnvoll für Häuser an lärmbelasteten Standorten.

Solare Konzepte

Das Direktgewinnhaus mit Wasser-Saisonspeicher

In einem grösseren Objekt, z. B. in einem Mehrfamilienhaus, kann diese Lösung das schwächere Sonnenstrahlungsangebot im Hochwinter im Mittelland über eine saisonale Speicherung überwinden und erfüllt die Bereitstellung von Warmwasser und Zusatzheizwärme vorzüglich (siehe Mehrfamilienhaus Poststrasse, Spreitenbach, Seite 82).

Das Solarthermiehaus mit Wasser-Saisonspeicher

Entspricht dem Mehrfamilienhaus der Firma Jenni in Oberburg bei Burgdorf. www.jenni.ch

Das Photovoltaikhaus mit Wärmepumpe und Erdsonden-Speicherfeld

Ein innovatives Heizsystem mit Wärmepumpe versorgt die Passivhaus-Siedlung Oberfeld in Ostermundigen beinahe emis-

sionsfrei mit Heizwärme und Warmwasser (Abbildung 50). Auf den Dächern sind über 1000 m² hybride Sonnenkollektoren installiert – sie produzieren zugleich Strom und Wärme (Abbildung 51). Die Photovoltaikmodule wandeln Licht in Elektrizität um, Kollektoren auf deren Rückseite erwärmen Wasser. Die grosse Menge an warmem Wasser wird im Sommer über ein Erdsondenspeicherfeld in das Erdreich geleitet und die Wärme dort gespeichert. Im Winter holen Wärmepumpen die gespeicherte Wärme aus dem Erdsonden-Speicherfeld zurück und leiten sie mit einer Vorlauftemperatur von 28 °C als Heizenergie in die Gebäude (Abbildung 52). Die Wassererwärmung erfolgt über Frischwasserstationen mit einem hohen Anteil an solarer Energie. Die Photovoltaikmodule liefern genug Energie, um zusätzlich den Strombedarf von etwa 20 Haushalten zu decken. Die Wohnsiedlung Oberfeld ist die erste grössere Überbauung in der Schweiz, die mit einer derartigen Anlage energetisch versorgt wird (siehe auch Seite 92).

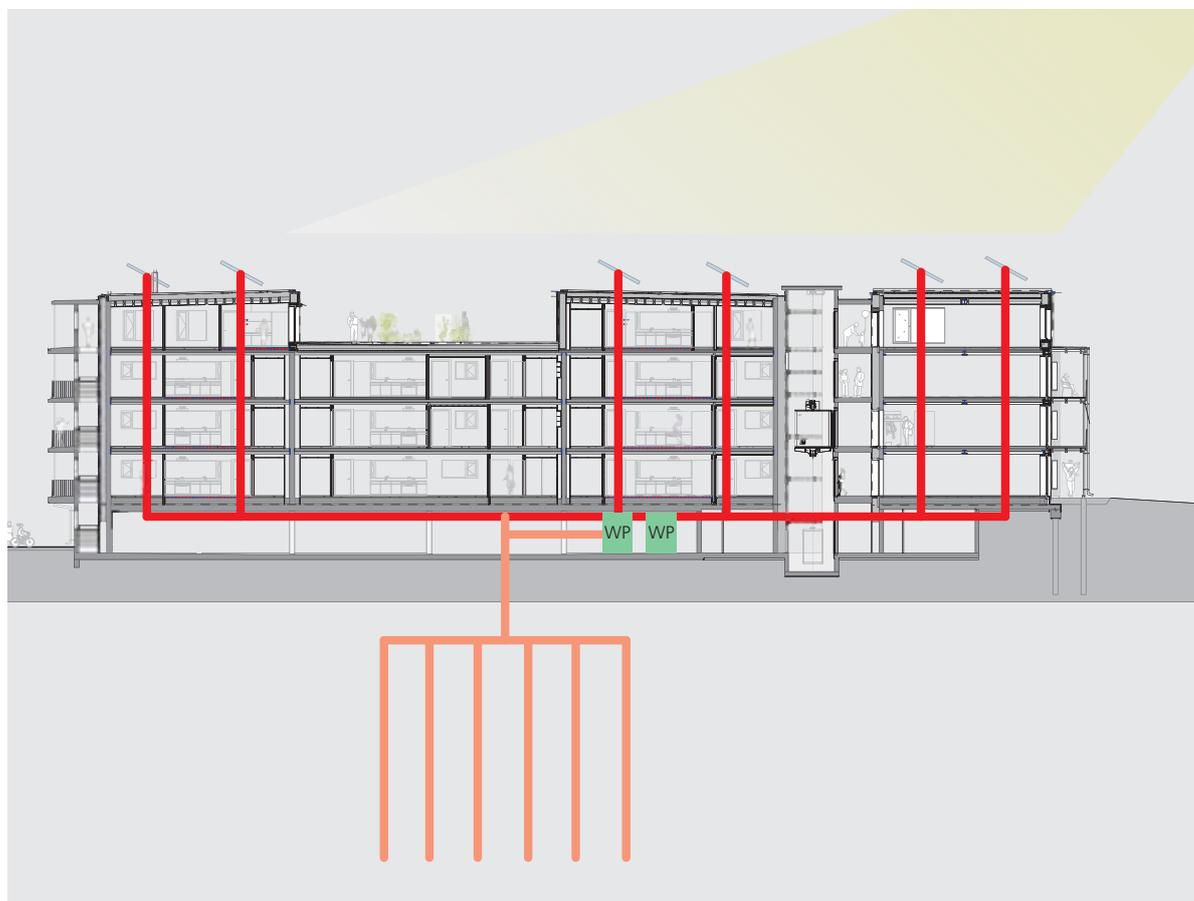


Abbildung 50: Kombination von Sonnenkollektoren, Wärmepumpen und Erdsonden in Verbindung mit einer Gebäudehülle im Passivhausstandard.

Wärmepumpen, die mit am Gebäude produziertem Solarstrom betrieben werden, kommen häufig zum Einsatz. Erdsonden sollen regeneriert oder genügend grosszügig ausgelegt werden.

Das geöffnete Haus

Zu sanierende Altbauten mit viel innerer Masse, guter Besonnung, offenen Grund-

rissen und geeigneter Statik können auch nachträglich im Südbereich grosszügig mit Fensterflächen und neu gedämmter Hülle ausgerüstet werden, um sie hauptsächlich durch Direktgewinn zu beheizen. Als kostengünstigste Fenstervergrösserung bewährt sich eine Entfernung der Fensterbrüstung.

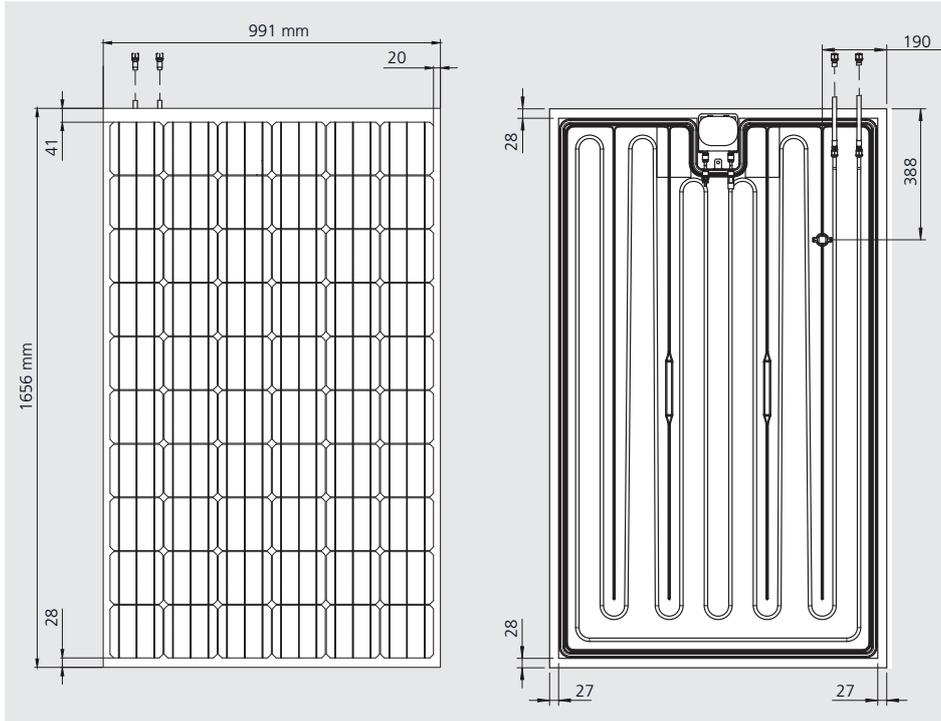


Abbildung 51: Aufbau eines Hybridkollektors (Quelle: Meyer Burger Energy Systems).

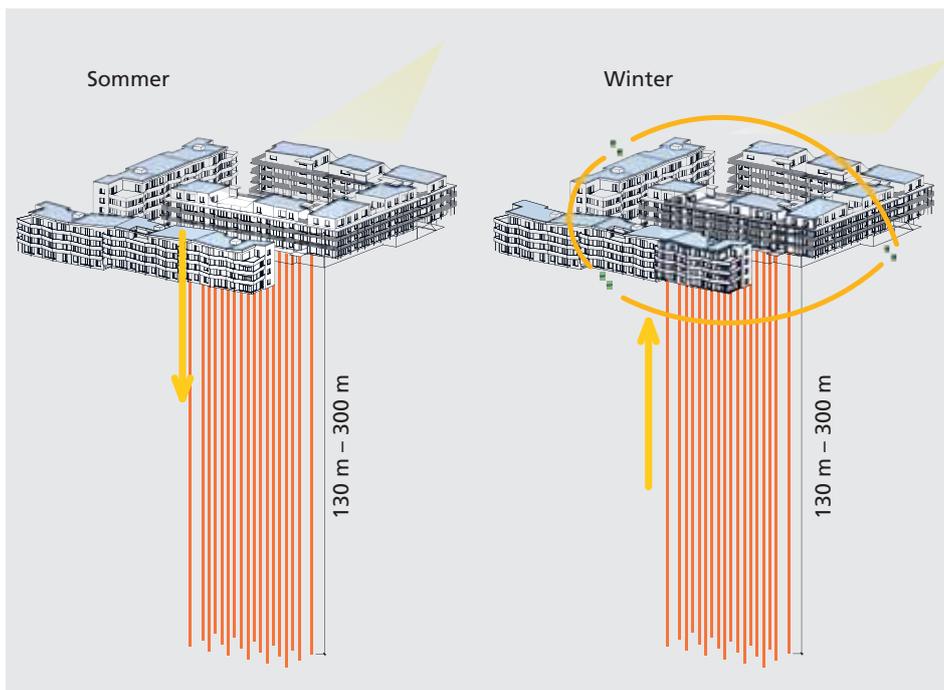


Abbildung 52: Erdgekoppelte Systeme geben im Sommer Wärme ans Erdreich ab und entladen den Speicher im Winter.

Das überglaste Haus

Altbauten, die man nicht «öffnen» kann, wie beispielsweise das über 100-jährige Bruchsteinobjekt, ein Mehrfamilienhaus in Felsberg, können auch überglast werden. In diesem Fall sind die alten, mit Fensterstöcken gebildeten Öffnungen ohne Fenster belassen worden. Im Abstand von rund 40 cm wurde eine Pfosten-Riegel-Dreifach-Verglasung vorgelagert. Die ganze

Fensterfläche verfügt über einen Sonnenschutz und die einzelnen Zwischenräume können im Sommer über Klappen belüftet werden. Mit dieser Überglasung, einer Fassadendämmung mit 20 cm Steinwolle, neu gedämmten Dachflächen mit 26 cm Holzfaserdämmung und den Sonnenkollektoren erreicht die Sanierung tiefere Werte des Heizwärmebedarfes als ein Minergie-P-Neubau.



Abbildung 53:
Mehrfamilienhaus
Scheiwiller in Fels-
berg: Der Altbau
mit der vorgehäng-
ten Überglasung.



Abbildung 54:
Durchblick in der
«Doppelfassade».

Der Wintergarten

Der Wintergarten kann bei optimaler Lage und Grösse ebenfalls zentrales Element eines Solarhauses sein. Der nach Südwesten ausgerichtete und vollverglaste Raum erwärmt sich bei Sonneneinstrahlung sehr schnell. Eine Lehmwand sowie der wärmegeämmte Betonboden dienen als Speichermasse, um den Wintergarten am Abend zu beheizen und damit die Aufenthaltsdauer zu verlängern.

Im Sommer wird die erwärmte Luft über steuerbare Schlitze nach aussen geleitet. Zusätzlich kann das Wintergartendach beschattet werden. Die zurückversetzte Gebäudewand bleibt immer im Schatten und überhitzt dadurch nie.

Nach etwa 1 bis 2 Stunden Sonnenschein kann im Winter von rund 20 °C Raumtemperatur im Wintergarten ausgegangen werden. Ist diese Temperatur erreicht, werden die Schlitze zum Obergeschoss geöff-

net, damit warme Luft in angrenzende Wohnräume aufsteigen kann. Sowohl im Obergeschoss als auch im Erdgeschoss werden nun die inneren Türen geöffnet. Über den Luftraum im Gebäudeinnern kann die abgekühlte Luft zurück in den Wintergarten gelangen, wo sie erneut aufgewärmt wird. So kann an einem sonnigen Wintertag das Gebäude vollständig mit Sonnenenergie aufgeheizt werden.

*Abbildung 55:
Wintergartenhaus
mit Baujahr 1994.
Angelehnt an die
traditionelle Kern-
zonen-Bauweise
wurde dieses
Doppelhaus als
konsequentes Solar-
haus geplant und
erstellt. Nur beheizt
mit einem Stück-
holzofen können
rund 40% der Ener-
gie dank der intelli-
genten Nutzung
des Wintergartens
eingespart werden.
Die erwärmte Luft
steigt auf in die
Laube im 1. Ober-
geschoss und beheizt
von dort im Winter
die Innenräume
oder wird im Som-
mer nach aussen
abgeleitet.*



Das Luftkollektorhaus

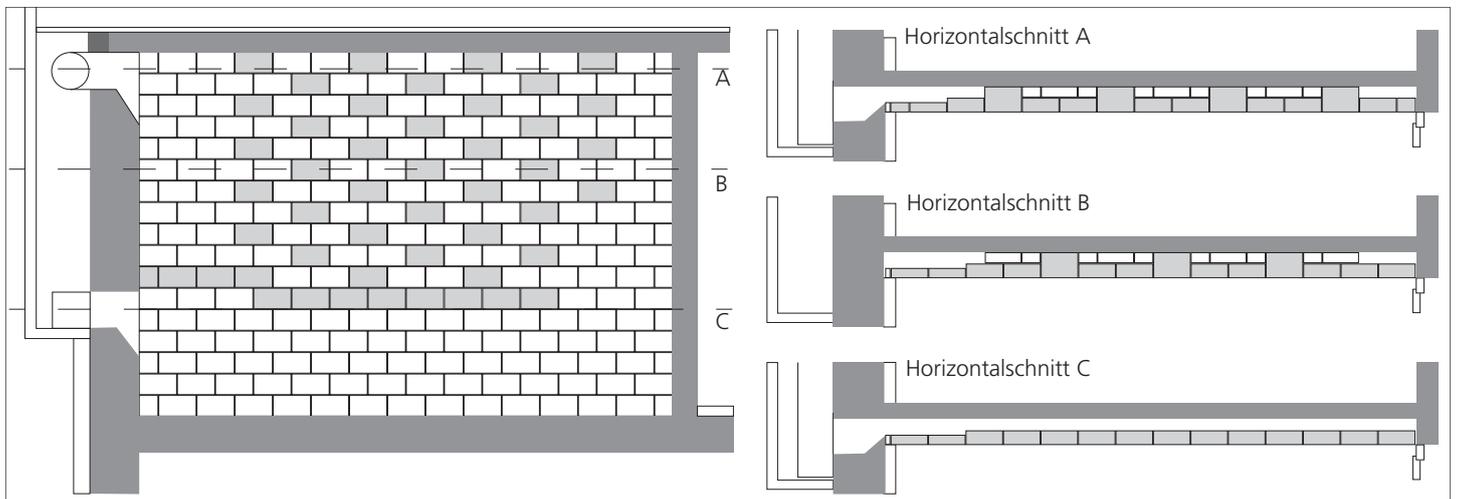
Hinter 4 von 6 Fensterelementen in der südorientierten Giebelwand liegt mit einem Abstand von 40 cm ein dunkel eingefärbter Luftkollektor, der Wärme in Form von warmer Luft an einen angrenzenden Steinspeicher abgibt. Die Verglasung im Fenster ist g-Wert-optimiert. In Abbildung 57 erkennt man, dass für eine Wärmeabgabe aus der Luft mit Vorteil mit Verwirbelungen gearbeitet wird (einzelne durchgehend gemauerte Steine). Der eingesetzte Ventilator kann auf 2 Leistungsstufen betrieben werden und schaltet aufgrund einer Temperaturdifferenz ein. Dazu wird die Speicherinnentemperatur mit der Kollektorinnentemperatur verglichen und bei

mindestens 2 K Differenz auf Stufe 1 gestartet. Überschreitet der Kollektor einen definierten Temperaturunterschied, wird die höhere Stufe gefahren. Um nicht zu viel Strom zu verbrauchen, sollten die Luftkanalquerschnitte so gross gewählt werden, dass die Luftgeschwindigkeit von 2 m/s nicht überschritten wird. Dieses Konzept bietet tagsüber solare Direktgewinne über die Fensterflächen und Stunden später den spürbaren Wärmeeintrag aus der Speicherwand. Die Sanierung Einfamilienhaus Bischoff in Chur erreicht damit und mit einer thermischen Solaranlage eine gemessene Energiekennzahl von rund 13 kWh/(m²K).



Abbildung 56 (rechts): Die südlich orientierte Giebelwand mit den 6 Fensterelementen, wovon 4 dem Luftkollektor dienen (oben das mittlere Element, unten alle 3 Elemente).

Abbildung 57 (unten): Der Steinspeicher mit den Lücken im Mauerfeld und den Luftanschlüssen (links). Die Horizontalschnitte (unten) zeigen, dass bewusst eine Verwirbelung der Luftströmung angestrebt wird.



Das Wasserkollektorhaus

Statt Luftkollektoren lassen sich Wasserkollektoren und Wasserspeicher einsetzen. Die Platzierung in der Südfassade hat den grossen Vorteil, dass während etwa 8 Monaten im Jahr von einem mehr oder weniger gleich hohen Ertrag ausgegangen werden kann, weshalb sich diese Lösung gut für die Wassererwärmung eignet. Nur im Hochwinter und im Hochsommer sind die Erträge etwas kleiner. In Kombination mit einem Saisonspeicher macht eine Dachintegration Sinn, steilere Dächer sind zu bevorzugen.



Abbildung 58: Eines der beiden Plusenergie-Dreifamilienhäuser Riedi in Flims von Rüedi, Chur, mit in die Südfassade integrierten Wasserkollektoren, kombiniert mit Direktgewinn und Photovoltaik auf dem Dach.

Das Gebäude als System

Es gilt hier das Primat: gute, zeitgenössische und qualitätsvolle Architektur, die städtebauliche, räumliche und architektonische Aspekte ebenso erfüllt wie die Postulate der Nachhaltigkeit. Gewinnen Gebäude bald neben der benötigten Wärme respektive Kühlung für die Bewohner auch gleich die Mobilitätsenergie mit? Wäre es denkbar, dass die Gebäude 10 % der benötigten Nahrung der Bewohnerinnen und Bewohner mitproduzieren, dass sie Regenwasser besser nutzen und Lebensraum für Biodiversität schaffen? Eine Sichtweise für den Lebenszyklus und für die Bedürfnisse zukünftiger Generationen (Enkelintertauglichkeit) führen langfristig zu nachhaltigen Bauwerken. Energieeffizienz steht heute im Fokus fast aller Bauprojekte und damit von Gebäudehüllen. Dies ist jedoch nur eine Zielsetzung des nachhaltigen, ressourcenbewussten Bauens. Die EU verfolgt mit dem ab 2018 eingeführten Standard Nearly zero energy building (NZEB) möglicherweise eine zu enge Fokussierung. Wie schon Buckminster Fuller voraussagte, bauen wir heute unsere Energie- und Gebäudesysteme von Öl- und Gasbetrieb auf solare Energien wie Wind, Wasser oder Photovoltaik um.

Bereits 1913 an der Biennale in Kairo wurde das weltweit erste Sonnenkraftwerk in Betrieb genommen. Heute, mehr als 100 Jahre später, versuchen wir, die verlorenen Jahrzehnte für die Solarnutzung zu überspringen und an die damalige Pionierzeit anzuknüpfen.

Wünschenswert ist zudem, dass bei Bauten grundsätzlich ein gewisser Grad an Autonomie in Bezug auf die Energiegewinnung vorgeschrieben wird. Eine Entscheidung, die nebst höherer Lebensqualität auch mehr Unabhängigkeit von importierten Energieträgern mit sich bringt. Der Architekt und das Planungsteam können zusammen mit dem Auftraggeber dann frei und objektspezifisch entscheiden, welche erneuerbaren Ressourcen genutzt werden sollen.

Abbildung 60: Sonnenkraftwerk an der Biennale in Kairo, 1913 (Quelle: Historical Society of Tacony, USA).

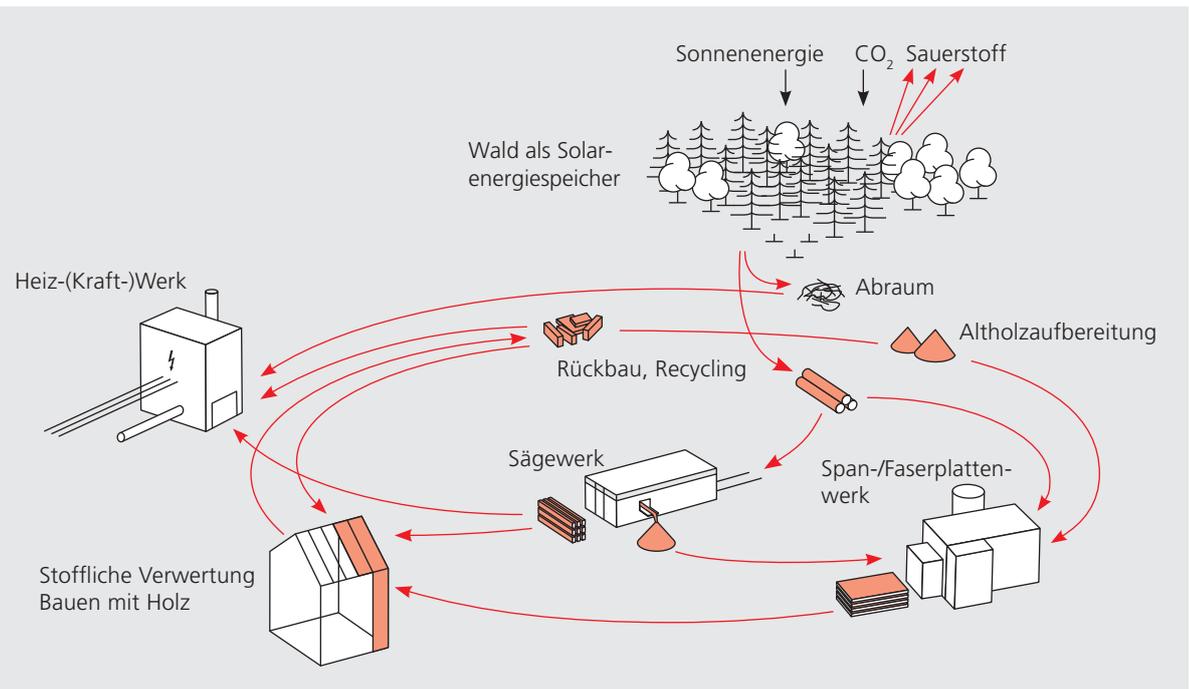


Abbildung 59: Der Weg des Holzes in der baulichen und energetischen Nutzung (Quelle: Gerd Wegener).

Gebäudehülle

Wir wollen nicht, dass denkmalgeschützte respektive wertvolle Bauwerke hinter Dämmschichten verschwinden. Wir wollen qualitativ gestaltete Fassaden und Dächer und wir wollen weg vom Flickwerk, von hässlichen Anlagen und von unsensibler Integration von Solarenergie in Gebäuden.

Keine Glaubenskriege wegen Dämmschichten?

Ein Wohnhaus sollte heute prioritär sehr gut wärmegeklämt sein (25 cm bis 40 cm). Zu beachten: Für den daraus resultierenden, bescheidenen Heizwärmebedarf ist es sinnvoll, eine effiziente Wärmeenergieerzeugung, vorzugsweise mit erneuerbarer Energie, zu wählen und diese wenn immer möglich mit einer Sonnenkollektoranlage zu kombinieren. Welches Baumaterial jedoch gewählt wird, soll projektspezifisch und im gegebenen Kontext bestimmt werden. Wichtig ist, natürliche Materialien und Baustoffe zu wählen, die dampfdiffusionsoffen, regional und langlebig sind. Neuste Bauprojekte mit Einsteinmauerwerken und transluziden Betonwänden sind spannend, da diese Lösungsansätze ein altes Prinzip neu interpretieren und sehr langlebig sein können.

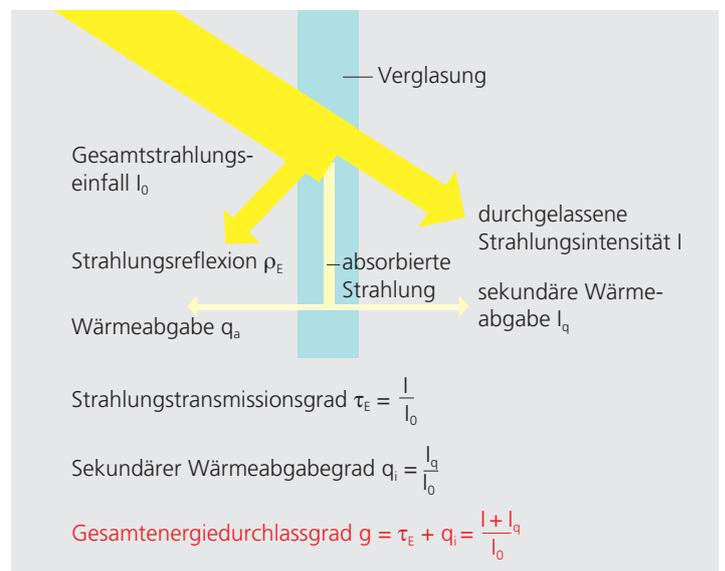
Gläser als Schlüsselfaktor

Solarer Direktgewinn als Hauptwärmequelle wurde erst in den letzten 25 Jahren dank der rasanten Entwicklung bei den Verglasungen möglich. Klar ist inzwischen vielen, dass nur noch 3-fach-Verglasungen eingesetzt werden sollten. Besonders in jüngerer Zeit sind 3-fach-Verglasungen mit hohen g-Werten von 0,66 und höher möglich geworden, die dennoch einen U-Wert von 0,7 W/(m²K) erreichen und somit im Komfortbereich liegen. Möglich macht dies vor allem der Einsatz von Weissgläsern und neuen Beschichtungen. Der g-Wert ist der Gesamtenergiedurchlass eines Glaselements (siehe Kasten g-Wert). Von Südost bis Südwest setzt man also g-Wert-optimierte Verglasungen mit U-Werten besser als 0,7 W/(m²K) ein. Für die übrigen Ausrichtungen greift man zu U-Wert-optimierter Verglasung; zurzeit sind Verglasungen mit einem U-Wert von 0,4 W/(m²K) verfügbar.

Abbildung 61: Die einfallende Strahlungsintensität wird von der Verglasung aufgeteilt in Reflexion, Absorption und Transmission. g bezeichnet den Anteil, der insgesamt in den Raum gelangt (aus Pinpoint, vdf, 2007).

g-Wert

Der Gesamtenergiedurchlassgrad (auch g-Wert) ist ein Mass für die Durchlässigkeit von Bauteilen für Energie. Dieser gibt an, welcher Anteil der Energie durch Sonneneinstrahlung nach innen gelangt und dort zur Erwärmung beiträgt. Der g-Wert als Gesamtenergiedurchlassgrad ist die Summe aus der direkten Transmission solarer Strahlung sowie der sekundären Wärmeabgabe nach innen durch Strahlung und Konvektion. Quelle: Glas Trösch/Wikipedia



Offene Fassaden

Ein Beispiel einer offen konstruierten Fassade ist das Verwaltungsgebäude Gasser Baumaterialien AG, Chur, realisiert von der ARGE Domenig-Rüedi, Chur, (Europäischer und Schweizer Solarpreis, SIA-Preis für Nachhaltiges Bauen). Die tragende Aussenwand besteht aus grossformatigen Kalksandsteinen als Sichtmauerwerk. Der Kalksandstein wurde gewählt, weil er rund 2,5-mal weniger graue Energie benötigt als ein Backstein und sehr klimaaktiv ist, also ähnliche Eigenschaften wie eine Lehmwand aufweist, schnell Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben und Gerüche neutralisieren kann. Er ist auch die dampfdichteste Schicht der Wand und die innere Luftdichtigkeitsebene. Der äussere Aufbau der Dämmebene und die Fassade sind eine Schnittholzkonstruktion. Dabei werden Doppellattenstücke auf die Kalksandsteine geschraubt und mit Distanzbrettern die äusseren, senkrechten Doppellatten befestigt. Als äussere Winddichtung dient eine diffusionsoffene, 22 mm starke Holzfaserplatte, die Stösse sind mit Latten geklemmt. Bei der Lärchenbretterfassade dient eine geschossweise Stufung

als konstruktiver Holzschutz. Die Querlatung unter der Fassade hat einen Rhombusschnitt, dass kein Wasser liegen bleiben kann. Die meisten Fenster sind Festverglasungen mit äusseren Glasleisten aus Föhrenholz. Die einfachen eingefalzten Holzrahmen sind auf Holzklötzen mit Distanz auf die gemauerte Wand montiert. Die Zwischenräume werden ausgedämmt und mit einem Futterbrettchen abgedeckt. Diese einfache, hochwärmegedämmte Konstruktion kann jeder Holzbauer oder Schreiner herstellen. Die 3-fach-Verglasungen, die ohnehin eine beschränkte Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren aufweisen, können gewechselt werden, ohne die Rahmen zu demontieren. Einzig die Glasleisten werden ersetzt. Die Demontierbarkeit garantieren Edelstahlschrauben, die auch keine unschönen «Schnäuze» hinterlassen. Ein Beispiel für eine nachhaltige, kostengünstige und unterhaltsfreundliche Fensterlösung.



Abbildung 62: Der Verwaltungsbau Gasser in Chur der ARGE Domenig-Rüedi, Chur.

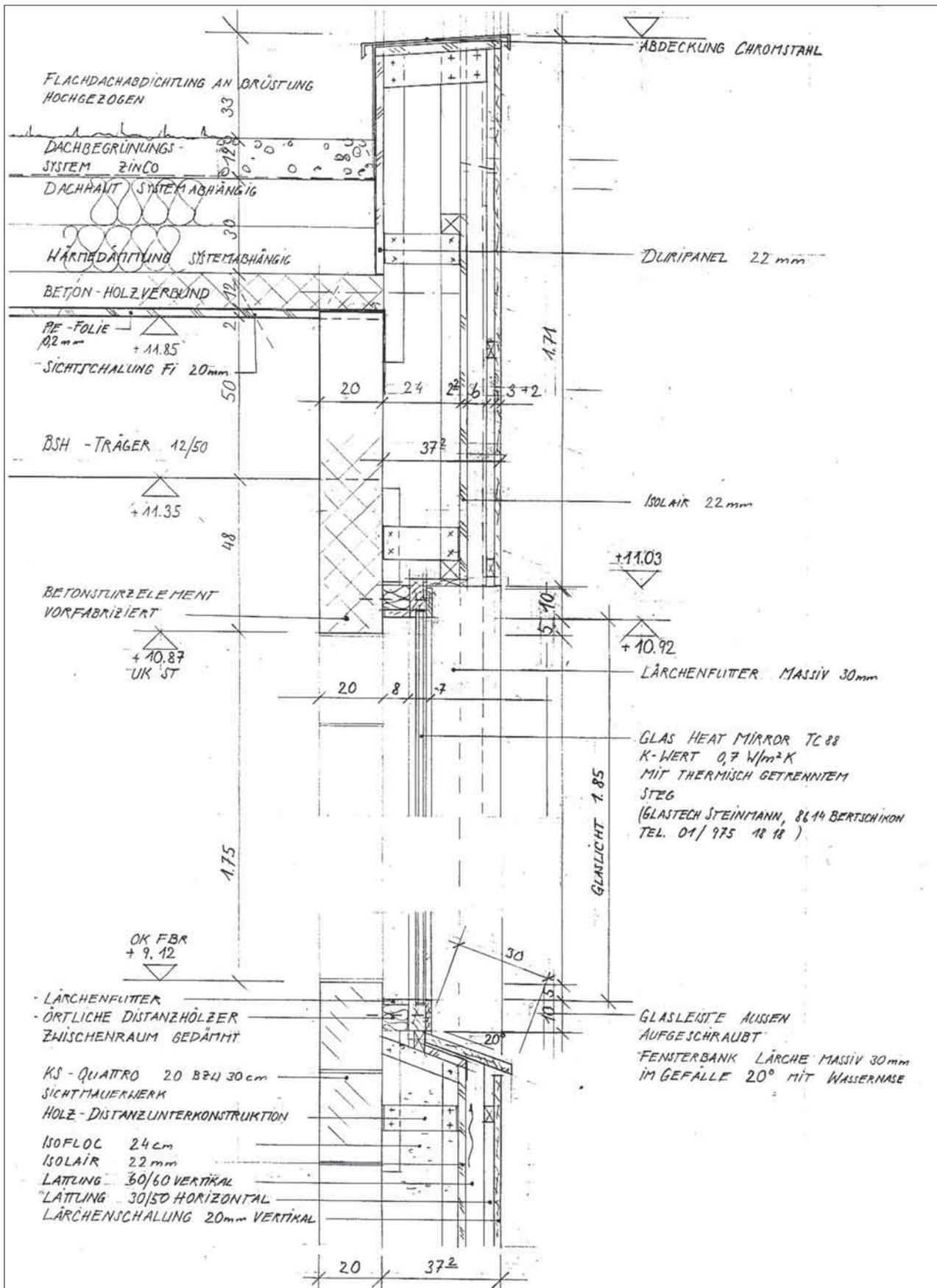


Abbildung 63: Haus Gasser, Fassadenschnitt Ost-West, 3. OG.

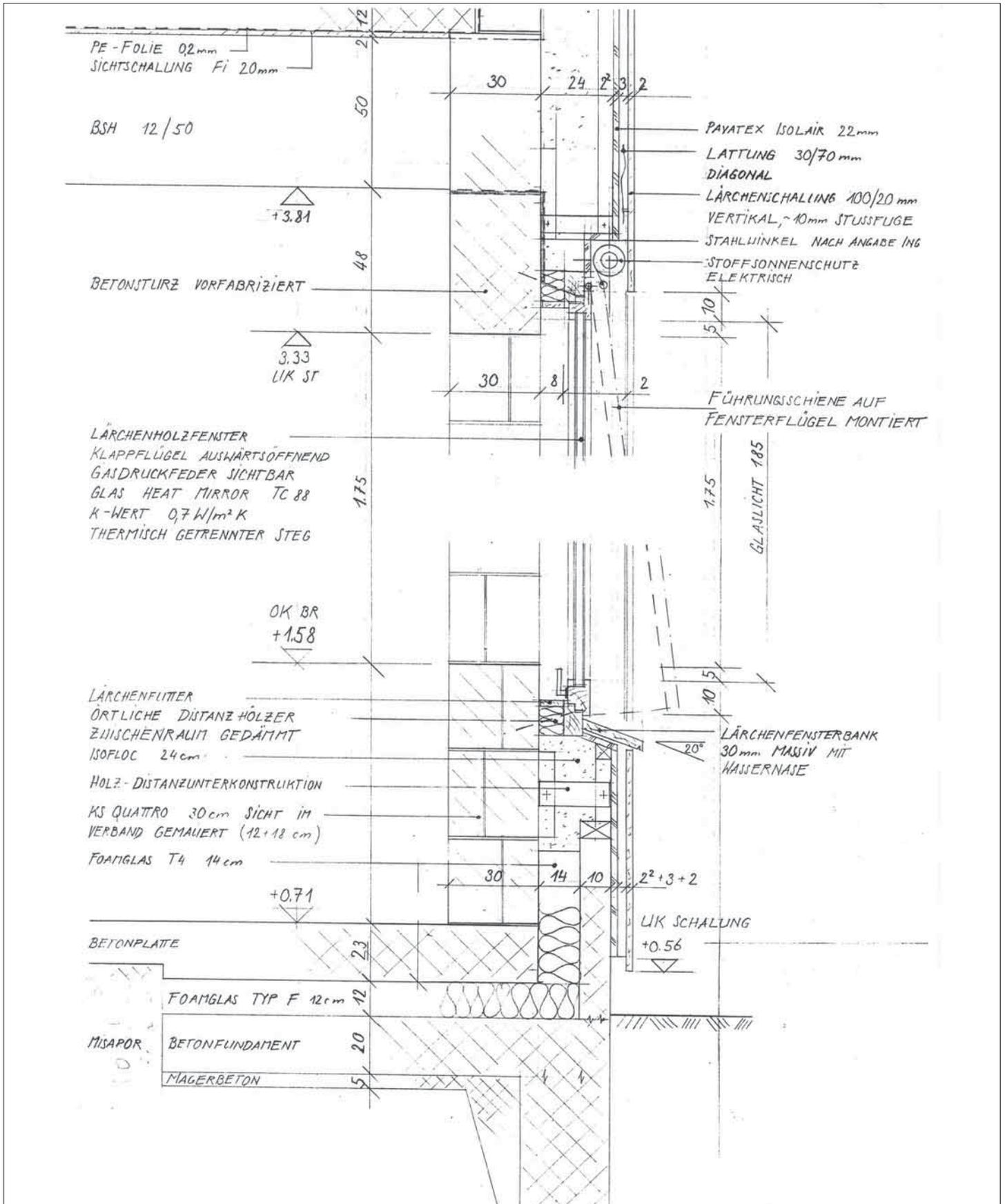


Abbildung 64: Haus Gasser, Fassadenschnitt Ost-West EG.

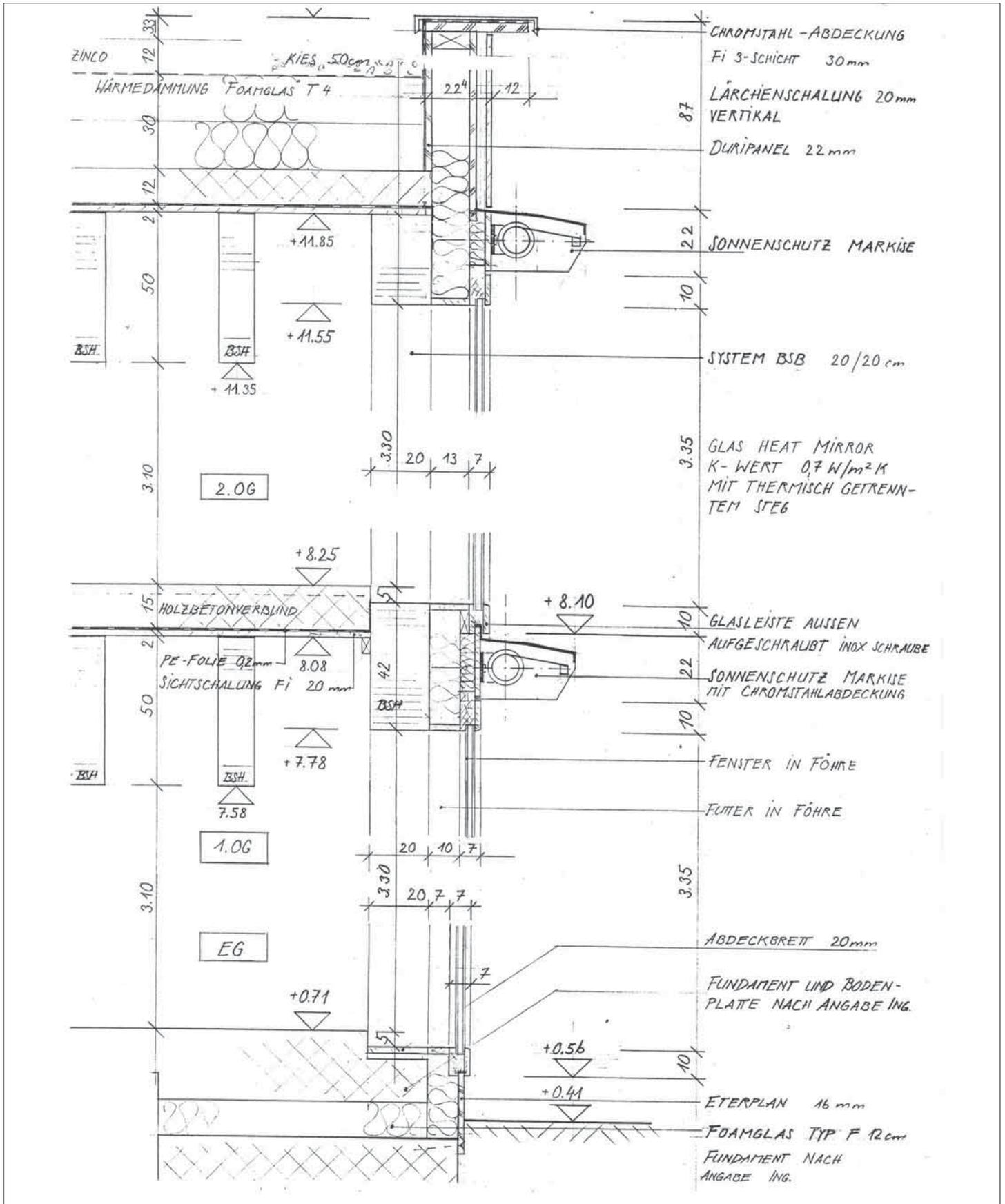


Abbildung 65: Haus Gasser, Südfassade Fensterverglasung.

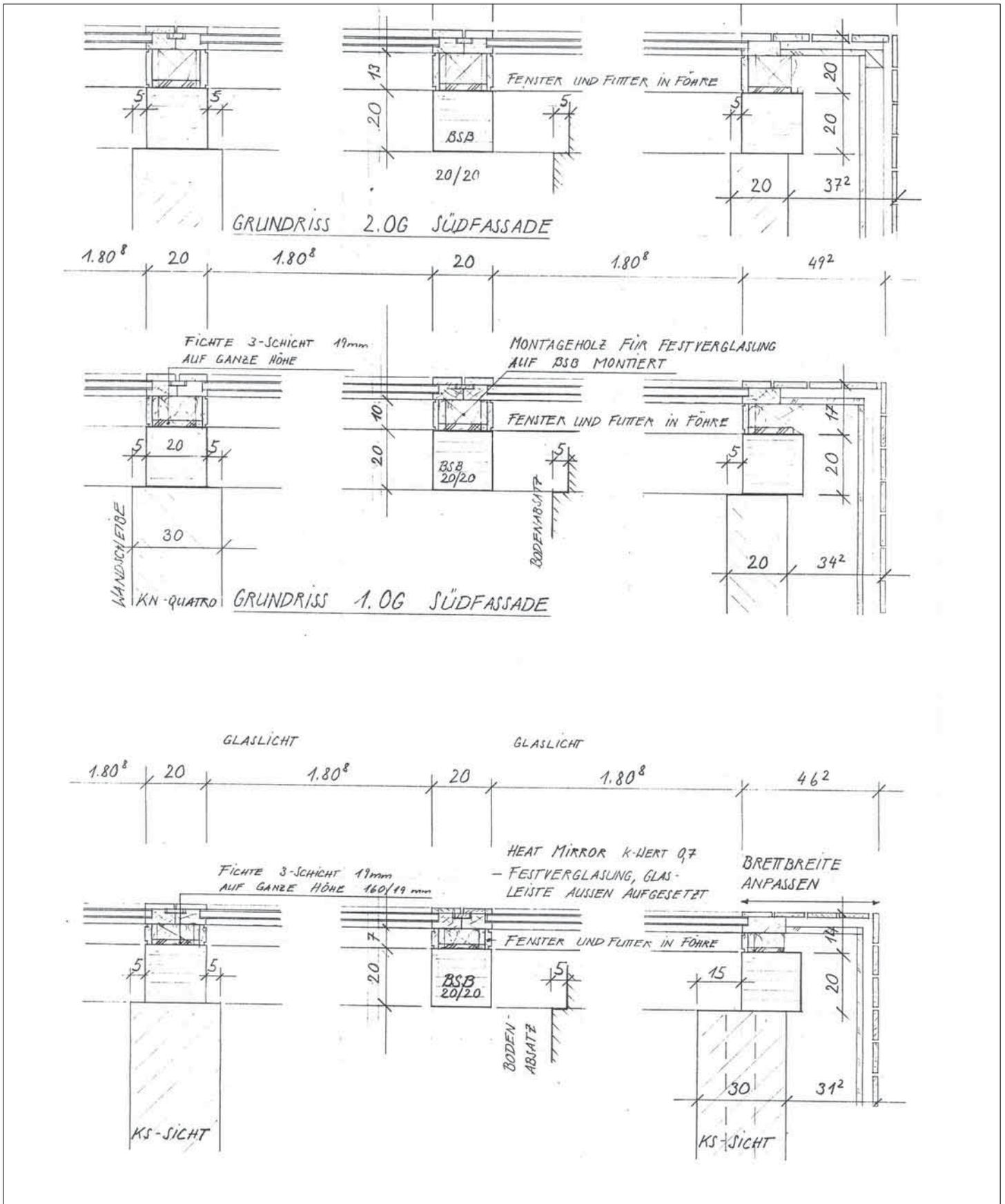


Abbildung 66: Haus Gasser, Grundriss Südfassade 1. OG (oben) und EG (unten).

Offene Dächer

Gleich wie Aussenwände sollten Dächer winddicht, aber diffusionsoffen konstruiert werden. Auch hier braucht es bei einem richtigen Aufbau keine Dampfbremsen oder Dampfsperren in Form einer Fo-

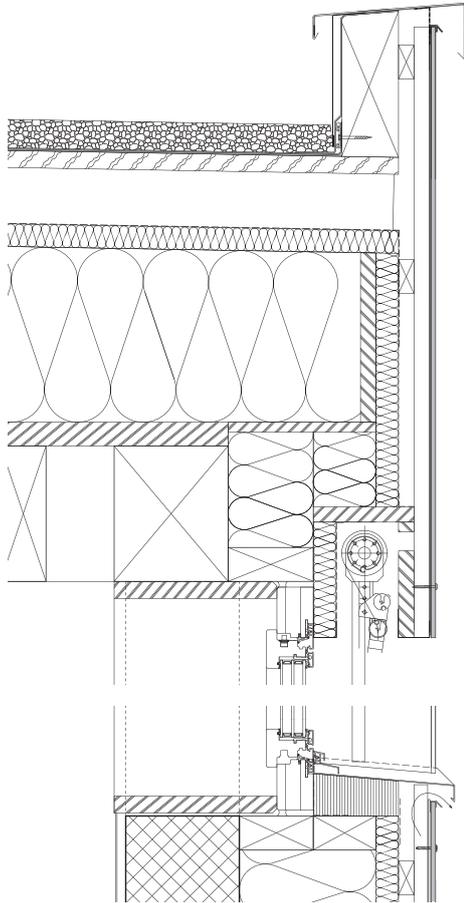


Abbildung 67: Unterlüftung des Daches, Dachanschluss, Sturz und Fensterbank (Schnitt) des Einfamilienhauses Beer in Paspels.

lie, um kondensatfrei zu bleiben. Bei Schrägdächern ist dies ohne Mehraufwand fast schon üblich, bei Flachdächern ist eine genügend hohe Unterlüftung die beste Lösung.

Das Einfamilienhaus Beer in Paspels aus dem Jahr 2015 von Pflieger+Stoekli, Chur, ist ein solares Direktgewinnhaus mit Holzspeicherdecke, die Dachkonstruktion ist unterlüftet und bleibt diffusionsoffen (Abbildung 67). Das Vierfamilien-Direktgewinnhaus in Chur (1998, 3,6 kWh/(m²a) gemessen) von Rüedi, Chur, hat einen Dachaufbau mit unterlüftetem Flachdach. Im Unterlüftungsraum ist ein ausziehbares Vordach untergebracht. Dieses zieht man im Mai aus und schiebt es im September wieder rein. Nach diesem Prinzip ist es auch möglich, Fensterbrüstungen zu konstruieren, die im Winter senkrecht und im Sommer ausgestellt sind. Diese könnte man sinnvollerweise auch mit Photovoltaikpaneelen ausrüsten (Abbildung 68).

Temperaturzonen

Zwei Dreifamilien-Plusenergiehäuser in Flims haben keine Lüftungsanlagen und sind mit zwei bis drei «Schlafen-im-Frischlufsee»-Zimmern pro Wohnung ausgerüstet. Da für viele Menschen frische Luft kühle Luft sein sollte und aus baubiologischer Sicht die Ionisierung von Luft in Lüftungskanälen problematisch erscheint,



Abbildung 68: Das Vierfamilien-Direktgewinnhaus in Chur (Bild: Patrick Kählin).

sollte über neue Ansätze nachgedacht werden. Vielversprechend ist die Idee mit der «Kaltluftwanne». Im Schlafzimmer wird eine möglichst masselose, zur Hausmasse hin etwa 5 cm gedämmte Wanne ausgebildet. Dazu wird ein Holzriemenboden mit Brusttäfer in Fichte-Mondholz mit 5 cm Hinterdämmung ausgeführt. Im Bereich des 1 m hohen Brusttäfers ist ein Kippfenster eingebaut, das den unteren Teil des Zimmers mit Frischluft füllt. Der obere Teil des Zimmers bleibt dabei warm, sobald im Zimmer keine Bewegung mehr stattfindet. Einzig über dem Kopf des Schlafenden gibt es noch eine kleine Zirkulationsbewegung. Es versteht sich von selbst, dass die Zimmertüre dicht geschlossen sein muss (Planetdichtung) und das Fenster erst geöffnet wird, wenn man sich schlafen legt. Die Mieterzufriedenheit ist sehr hoch und der Wärmeverbrauch tief, also ein voller Erfolg. Jede 4½-Zimmer-Wohnung hat im Wohnraum einen Pelletofen als Zusatzheizung ohne Wärmeverteilung.

Gebäudetechnik

Zusatzheizung ohne aktive Wärmeverteilung

Das Einfamilienhaus Brübar in Paspels bleibt im Dezember und Januar ohne direkte Solarstrahlung, da im Süden ein Wald das Haus beschattet. Nichtsdestotrotz ist es die übrige Zeit ein solares Direktgewinnhaus und verfügt über einen 6-kW-Pelletofen im Erdgeschoss, der die Wärmeversorgung auch in der strahlungsfreien Zeit sicherstellt. Bei der Wärmeverteilung über die Luft gilt es ein paar Punkte zu beachten.

Abbildung 70 zeigt wichtige Details: Die erwärmte Luft steigt an die Decke und würde durch die Treppenöffnung nach oben strömen. Um dies zu vermindern und um die warme Luft unter der Decke zu verteilen, kann man sie mittels einer Schürze «aufstauen». Damit die warme Luft in die Zimmer strömen kann, sollten die Zimmertüren raumhoch sein. Lässt man die Zimmertüre geschlossen, stellt sich im entsprechenden Zimmer eine um etwa 2 °C tiefere Lufttemperatur ein.

Dies bedingt allerdings eine gute Hülle. Auf diese Weise lässt sich ganz einfach eine leichte Temperaturzonierung erreichen. Dieses Haus ist ein kostengünstiges Holzelementhaus ohne Unterkellerung. Für eine bessere Trägheit sorgen die durch den Bauherrn ausgemauerten Holzständerzwischenwände und die Holz-Beton-Verbunddecke. Diese dunkle, unbewehrte Betonaufgabe wird bei Sonnenschein von oben aufgeladen und gibt in der Übergangszeit auch nach unten Wärme ab.

Direktgewinn und Sole-Wasser-Wärmepumpenboiler

Im Einfamilienhaus Brübar wurde zur Wassererwärmung und zum Betrieb eines



Abbildung 69: Die Südfassade sieht im Dezember und Januar keine Sonne.



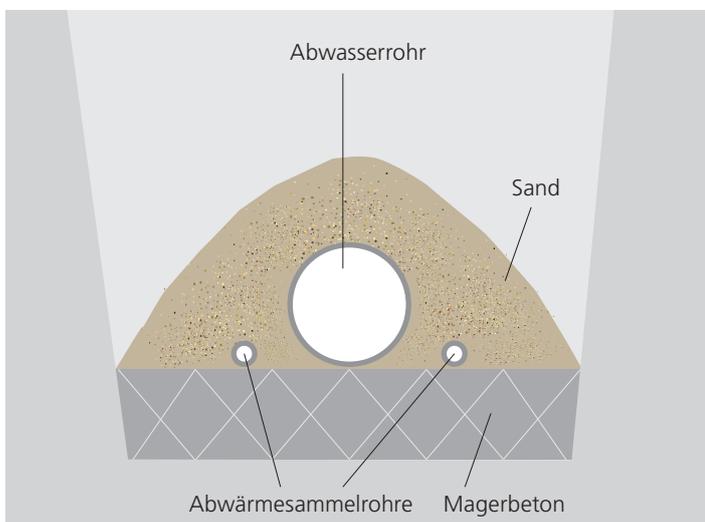
Abbildung 70: Die Holzschürze beim Treppenloch und die raumhohen Zimmertüren garantieren eine gute Wärmeverteilung durch die Warmluft des Aufstellpelletofens.

Badradiators ein Sole-Wasser-Wärmepumpenboiler eingesetzt. Als Wärmequelle dient eine einfache Abwasserwärmerückgewinnung. Um die schwallweise anfallende Abwasserabwärme «auszuglätten» und zwischenzuspeichern, kann ein Sandspeicher um die Abwasserleitung aus Polyethylen angelegt werden (Abbildung 71). Die Soleröhrchen sollen dann in den Sand verlegt werden, denn die Wärmepumpe zieht über Stunden die Wärme wieder ab. Auf diese Weise schafft die kleine Wärmepumpe immerhin eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,2. Nach demselben Konzept wurde auf 1100 m. ü. M. eine Rampenheizung gebaut, die zur Frostfreihaltung ausreicht, die Schneeräumung muss dennoch gemacht werden. Das in diesem Fall 70 m lange Soleröhrchen kann auch in der Hinterfüllung von Kellern und Fundationen verlegt werden.

Direktgewinn und Luft-Wasser-Wärmepumpenboiler

Als Wärmequelle wird in diesem Konzept Innenluft verwendet. In der Übergangszeit ist dies kein Problem, da Wärme im Überfluss vorhanden ist. Während Heizphasen muss die Zusatzheizung rund zwei Drittel der Warmwasserenergie aufbringen. Im Sommer steht so noch etwa 1 kW Kälteleistung pro Wohnung zur Verfügung, weil der Wärmepumpenboiler den Räumen Wärme entzieht. Auch hier kann nach Wunsch ein Radiator fürs Bad angehängt werden. Da ein solches Gerät etwa

Abbildung 71: Um die Unregelmässigkeit in der Abwasserwärme auszugleichen, empfiehlt es sich, das Abwasserrohr in ein Sandbett einzulegen.



400 m³/h Luft umsetzt, sollte der Ort der Rückgabe der gekühlten Luft sorgfältig gewählt werden, um keine Komfortprobleme zu verursachen (z. B. Treppenbereich, Erschliessung, etc.). Zudem sind Vibrations- und Schalldämpfung zu beachten. Zusammen mit einem Aufstellofen ist dies eine echte Bedarfslösung, die auch für Wohnungen denkbar ist. Dieses Konzept weist auch das Einfamilienhaus Casa Felice auf (Seite 58).

Kombination Komfortlüftung mit Luftheizung

Luftheizungen in Kombination mit einer Komfortlüftung setzen hohe Luftmengen und ein komplett wärmegeädmmtes Kanalnetz voraus. Sinnvoll einsetzen kann man eine Luftheizung zum Beispiel in einem Schulzimmer, denn die dort notwendigen 600 m³ Luftmenge pro Stunde bringen bei 40 °C Frischlufttemperatur eine Heizleistung von 3,5 kW, die zum Aufwärmen des Schulzimmers vor Unterrichtsbeginn genügen. Danach reichen normalerweise die Abwärme der Schüler und die Sonneneinstrahlung. So realisiert im Schulhaus Vella, das als Direktgewinn-optimiertes Schulhaus dokumentiert ist. Eine Luftheizung macht nur in Räumen mit sehr hoher Personenbelegung Sinn. Es sei hier daran erinnert, dass baubiologische Bauten nur relativ geringe Luftmengen benötigen. Denn es muss lediglich der Hygiene Genüge getan werden. Es müssen keine Schadstoffe von Baumaterialien oder unangenehme Gerüche abgeführt werden, wie das in konventionellen Bauwerken üblich ist.

Radiatoren- oder Bodenheizung

In solaren Direktgewinnhäusern kommen selten Zentralheizungen zum Einsatz. Wenn doch, sollten ausschliesslich reaktionsschnelle Heizungen mit Radiatoren oder masselose Wandheizungen verbaut werden. Abzuraten ist vom Einsatz einer Bodenheizung, denn diese ist viel zu träge und besetzt Masse, die für die Aufnahme von Sonnenwärme reserviert bleiben muss. Ausserdem ist die komfortabelste Wärme jene Wärmestrahlung, die den Körper

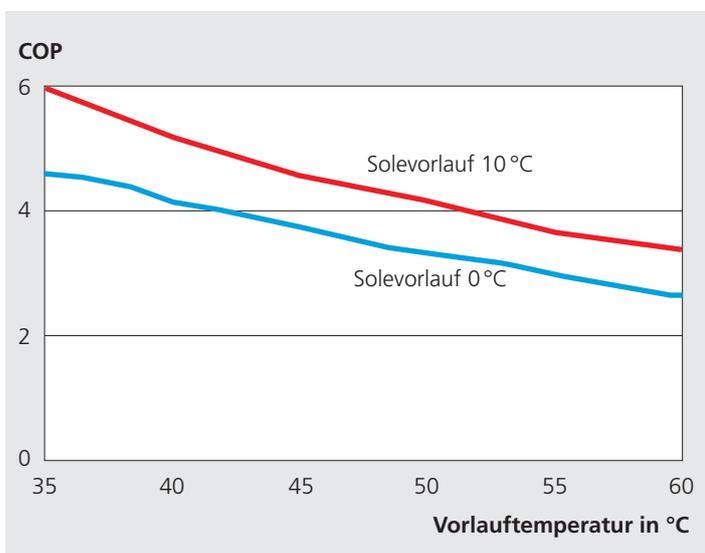
trifft. In Spezialfällen kann bei grossen Haustiefen auch eine Rohrschlange im südfensternahen Steinboden zur Wärmeumverteilung nach Norden benutzt werden, falls kein offener Grundriss möglich ist. Abgaberohre im Norden sollten in eine Zwischenwand verlegt werden. In diesem speziellen Fall soll auch eine Bauteilaktivierung integriert sein, da im Norden keine Sonnenwärme anfällt.

Wärmepumpen – 6 Punkte

Die Effizienz der Wärmepumpe ist nur teilweise durch die maschineninterne Konstruktion verbesserbar. Ein Grossteil der Effizienz ist im wahrsten Sinne des Wortes «hausgemacht». Eine um 1 K höhere Quellentemperatur oder eine um 1 K tiefere Vorlauftemperatur verbessern die Stromeffizienz um je 2 % bis 5 % pro K (Abbildung 72). Aus diesen Zusammenhängen sind folgende Forderungen formulierbar:

- Leistungsbedarf durch Optimierung der Gebäudehülle minimieren.
- Auf eine gute Einbindung der Technik in das Gebäude achten.
- Primärenergieverbrauch durch hohe Stromeffizienz minimieren, den Rest regenerativ erzeugen.

Abbildung 72: Die Arbeitszahl (COP) einer Wärmepumpe hängt von der Vorlauftemperatur ab (Quelle: Fawa).



Um ein Gebäude nicht nur zur Effizienz zu führen, sondern auch effizient zu planen, ist eine frühe enge Zusammenarbeit von Architekt, Statiker, Bauphysiker und Haus-

technikspezialist notwendig. In Bezug auf die Wärmepumpe sehen die Herausforderungen im Detail wie folgt aus:

1. Rechnen statt schätzen

Schätzen führt in der Regel zu erheblich grösseren Anlagen als notwendig. Das bringt Nachteile auf der ganzen Linie. Passend ausgelegte Anlagen weisen folgende Vorteile auf:

- Wärmequellenanlage wird günstiger respektive führt zu höheren Temperaturen auf der Kaltseite mit reduziertem Stromverbrauch und verringertem Verschleiss.
- Die Wärmepumpe wird kleiner und damit günstiger.
- Die Wärmeverteilung und -abgabe wird günstiger respektive die Temperaturen auf der Warmseite werden gesenkt → geringerer Stromverbrauch und reduzierter Verschleiss durch tieferen Druck im Kältemittel und weniger Ein- und Ausschaltungen.
- Die Wassererwärmung wird günstiger und die Temperaturen auf der Warmseite werden gesenkt → geringerer Stromverbrauch.
- Kleinere Geräte erzeugen weniger Lärm respektive erfordern geringere Schallschutzmassnahmen.

2. Solare Entlastung berechnen und anwenden

Gebäude mit einem erheblichen Anteil an passivsolarer Nutzung (entsprechende Ausrichtung, Einstrahlungsdauer über 4 bis 6 Stunden, etc.) profitieren vom Umstand, dass die Trübung durch Nebel und Wolken bei sehr kalter Witterung entfällt. Dies gilt vor allem für den alpinen Raum (Regionen ohne Inversionslagen). In der Norm SIA 382/3 ist dies enthalten durch die Berechnung spezifischer Heizlasten in den Punkten «klar/kalt» (z.B. Chur -7°C) oder «trüb» (z.B. -3°C). Dies entlastet den Leistungsbedarf eines Gebäudes um bis zu einem Drittel und lässt auch in der Gewinnung, Erzeugung und Verteilung von Wärme entsprechende Reduktionen zu. Die Folge ist eine Kostenreduktion sowohl bei den Investitionen als auch im Betrieb.

3. Jahresverbrauch: Verhältnis von Heizung und Warmwasser

Während der Verbrauch der Raumheizung rückläufig ist, steigt der Energieaufwand für die Wassererwärmung an. Eine Wärmeerzeugung ist nicht mehr «Raumheizung» mit der Nebenfunktion «Warmwasser». Das ursprüngliche Verhältnis in der Grössenordnung 10:1 tendiert gegen 1:1. Dies bedingt konstruktiv, vor allem aber planerisch, eine andere Ausrichtung in Bezug auf die Erzeugung und Speicherung, insbesondere bei der Wärmepumpe. Die Wassererwärmung soll den Temperaturhub von 10 K auf die Nutztemperatur nicht als 1 Hub mit dem schlechtesten COP bewerkstelligen, sondern in mehreren seriellen Stufen. Das Hochziehen einer Charge von etwa 10°C bis zur Nutztemperatur in mehreren Umgängen führt in der Regel zu einer deutlich höheren Arbeitszahl (z. B. 4 statt 3).

Forderung: Genügend grosse Speicher, intelligentes, wärmepumpengerechtes Erwärmen um 40 K bis 50 K, Nutzung von heissgasgekühlten Kompressoren.

4. Speicher- und Leitungsverluste

Je geringer der Heizwärmebedarf ausfällt, desto bedeutsamer werden die Speicher- und Leitungsverluste. Diese gilt es zu vermeiden oder zu optimieren:

- Erzeuger, Speicher und Leitungsnetz innerhalb der thermischen Hülle platzieren oder eine sehr gute Dämmung der Oberflächen realisieren.
- Aussenluftleitungen innerhalb der thermischen Hülle vermeiden oder gut dämmen.
- Ausstoss- und Zirkulationsverluste von Warmwasserleitungen minimieren, insbesondere ausserhalb der thermischen Hülle.

5. JAZ (Jahresarbeitszahl)

Eine hohe JAZ allein reicht nicht. Was zählt, ist ein geringer Verbrauch bei einer hohen Jahresarbeitszahl. Eine JAZ von 4 (konventionelle Erdsonden-Wärmepumpe) ist besser als eine JAZ von 10 bei dreifachem Verbrauch (schlecht gedämmtes Haus mit hohem spezifischem Verbrauch). Zudem kann eine tiefe Vorlauftemperatur

meist nur mit einem geringen spezifischen Verbrauch realisiert werden.

Forderung: Tiefer spezifischer Verbrauch, tiefe Betriebstemperaturen.

6. COP (Coefficient of Performance)

Wenn zwei Systeme dieselbe Jahresarbeitszahl (JAZ) aufweisen, so ist jenes System interessanter, das den besseren COP-Wert an kalten oder trüben Tagen aufweist. Dies wird offensichtlich, wenn sich die Witterung im Strompreis abbildet (Strom teurer bei geringer Produktion respektive grösserer Nachfrage).

Forderung: Die Nutzung von Abwärme oder des Kältspeichers «Erdreich» ist den Anwendungen «Aussenluft» vorzuziehen. Oft unbeachtet bleibt bei der Nutzung von «Aussenluft» der Umstand, dass die Auslegungstemperatur für Wärmebedarf und Wärmeverteilung (z. B. Chur -7°C) nicht identisch ist mit den Extremwerten der Aussenluft, die im Merkblatt SIA 2028 als 1-Stunden-Wert deklariert werden (z. B. Chur -14°C). Bei diesen Temperaturen haben Luft-Wasser-Wärmepumpen oft die Einsatzgrenze unterschritten respektive die Abtauung ist überfordert, insbesondere dann, wenn der Aussenluft-Wärmetauscher bei tiefen Temperaturen Wind ausgesetzt ist.

Permakultur

«Wer ein Leben lang glücklich sein will, der lege sich einen Garten an.»
Chinesisches Sprichwort

Wieso braucht es Garten und Grün?

Der Garten ist mehr als nur Zierde des Hauses. Er ist die Fortsetzung des häuslichen Lebensraumes und zugleich das Bindeglied zum Aussen mit seinen natürlichen und zivilisatorischen Einflüssen, die wiederum auf das Innere des Hauses einwirken. Die Möglichkeiten, wie der Aussenraum unterstützend auf die Funktionen des Hauses einwirken kann, sind vielfältig:

physikalisch

- Einwirkung von Wind und Sonnenlicht auf das Gebäude
- Versorgung der Bewohner mit Lebensmitteln und Brennholz

Abbildung 73: Nutzgarten auf einem Flachdach in New York (Bild: Elena Tarozzo).

Abbildung 74: Ziergarten-Labyrinth in der Erlebnisgärtnerei Dietwyler in Rüfenach (Bild: Pascal Hänggi).



sozial

- Begegnungszone mit Nachbarn
- Möglichkeit für andere Aktivitäten und Lernfelder als im Innern

körperlich-geistig

- Erholungsraum (Ruhe und körperliche Aktivität)
- Naturkontakt (Wetter, Boden, Pflanzen und Tiere)

Sonnenlicht – Lebensquell, aber manchmal des Guten zu viel

Das Wachstum von Pflanzen orientiert sich am Sonnenlicht. Pflanzen sind in ihrem Wachstum gewissermassen Solararchitekten. Sie positionieren sich so gut wie mög-

Definition der Permakultur

«Permakultur ist das bewusste Design sowie die Unterhaltung von landwirtschaftlich produktiven Ökosystemen, welche die Diversität, Stabilität und Widerstandsfähigkeit von natürlichen Ökosystemen (z. B. Wald) besitzen. Die Philosophie hinter Permakultur ist eine Philosophie, die mit der Natur und nicht gegen sie arbeitet, eine Philosophie der fortlaufenden und überlegten Beobachtung und nicht der fortlaufenden und gedankenlosen Aktion; sie betrachtet Systeme in all ihren Funktionen, anstatt nur eine Art von Ertrag von ihnen zu verlangen, und sie erlaubt Systemen, ihre eigene Evolution zu demonstrieren.» **Bill Mollison, Begründer der Permakultur, ausgezeichnet mit dem Alternativen Nobelpreis 1981.**

Abbildung 75: Begegnungen im Gemeinschaftsgarten Landhof in Basel (Bild: Bastiaan Frich).



lich, um das Sonnenlicht einzufangen. Bei einer geeigneten Artenzusammensetzung und ausreichender Verfügbarkeit von Nährstoffen und Wasser bilden Pflanzen in ihrem Bestreben, das Sonnenlicht optimal einzufangen, geschlossene Oberflächen. Aufgrund dieser Tatsache lassen sich Pflanzen in der Solararchitektur nutzen:

■ **Dachbegrünung:** verlangsamt den Abfluss von Regenwasser, kühlt durch die Verdunstung von gespeichertem Wasser.

■ **Fassadenbegrünung:** Beschattung zum Schutz vor übermäßigem Aufheizen einzelner Bauteile im Sommer, Verringerung der Luftbewegung an der Oberfläche eines Bauteils.

■ **Bepflanzung im Garten:** Beschattung gegen unerwünschte Sonneneinstrahlung, Windschutz für Gartenplätze, Biomasse für Nahrung, Gesundheit und Energie.

Bei Dach- und Fassadenbegrünungen bestimmen die Verfügbarkeit von Wasser, die Zusammensetzung und vor allem die Tiefe des Substrats, welche Pflanzen gedeihen. Je tiefer das Substrat, desto mehr Wasser steht zur Verfügung, was eine üppigere Vegetation ermöglicht.

Generell gilt es darauf zu achten, wie sich Pflanzen langfristig entwickeln, also welche Größe ein Baum in 25 oder 50 Jahren erreichen wird oder wie eine Bepflanzung zum Beispiel an einer Fassade gepflegt, geschnitten oder gejätet werden kann.

*Abbildung 76:
Fassadenbegrünung
an einem Ein-
familienhaus in
St. Pantaleon (Bild:
Anton Küchler).*



Sonnenenergie in Biomasse speichern

Pflanzen speichern die Energie der einfallenden Sonne in ihrer Biomasse, also in den Wurzeln, Stängeln, Blättern, Früchten oder Samen. Diese Energie machen wir uns zu Nutze, wenn wir die Biomasse als Nahrung oder Energieträger verwenden. Über Biomasse, die in Form von Kompost oder Pflanzenkohle in den Boden eingebracht wird, nutzen wir Sonnenenergie zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Wenn wir pro Jahr in einem Solarhaus 1 m³ oder 1 Ster Brennholz verbrauchen, so benötigen wir mindestens 1000 m² Waldfläche, damit diese Menge nachwächst. Bei kleineren Parzellen können wir auch den Schnitt von Bäumen, Hecken und Sträuchern fürs Heizen verwenden. Wichtig ist

*Abbildung 77:
Brennholz-Lager
auf dem Balmegg-
berg (Bild: Anton
Küchler).*

*Abbildung 78:
Lebensmittel aus
dem Selbstver-
sorger-Garten (Bild:
Marco Büttner).*



aber in jedem Fall, dass das Holz genügend lange und richtig gelagert wurde, um keine unangenehme Rauchentwicklung im bewohnten Gebiet zu verursachen.

Aus Sicht der Permakultur ist es nicht nötig, dass jeder Haushalt seinen eigenen Wald besitzt. Aus Gründen der Effizienz und des Know-hows ist es durchaus angebracht, wenn sich eine gemeinschaftliche Struktur (z. B. eine Bürgergemeinde) um die nachhaltige Versorgung seiner Mitglieder mit Brennholz kümmert.

Strukturen, die das Licht verändern

Mit der Gestaltung des Aussenraums kann die auf ein Gebäude eintreffende Sonneneinstrahlung verändert werden.

■ **Beispiel: Sonnenfalle.** Ein beliebtes Element aus der Permakultur ist die sogenannte Sonnenfalle. Dabei werden Bepflanzung und Strukturen so angeordnet, dass das einfallende Sonnenlicht optimal genutzt und kühlende Winde abgehalten werden. Dies führt zu einem erheblich wärmeren Mikroklima im Innern (Abbildung 79).

■ **Beispiel: Reflexion.** Im Einfallsbereich der Sonnenstrahlen können Bodenbeläge, beispielsweise heller Kies, aber auch Oberflächen von Teichen den Lichteinfall im Gebäude verändern. Dadurch lässt sich die einfallende Lichtqualität und Lichtmenge beeinflussen (Abbildung 80).

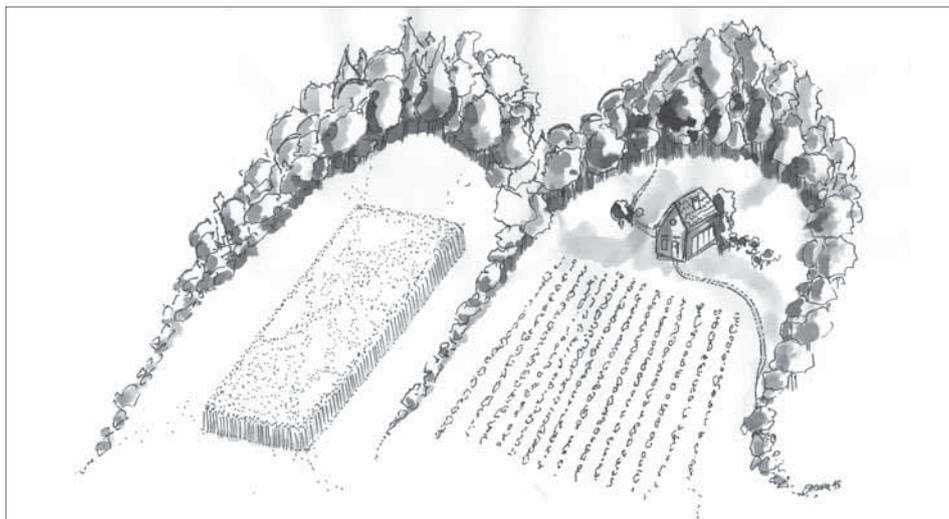


Abbildung 79: Die Sonnenfalle schafft ein helles und warmes Mikroklima (Zeichnung: Bill Mollison, Pascal Hänggi).

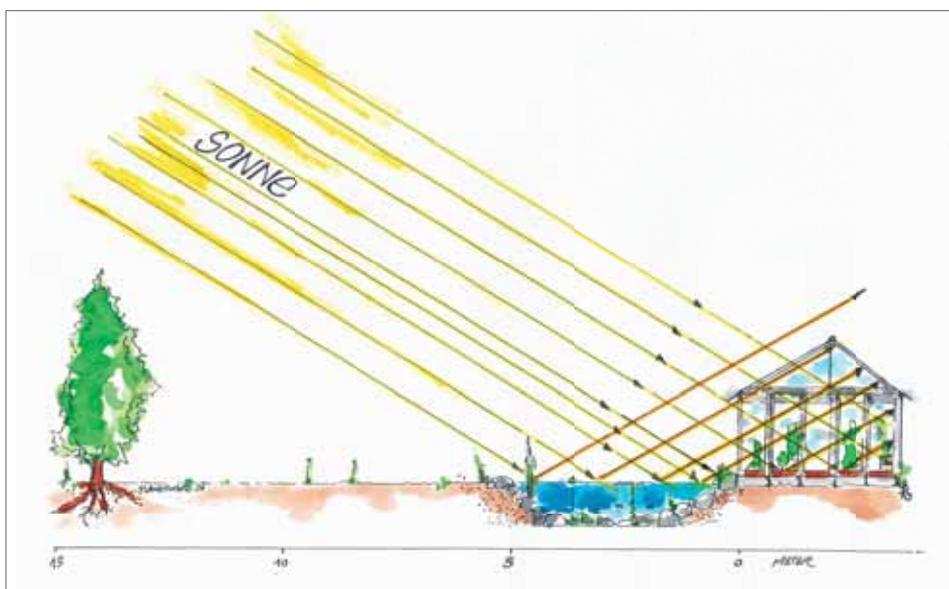


Abbildung 80: Lichtreflexion auf einer Wasseroberfläche (Diagramm: Kurt Forster, Pascal Hänggi).

Permakultur als Gestaltungsmethode

Mit einer Permakultur-Planung kann ein System – z.B. ein Garten, ein Haus, ein Landwirtschaftsbetrieb, ein Dorf, eine Stadt oder eine Region – nachhaltig entwickelt werden. Ziel ist es, herauszufinden, wo die fürs Essen, Heizen oder andere materielle und immaterielle Bedürfnisse nötigen Ressourcen beschafft werden müssen. Um die Nachhaltigkeit und Verfügbarkeit zu verbessern, ist auf folgende Punkte zu achten:

- Ressourcen nutzen, die so nahe wie möglich und so einfach wie möglich verfügbar sind.
- Systeme als Ökosysteme gestalten, um die Leistungen der natürlichen Prozesse möglichst optimal nutzen und dadurch die eigene Arbeit reduzieren zu können.
- Die Planung für und mit den beteiligten Menschen machen.

Die Permakultur-Planung verlangt einen integralen Ansatz (Abbildung 81). Jede Planung entwickelt die eigenen Antworten, abhängig vom Standort und den Be-

dürfnissen der Nutzerinnen und Nutzer. Architektur und Gestaltung des Aussenraumes sollen zu einer Einheit verschmelzen und sich gegenseitig optimal unterstützen. Permakultur fordert von den Systemen einen Ertrag – nicht nur finanziell, sondern auch in Bezug auf Ästhetik, Wohlbefinden, Kultur oder soziale Funktion. Dieser soll auch dann Bestand haben, wenn die Ressourcenversorgung nicht mehr in dem Ausmass zur Verfügung steht wie heute.

Links

- Permakultur Planung: www.planofuturo.ch
- Permakultur Verein Schweiz: www.permakultur.ch
- Permakultur Projekte: www.balmeggberg.ch, www.alpine-permakultur.ch
- Urbane Permakultur/Transition Towns: www.baselwandel.ch, www.urbanagriculturebasel.ch

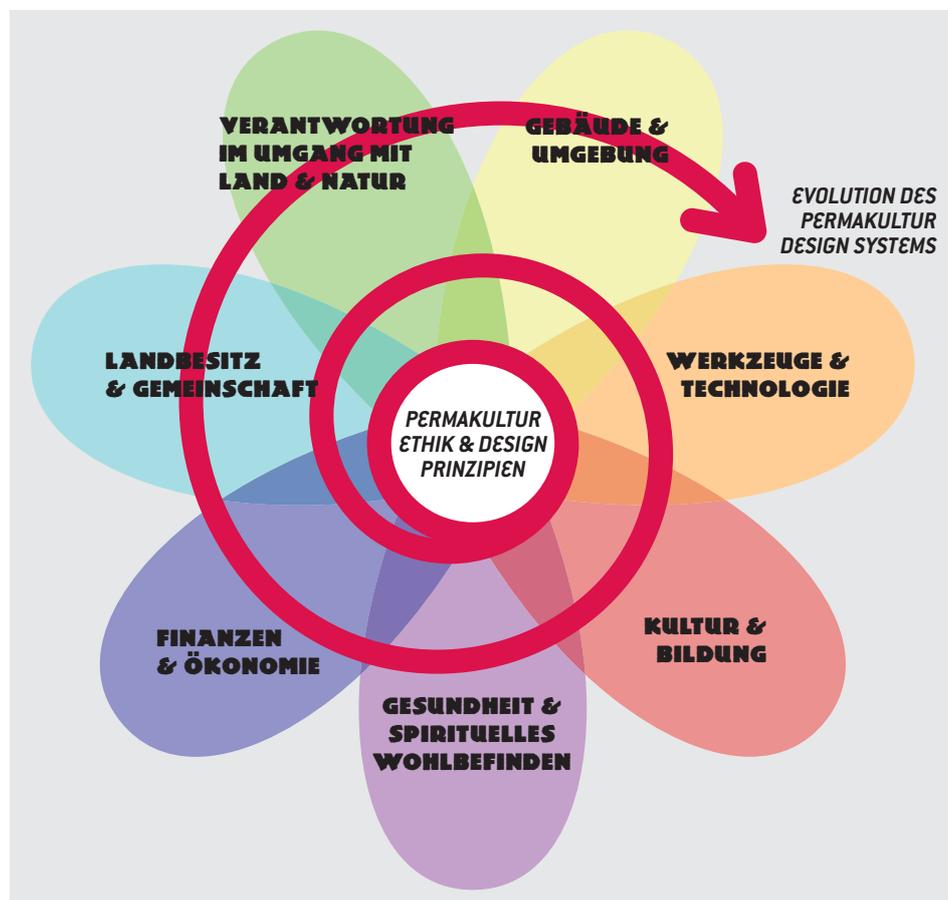


Abbildung 81: Themen einer Permakultur-Planung (Diagramm: David Holmgren).

Praxisbeispiele

In 10 Schritten zum solaren Direktgewinnhaus

1. Horizont aufnehmen und Sonnendiagramm erstellen
2. Überzeugendes architektonisches Konzept
3. Grundrissgestaltung mit der solaren Nutzung in Übereinstimmung bringen
4. Fenstergrößen optimieren und Verglasungsqualität festlegen
5. Äussere Beschattung und inneren Blendschutz einplanen
6. Innere Oberflächen und Konstruktionen festlegen respektive überprüfen
7. Innere Speichermasse mit Fenstergrößen und Verglasungsqualität abstimmen
8. Heizwärmebedarf im Monatsmittel nach Norm SIA 380/1 berechnen
9. Zusatzheizung und Wärmeverteilung für Schlechtwetterphasen festlegen
10. Materialwahl und Detailkonstruktionen nach baubiologischen Kriterien überprüfen

Zum architektonischen Konzept zählt: Entwurf, Städtebau, Volumetrie, Projektidee (Situation, Kontext, Orientierung, Veror-

tung, regionale Typologien, Flexibilität, Anpassungsmöglichkeit), zukunftsfähiges Tragwerk, Konstruktion, Materialisierung und kompakte Gebäudeform, Ästhetik, Aussenraumqualität, Gesamtenergiekonzept, planerische Offenheit.

Fazit

- Solare Konzepte und Gebäudetypologie sind vielfältig und projektspezifisch verortet.
- Der Mensch im Mittelpunkt
- Langfristige Betrachtungsweise
- «Leichter» Bauen und doch genügend Speichermasse vorsehen
- Energieverbrauch reduzieren
- Sonnenenergie passiv und aktiv nutzen

«Die wichtigste Aufgabe, die Planende in Zukunft zu lösen haben, ist, zukunftsfähige Gebäude atemberaubend attraktiv und aufregend zu machen.»

Werner Sobek, Ingenieur und Architekt

Links

- www.solaragentur.ch
- www.baubio.ch
- www.enbau.ch

Übersicht

Objekt	Standort	Besonderheit	Seite
Casa Felice	Sarn (GR)	Einfamilienhaus als reiner Massivholzbau	58
Haus Bünter	Horgen (ZH)	Minergie-P-Sanierung mit Photovoltaik	62
Haus Steinegger	Kilchberg (ZH)	Minergie-P-Eco mit Lehmspeicherwänden	67
Wohnhaus Stöckli und Gubler	Maladers (GR)	17 Tonnen Kalksandstein als Wärmespeicher	71
Zweifamilienhaus Höheweg	Köniz-Liebefeld (BE)	Low-tech in hybridem Holzbau	76
Dreifamilienhaus Enggisteinstrasse	Worb (BE)	Betonkern als Speichermasse	79
Mehrfamilienhaus Poststrasse	Spreitenbach (AG)	Holzelement-Bau mit Wassersaisonspeicher	82
Mehrfamilienhaus Gebhartstrasse	Köniz-Liebefeld (BE)	Das erste Minergie-P-Eco-Haus der Schweiz	86
Siedlung Kirchbodenstrasse	Thalwil (ZH)	Gute Dämmung, minimaler Heizbedarf	90
Siedlung Oberfeld	Ostermundigen (BE)	Erdspeicher und recycelbare Baumaterialien	92
Umbau und Sanierung Doppelkindergarten mit zwei Wohnungen	Chur (GR)	Ausgeglichene Energiebilanz	98
Musterschulzimmer Giacometti	Chur (GR)	Energieeinsparung trotz nicht optimaler Gebäudehülle	106
Autobahnwerkhof CeRN	Bursins (VD)	CO ₂ -neutrale Bilanz	112

Einfamilienhaus Casa Felice, Sarn

Ausgangslage

Die Bauherrschaft wünschte sich ein archaisches, nach baubiologischen Kriterien gebautes Haus mit gutem Raumklima, das durch die Sonne beheizt wird und ganz wenig Technik benötigt. Das Grundstück liegt auf rund 1400 m. ü. M. in Bauzonenrandlage mit grossartigem Ausblick.

Konzept

Im Dachgeschoss des kleinen Turmhauses befindet sich ein Grossraum für Entrée, Büro und Schlafzimmer mit Bad. Die Zimmereinteilung auf den Plänen wurde nicht realisiert. Das Obergeschoss umfasst eine offene Küche mit einem grosszügigen Wohn-Ess-Bereich. Im Mehrzweckraum im Erdgeschoss steht ein kleiner, raumtemperaturgeregelter Pelletofen und ein unter der Treppe versteckter Luft-Wasser-Wärmepumpenboiler. Dieser benutzt das durch solaren Direktgewinn beheizte Haus als Wärmequelle. Reicht die solare Wärme nicht aus, kommt der Pelletofen zum Einsatz. Diese einfache Lösung hat bei gutem Nutzerverhalten ein grosses Sparpotenzial. Auf dem Süddach ist mit einem Leerrohr bereits der Anschluss für eine Photovoltaikanlage vorgesehen. Damit wäre das Haus dann ein Plusenergiegebäude.

Bauweise

Boden und Wände im Erdgeschoss sind aus Sichtbeton. Unter der Bodenplatte liegen 45 cm Altglasschaum (Misapor), die erdberührten Wände sind mit 24 cm

Schaumglas gedämmt. Die beiden Obergeschosse bestehen aus einem innenliegenden Fichtestrückbau mit Massivholzdecken (Boden über EG: 40 mm Fichtedielen auf enger Balkenlage; Boden über OG: enge Balkenlage mit 7 cm Kalksandsteinauflage, Trennschicht und 40 mm Fichtedielen). Das Erdgeschoss aus Beton und die Massivholzkonstruktion bilden den Wärmespeicher. Aus demselben Grund hat die Dachunterseite eine vergrösserte Oberfläche. Wie die Absorptions- und Speicherberechnung zeigt, ist diese gerippte Holzspeicherdecke sehr effizient (siehe Beispiel Berechnung auf Seite 25/26). Gegen Süden und Osten sind Solardreifachverglasungen eingebaut (g-Wert = 65 %, U-Wert = 0,7 W/(m²K)), die übrigen Fenster sind konventionelle Dreifachverglasungen (g-Wert = 48 %, U-Wert = 0,549 W/(m²K)). Die Fenster sind Holzmetallrahmen mit einem Rahmen-U-Wert von 0,13 W/(m²K). Um die Satzung der Strickbauweise (ca. 4 cm pro Stockwerk) aufnehmen zu können, sind die Fenster an einer gleitenden Rostung befestigt und nicht mit dem Strick verbunden. Auch die Sanitärabwasserleitungen haben Schubmuffen, Wasserleitungen und Elektroinstallationen sind in der äusseren Dämmung flexibel verlegt (U-Wert = 0,15 W/(m²K); flexible Holzdämmung). Ein Bereich der äusseren Stülpschalung pro Stockwerk nimmt die Satzung auf. Eine äussere Holzfaserverplatte auf dem Schieberost bildet, zusammen mit den Fenstern, die Luftdichtigkeitsschicht.

Energieverbrauch

Für eine Raumtemperatur von mindestens 22 °C sowie der Erzeugung von $\frac{2}{3}$ des Warmwassers wurden im Haus pro Jahr zwischen 750 kg und 900 kg Pellets (50 bis 60 Säcke Pellets à 15 kg) verbrannt. Der Elektroverbrauch liegt bei rund 2600 kWh/a, inklusive Strom für den Wärmepumpenboiler.

Objektdaten	
Baujahr	2012
Standort	Sarn GR
Anzahl Wohnungen	1
Grundstücksfläche	507 m ²
Gebäudevolumen SIA 416	426 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert)	142 m ²
Spezifische Speicherfähigkeit SIA 380/1	siehe Speicher- und Absorptionsberechnung S. 28
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	750 kg–900 kg Pellets inkl. Warmwasser
Projektverfasser	Andrea Rüedi, Chur



Abbildung 82: Sicht auf die Südfassade mit äusseren Knickarmstoren und Segel für den Sommerbetrieb (Bild: Patrick Kälin).



Abbildung 83: Ansicht von Nordosten (Bild: Patrick Kälin).



Abbildung 84:
Talsicht über die
Südostecke. Die
Massivholzinnen-
flächen mit der
feinteiligen Balken-
lage mit Kalksand-
steinauflage
(Bild: Patrick Kälin).



Abbildung 85: Der
gleitende, äussere
Ständer für die Auf-
nahme der Satzung.

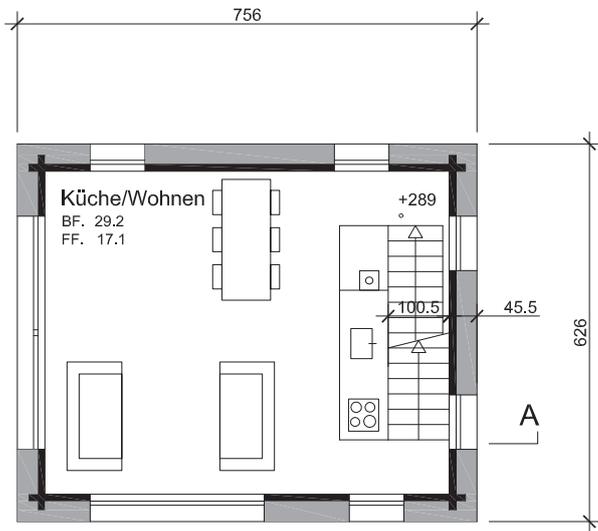


Abbildung 86: Grundriss Obergeschoss.

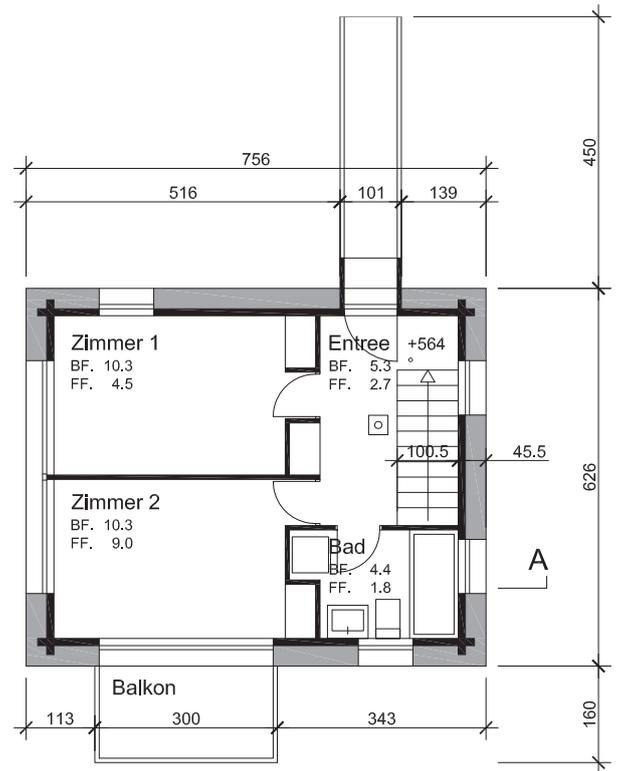
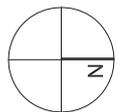
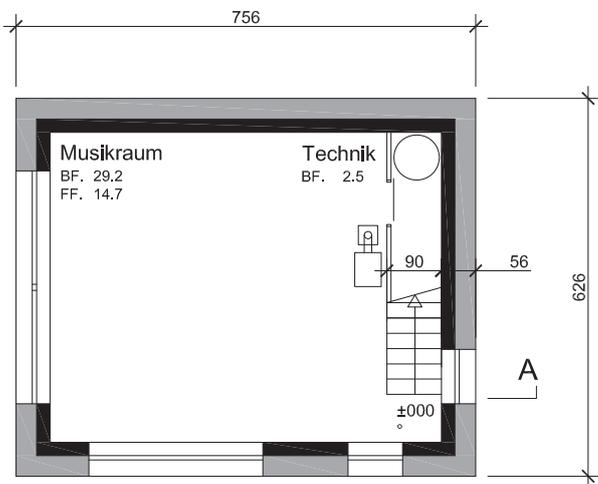


Abbildung 87: Grundriss Dachgeschoss.



Masse in cm
Flächen in m²



Abbildung 88: Grundriss Erdgeschoss.

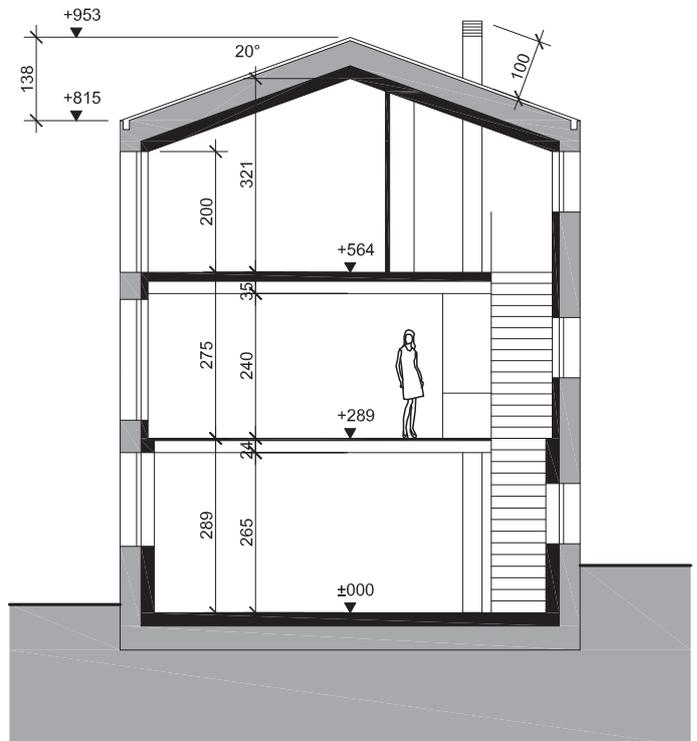


Abbildung 89: Schnitt.

Haus Bünter: Ein 250-jähriges Haus als Kraftwerk

Das sanierte Wohnhaus Bünter in Horgen ist nach Minergie-P-Standard zertifiziert und erreicht dank einer 60 m² grossen Photovoltaikanlage eine positive Energiebilanz. Schonender Umgang mit der bestehenden Bausubstanz, energetisch möglichst autark und eine baubiologisch und bauökologisch konsequente Bauweise waren die drei Hauptkriterien der Bauherrschaft. Die Bewohner sind sich bewusst, dass sie einen massgebenden Einfluss auf den Energieverbrauch des Hauses haben.

Sonnenenergie in drei Bereichen genutzt

Die Analyse des bestehenden Baues ergab, dass Sonnenenergie auf drei Arten genutzt werden kann:

1. Solarer Direktgewinn: Da sich die Hauptfassade gegen Süd-Südwesten richtet, wurde eine hohe passive Nutzung der Sonnenenergie angestrebt. Die grosszügigen Fensteröffnungen ermöglichen es der Sonne, im Winter tief in das Gebäude einzudringen. Über die rund 13 m² Solarfenster können bis zu 5200 Watt Heizenergie gewonnen werden. Als Speichermasse dienen die massiven Lehmwände sowie die dicken Lehmputze in den einzelnen Geschossen. An einem sonnigen Winter-

tag können so über 50 % der benötigten Gesamtenergie geerntet werden. Die Zusatzheizung kommt nur zum Einsatz, wenn es mehrere Tage lang stark bewölkt ist. Zudem hat dieses System den Vorteil, dass der Bewohner selber entscheiden kann, ob er die Zusatzheizung starten will oder einen dickeren Pullover anzieht.

2. Solaranlage für Warmwasser: Neben den Solarfenstern wurde in der Fassade eine 5 m² grosse thermische Solaranlage zur Wassererwärmung integriert. Sie deckt über 60 % der benötigten Warmwasserenergie.

3. Photovoltaikanlage auf dem Hauptdach: Auf dem südöstlichen Dachteil produziert eine vollintegrierte Photovoltaikanlage mit einer Fläche von 60 m² 6700 kWh – rund doppelt so viel elektrische Energie, wie die Bewohner benötigen.

Gesunde Baumaterialien

Sämtliche verwendeten Materialien wurden auf ihre baubiologischen Eigenschaften geprüft, um ein schadstoffreies Innenraumklima zu gewährleisten. Massivholz, Kalk, Lehm und Naturfarben bilden das Grundgerüst. Für die Dämmung wurden Kork, Zelluloseflocken und Holzfaserdämmstoffe eingesetzt. Alle diese Baustoffe benötigen in der Herstellung geringe Mengen an grauer Energie.

Bestehende Bausubstanz

Während im Erdgeschoss zum Teil ganze Wände ersetzt werden mussten, konnte im Obergeschoss auf den bestehenden Wänden aufgebaut werden. So wurde das ganze Gebäude mit vorgefertigten Holzelementen «eingepackt». Stolz ist Walter Bünter insbesondere auf das Dachgeschoss, wo die alte Tragstruktur gereinigt und so weiterverwendet werden konnte, wie es einst die Erbauer vor 250 Jahren gestaltet hatten. Dank der Verwendung von baubiologischen Materialien ist die Aussenhülle weiterhin diffusionsoffen.

Objektdaten	
Baujahr	1760, Sanierung: 2009
Standort	Horgen
Anzahl Wohnungen	1–2, wandelbar
Gebäudevolumen SIA 416	597 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert) EBF	236 m ²
Gebäudehüllziffer	1,9
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	464 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	9 %
Spezifische Speicherfähigkeit SIA 380/1	0,03 kWh/(m ² K)
Heizwärmebedarf SIA 380/1	19,4 kWh/(m ² a)
CO ₂ -Emissionen	vorher 15 576 kg/a nach Sanierung 2780 kg/a Reduktion von 82 %
Label	Minergie-P-Sanierung
Projektverfasser	Oikos, Jörg Watter

Das Regenwasser wird genutzt

Um die Wasserressourcen zu schonen, wurde ein 5000-Liter-Regenwassertank eingebaut. Dieses Wasser wird zur Spülung der Toiletten, für die Waschmaschine und den grosszügigen Garten genutzt. So können rund 40 % Frischwasser gespart werden. Ein neuartiger zweistufiger Kalkwandler, der ohne Strom und Salz funktioniert, schützt die Installationen vor Verkalkung. Reinigungs- und Wartungsmittel können stark reduziert werden, es entstehen weniger Kosten und Umweltschädigung.



Abbildung 90: Bestehendes Gebäude mit Werkstatt im Erdgeschoss, Wohnung im Obergeschoss und kaltem Estrich vor der Sanierung.

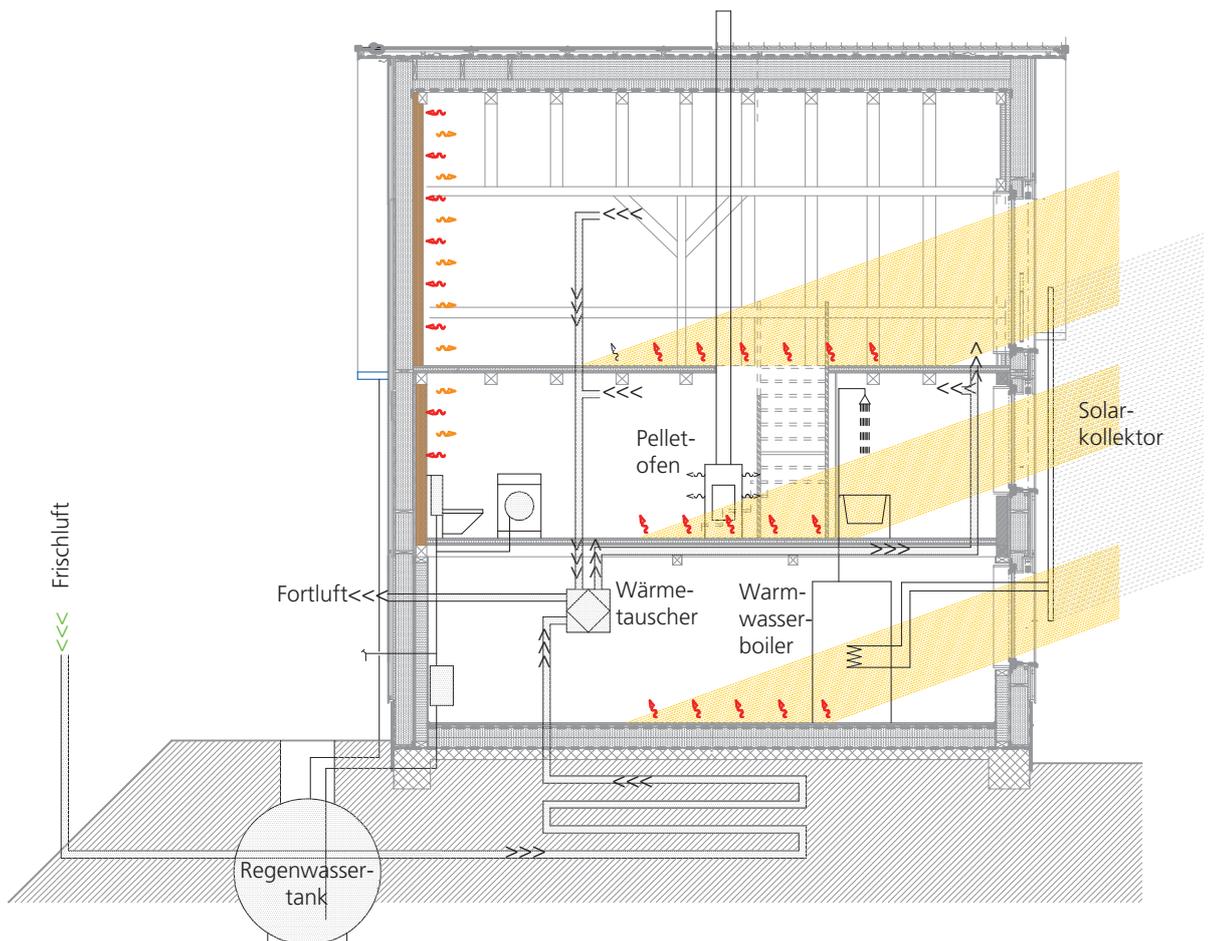


Abbildung 91: Haus Bünter nach der Sanierung – grosse Fenster nach Süden, Fassadenintegrierte Warmwasserkollektoren und Stromproduktion auf dem 60m² grossen Dach. Zusammen mit dem Dorfbrunnen bleibt so ein Stück Identität langfristig erhalten.

Abbildung 92:
250-jähriger Dachstuhl in neuem Kleid: Balkenlage bestehend gebürstet, Dachdämmung aufgesetzt inklusive neuer Dachstatik, Fassadenbereich mit ungebrannten Lehmsteinen ausgefacht.



Abbildung 93:
Dreifache Solarnutzung (Direkt, Warmwasser und Strom), Zusatzheizung mit Pellet-ofen, Lehm als Energiespeicher, Komfortlüftungsanlage mit Erdregister, Regenwassernutzung.



Dachaufbau

- Photovoltaik Elemente/Ziegeldach
- Ziegellattung/Konterlattung
- Diagonalschalung (27 mm)
- Pavatex Abdeckbahn, diffusionsoffen
- Pavatex Isoroof-Natur (35 mm)
- Neue Sparrenlage (24 cm), Zwischenraum gedämmt
- Neuer Trägerrost (12 cm), Zwischenraum gedämmt
- Leichte Dampfbremse
- 1. Dachschalung (24 mm), raumseitig gehobelt
- Bestehende Sparren (im Vordachbereich abgesägt)

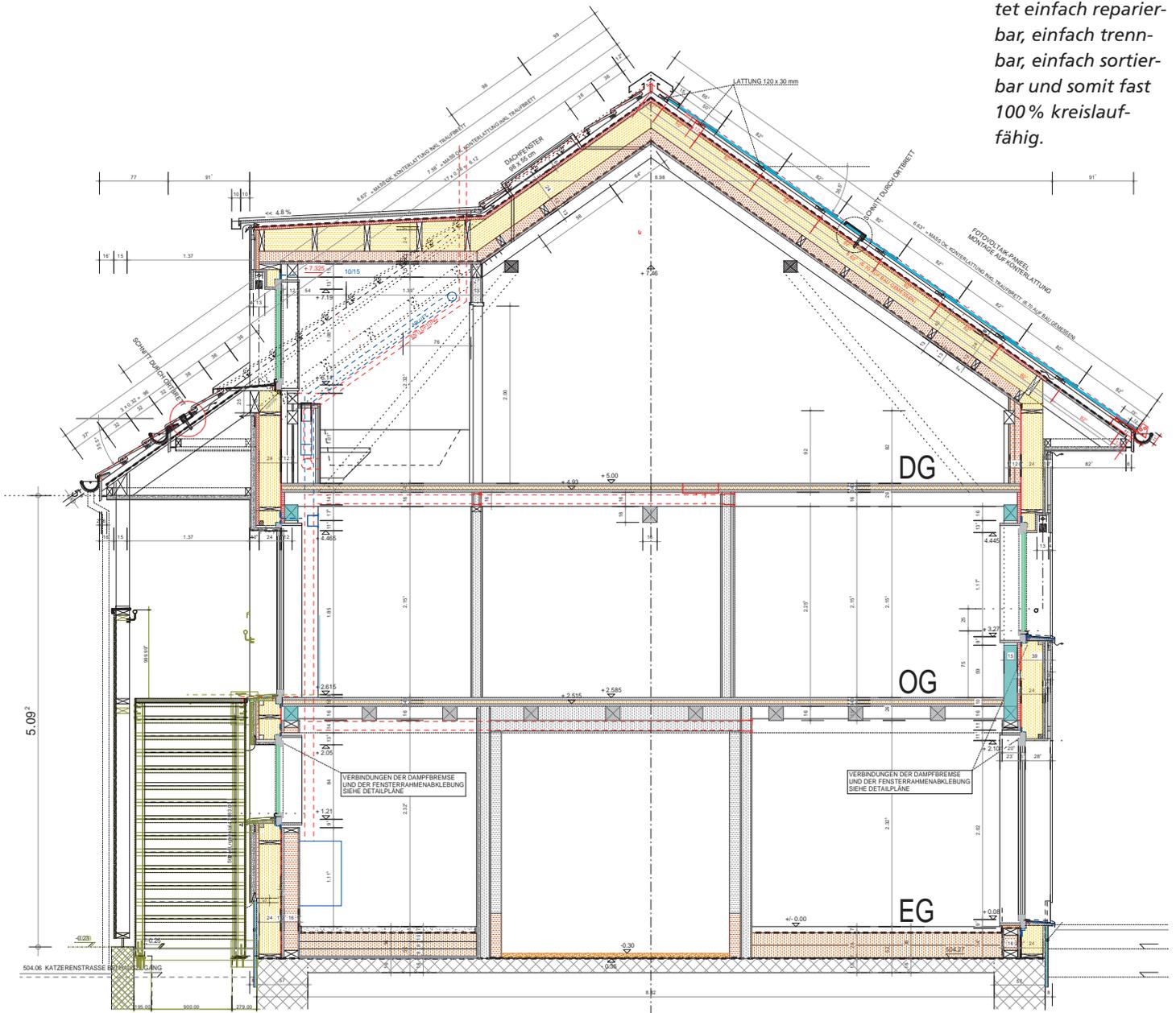
Wandaufbau Obergeschoss, bestehend und neu

- Bestehende Wand, Holzriegel und Mauerwerk
- Toleranzbereich (3,6 mm), Dämmmaterial geschüttet
- Pavaplan 3F (8 mm)
- Holzständer (24 cm), ausgeflockt
- Pavatex Isolair (35 mm) (Nord-West-Fassade), 2-mal Knauf-Gipsplatte (1,5 cm), Feuerwiderstand EI 60 (Süd-Ost-Fassade)
- Rostlattung vertikal (20 mm)
- Rostlattung horizontal (30 mm)
- Holz-Fassadenschalung

Wandaufbau Erdgeschoss neu

- Fermacellplatte (1,5 cm)
- Holzständer (16 cm), ausgeflockt
- Diagonalschalung (27 mm)
- Dampfbremse
- Toleranzbereich
- Pavaplan 3F (8 mm)
- Holzkonstruktion (24 cm), ausgeflockt
- Pavatex Isolair (35 mm) (Nord-West-Fassade), 2-mal Knauf-Gipsplatte (1,5 cm), Feuerwiderstand EI 60 (Süd-Ost-Fassade)
- Rostlattung vertikal (20 mm)
- Rostlattung horizontal (30 mm)
- Holz-Fassadenschalung

Abbildung 94:
Sämtliche Bauteile sind mechanisch verbunden und homogen verwendet (keine Verbundstoffe), das bedeutet einfach reparierbar, einfach trennbar, einfach sortierbar und somit fast 100% kreislauffähig.



Heizen

Reicht im Winter die Sonnenenergie nicht aus, um das Haus zu beheizen, wird die benötigte Heizenergie von einem zentral platzierten Pelletofen geliefert. Dank optimaler U-Werte für die Gebäudehülle und Fenster liegt der Bedarf nur bei rund 10 W/m^2 . Geheizt wird höchstens während 2 bis 3 Monaten im Winter, was einem Jahresverbrauch von ungefähr 150 l Heizöl entspricht.

Lüftung

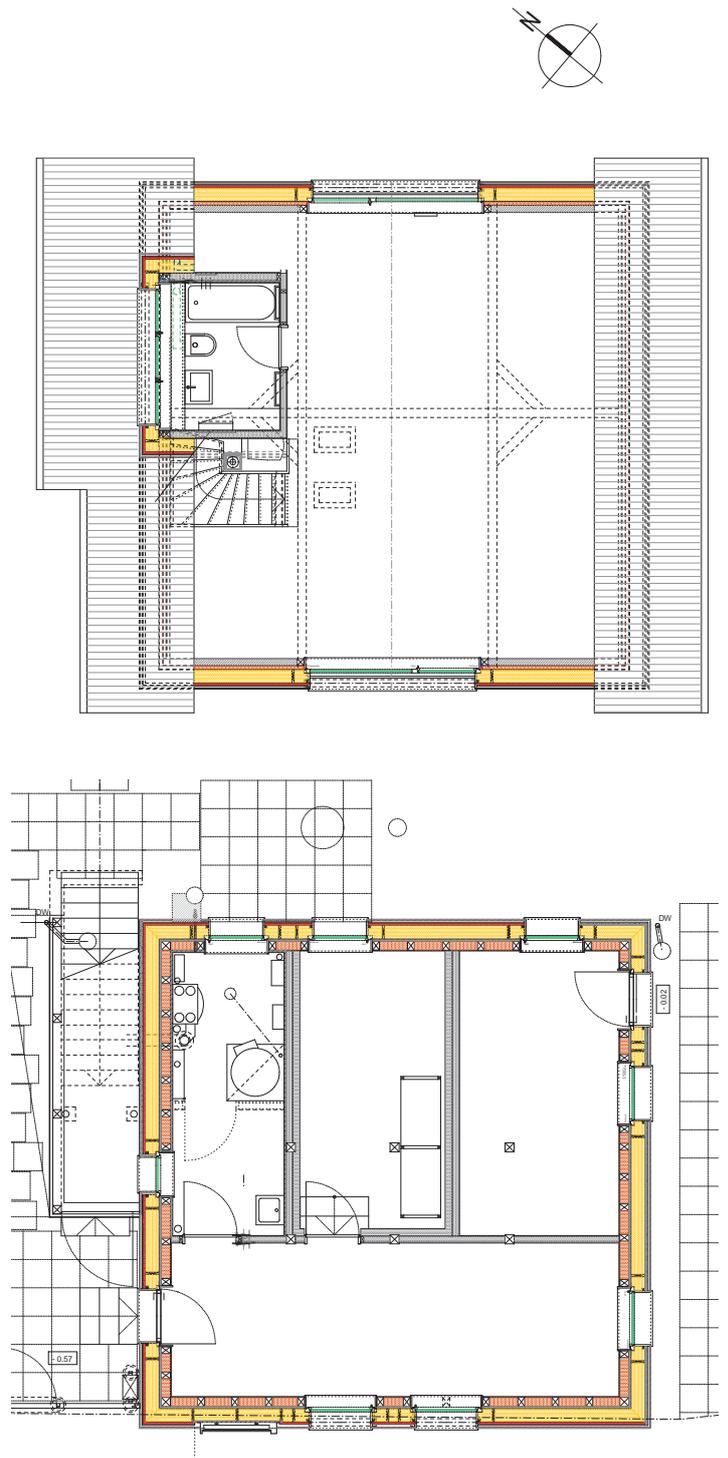
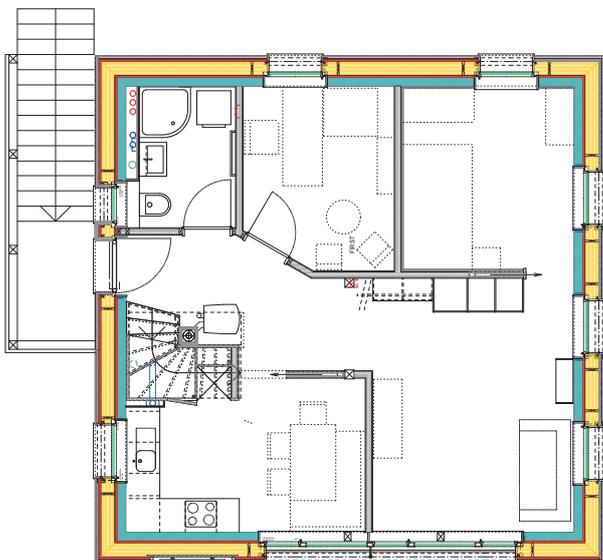
Die Lüftungsanlage versorgt das ganze Haus mit frischer Luft. Vor allem im Winter müssen daher die Fenster zum Lüften nicht geöffnet werden, die Wärme bleibt im Haus. Die Zuluft wird durch ein Erdregister angesaugt, dadurch im Winter durch die Erde vorgewärmt und im Sommer gekühlt. Ein für das Minergie-P-Zertifikat notwendiger Luftdichtigkeitstest belegt, dass das Haus winddicht gebaut ist und keine undichten Stellen vorhanden sind, die zu Energieverlusten führen könnten.

Ökobilanz

Viel graue Energie wurde eingespart indem ein bestehendes Haus, das seit Jahren nicht mehr genutzt wurde, wieder in den Zyklus des nutzbaren gebracht wurde. «Abfall» konnte so vermieden werden, was das Haus zu einem idealen Beispiel für ein «cradle to cradle»-Produkt macht. Es

wurden konsequent baubiologische, natürliche Materialien verwendet, die sehr wenig graue Energie enthalten und problemlos repariert oder wiederverwendet werden können. Die Elektroinstallationen wurden minimal gehalten, alle Apparate sind A-klassig.

Abbildung 95: Die bestehende Struktur wurde mit einer zusätzlichen vorgefertigten Holzkonstruktion umhüllt und hochwertig gedämmt. Der einfache Aufbau mit Holzstützen lässt eine hohe Flexibilität für künftige Nutzungen zu. Unten links: Erdgeschoss, unten rechts: Obergeschoss, oben rechts: Dachgeschoss.



Haus Steinegger: Holz küsst Lehm

Ausgangslage

Die Familie Steinegger von May stand vor der Entscheidung, das alte rund 80-jährige Haus zu sanieren oder durch einen Neubau zu ersetzen. In verschiedenen Studien wurden die zu erwartenden Konsequenzen dargelegt. Nutzflächengrösse, Nutzungsqualitäten und Kosten wurden verglichen. Der Entscheid fiel zu Gunsten jener Variante, welche die höchste Zukunftsfähigkeit versprach. So entstand auf dem durch eine Baulinie eingeschränkten Bauplatz ein nach Minergie-P-Eco zertifizierter Ersatzbau, der die bestehende Siedlungsstruktur sinnvoll ergänzt.

Die gesetzmässig maximale Ausnutzung soll ausgeschöpft werden, damit der Bau auch in Zukunft möglichst sinnvoll und von verschiedenen Bewohnern genutzt werden kann. Statisch sollten möglichst wenig tragende Elemente eine hohe Flexibilität gewährleisten. So kann jedes Geschoss nachträglich auf einfache Weise zu einer separaten Wohnung umgestaltet

werden. Hierfür nahm die Bauherrschaft gewisse Mehrkosten in Kauf.

Das Haus benötigt nur noch einen minimalen Input an Fremdenergie und nutzt vor allem Solarenergie. Die gewählten Baumaterialien sind nachwachsend, arm an grauer Energie und problemlos rückführbar in den Kreislauf der Natur.

Konstruktion

Im Erdgeschoss wird die Statik von massiven, rund 28 Tonnen schweren Stampflehmwänden übernommen, im Obergeschoss von einzelnen Zimmerwänden. Innovativ ist der Holzboden: Rund 120 m³ mondphasengerecht geschlagenes Tannenholz wurde kreuzweise verlegt und durch rund 600 Buchendübel pro Geschoss zu einer steifen Platte vereint. Absolut metallfrei verbunden bildet dies eine Grundlage vergleichbar mit einer massiven Betondecke. Die tragenden Aussenwände sind auf das statische Minimum reduziert (Holzständer 16 cm), werden innen durch eine gedämmte Installationsebene ergänzt und aussen soweit gedämmt, dass die Minergie-P-Anforderungen erfüllt werden.



Abbildung 96: Direktgewinn über drei Geschosse mit grosszügigen Fenstern. Fassadenintegrierte Warmwasseranlage.

Vierfache Sonnennutzung

Sämtliche energetischen Anforderungen von Minergie-P sind erfüllt. Die Winddichtheitsmessung ergab den sehr guten Wert von 0,27 bei geforderten 0,6. Die Werte entsprechen der Luftwechselrate $n_{50, st}$ nach Minergie, also dem Luftwechsel bei einer Druckdifferenz von 50 Pa. Für die Installationen wurden die elektrobiologischen Richtlinien angewandt. Das Regenwasser wird in einem 5000 Liter fassenden erdverlegten Tank gesammelt und für Toilette und Gartenbewässerung genutzt, was rund 50 % des Trinkwasserverbrauchs einspart. Das Gebäude nutzt die Sonne auf vier Arten. Die grosszügigen Südfenster mit rund 35 m² Fläche ermöglichen einen optimalen solaren Direktgewinn, der in den Steinböden und den Lehmwänden gespeichert wird. 8 m² fasadenintegrierte Sonnenkollektoren erwärmen das Wasser mit einem hohen Deckungsgrad. Reicht die Sonnenwärme nicht aus, deckt ein Pelletofen den kleinen Restwärmebedarf.

Baubiologische Materialien

Das Haus setzt bewusst auf eine hohe Qualität der verwendeten Materialien. Sie sind langlebig, kostengünstig im Unterhalt, einfach zu reparieren, multifunktional und gewährleisten ein gesundes Wohnklima. Während das Untergeschoss mit Recyclingbeton erstellt wurde, prägen ab der Bodenplatte die Materialien Holz, Holzfasernplatten, Kork, Kokos und Glas das Gebäude. Alle Bauteile sind trennbar eingebaut, so dass sie ohne grossen Aufwand ausgebaut und wiederverwendet werden können. Ist die äussere Schicht durch Verwitterung unbrauchbar geworden, kann sie ebenfalls einfach rückgebaut und ersetzt werden. Die Fenster sind so eingesetzt, dass jederzeit ein kompletter Ersatz mit geringem Aufwand möglich ist. Die Badezimmer sind mit einer Kalkglätte anstelle von Platten ausgeführt, die sich angenehm anfühlt und eine homogene Oberfläche aufweist.

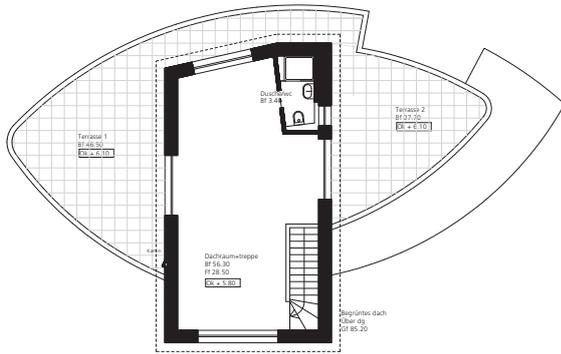
Abbildung 97: Die organische, dem Sonnenverlauf folgende Form prägt den Innen- und Aussenraum.



Objektdaten

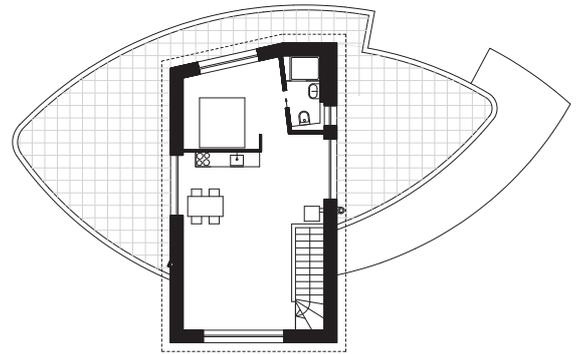
Baujahr	2010
Standort	Kilchberg
Anzahl Wohnungen	1–3, wandelbar
Grundstücksfläche	830 m ²
Gebäudevolumen SIA 416	996 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert) EBF	381 m ²
Gebäudehüllziffer	1,64
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	772 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	11,7 %
Spezifische Speicherfähigkeit SIA 380/1	0,08 kWh/(m ² K)
Heizwärmebedarf SIA 380/1	14,2 kWh/(m ² a)
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	28,1 kWh/(m ² a)
Label	Minergie-P-Eco
Projektverfasser	Oikos, Jörg Watter

Grundrisse Ist-Zustand

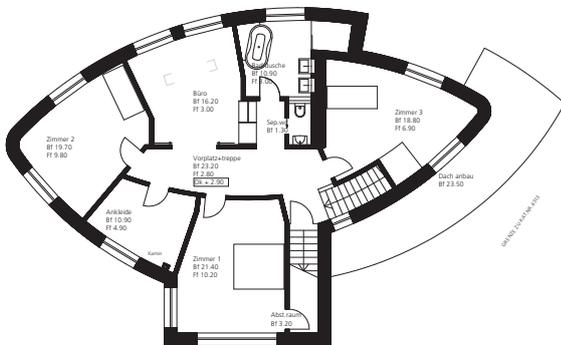


Dachgeschoss

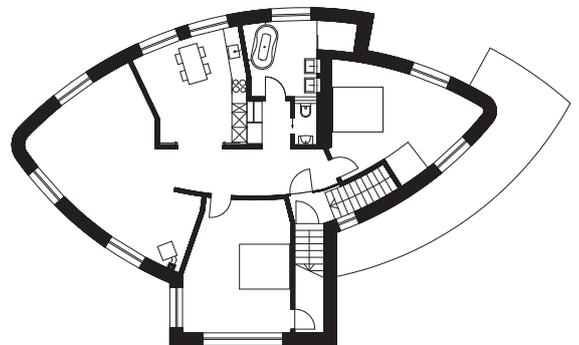
Grundrisse umgestaltet



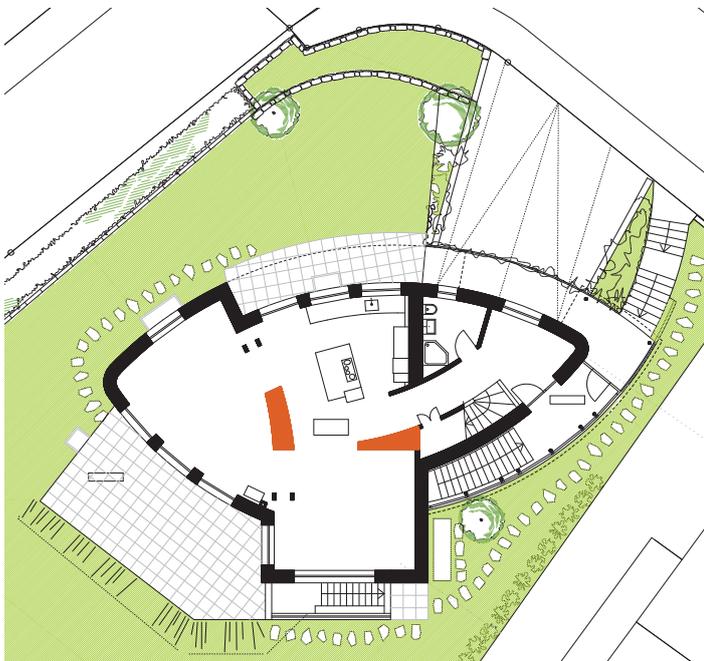
Dachgeschoss



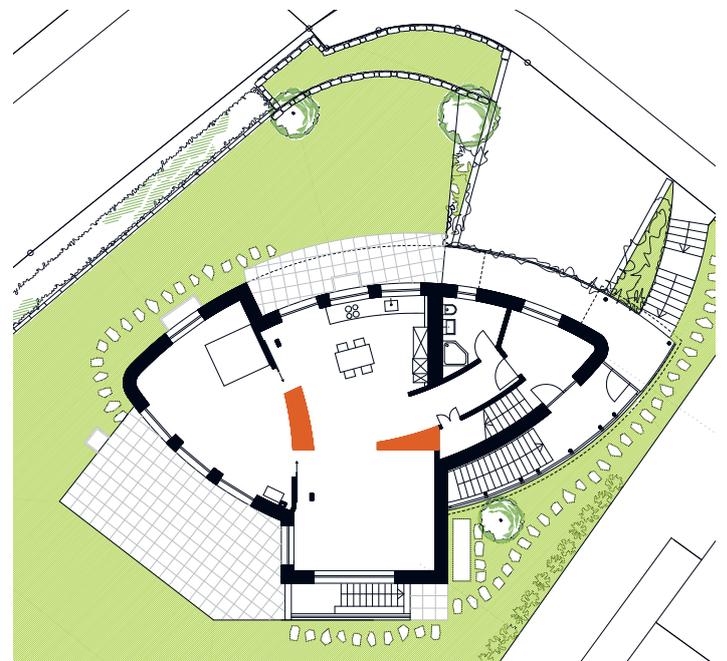
Obergeschoss



Obergeschoss



Erdgeschoss



Erdgeschoss

Abbildung 98: Wandelbarkeit der Grundrisse – mit minimalem Aufwand können aus einer Wohnung 2 oder 3 Wohnungen entstehen, womit die Bewohnerzahl auf 7 bis 8 erhöht werden kann.

Abbildung 99:
Im Schnitt ist die massive, kreuzweise verlegte und nur mit Holzdübeln verbundene Holzdecke (total 36 cm Holz) gut sichtbar.

Aussenwand

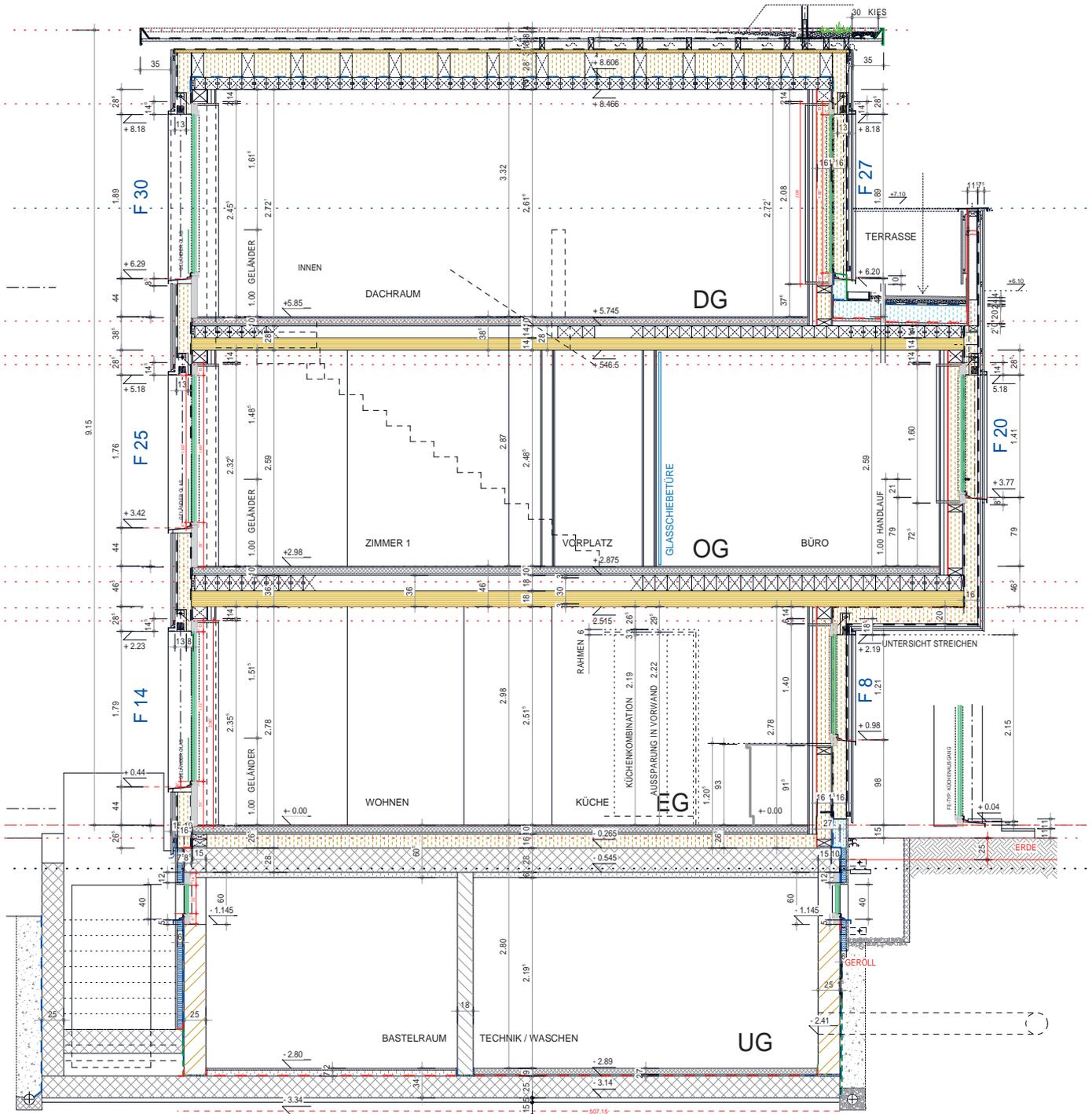
- Holzschalung (20 mm)
- Lattenrost (25 mm)
- Hinterlüftung (30 mm)
- Windpapier
- Holzfaserdämmplatte (16 cm)
- Windpapier
- Holzschalung (15 mm)
- Holzkonstruktion, mit Zelluloseflocken gedämmt (16 cm)
- Pavaplan 3F (0,8 cm), Stösse und Anschlüsse Boden, Wand, Decke abkleben

- Lattung horizontal (4 cm), gedämmt
- Lattung vertikal (4 cm), gedämmt
- Gipsfaserplatte (1,5 cm)

Dach

- Substrat (8 cm) inkl. Ansaat
- Gummischrotmatte
- Abdichtungsbahn
- 3-Schicht-Platte (27 mm)
- Hinterlüftungslattung konisch (10 cm – 14 cm), Montage mit Nageldichtungen

- Unterdachbahn, diffusionsoffen, wasserdicht
- Isoroof (35 mm)
- Balkenlage mit Zellulosedämmung (28 cm)
- Dampfbremse
- Balkendecke, 1-lagig (14 cm)



Neubau Wohnhaus Stöckli und Gubler, Maladers

Lage

Maladers liegt im Schanfigg an einem Südhang, 7 km von Chur entfernt. Das Grundstück ist rund 30° geneigt. Die Erschließung der Parzelle erfolgt im Norden über eine Quartierstrasse. Die unverbaubare Aussicht in Richtung Malix und Arosa sind wichtige Qualitäten des Grundstücks. Am kürzesten Tag des Jahres beträgt die Sonnenscheindauer knapp vier Stunden.

Raumkonzept

Das asymmetrische Gebäudevolumen mit dem First quer zum Hang bildet ein Gegenüber zum Wohnhaus Selias 4, das ebenfalls einen nicht mittig angeordneten First aufweist. Durch die Ausrichtung und das Angleichen der Dachform an die Gebäude aus dem Dorf sowie die Materialisierung der Fassade mit ortstypischen Baustoffen stellt das Gebäude einen starken Bezug zur bebauten Umgebung her. Eine Verschmelzung des Grundsatzes «Form follows Energy» mit den örtlichen Gegebenheiten bildet den Kern des architekto-

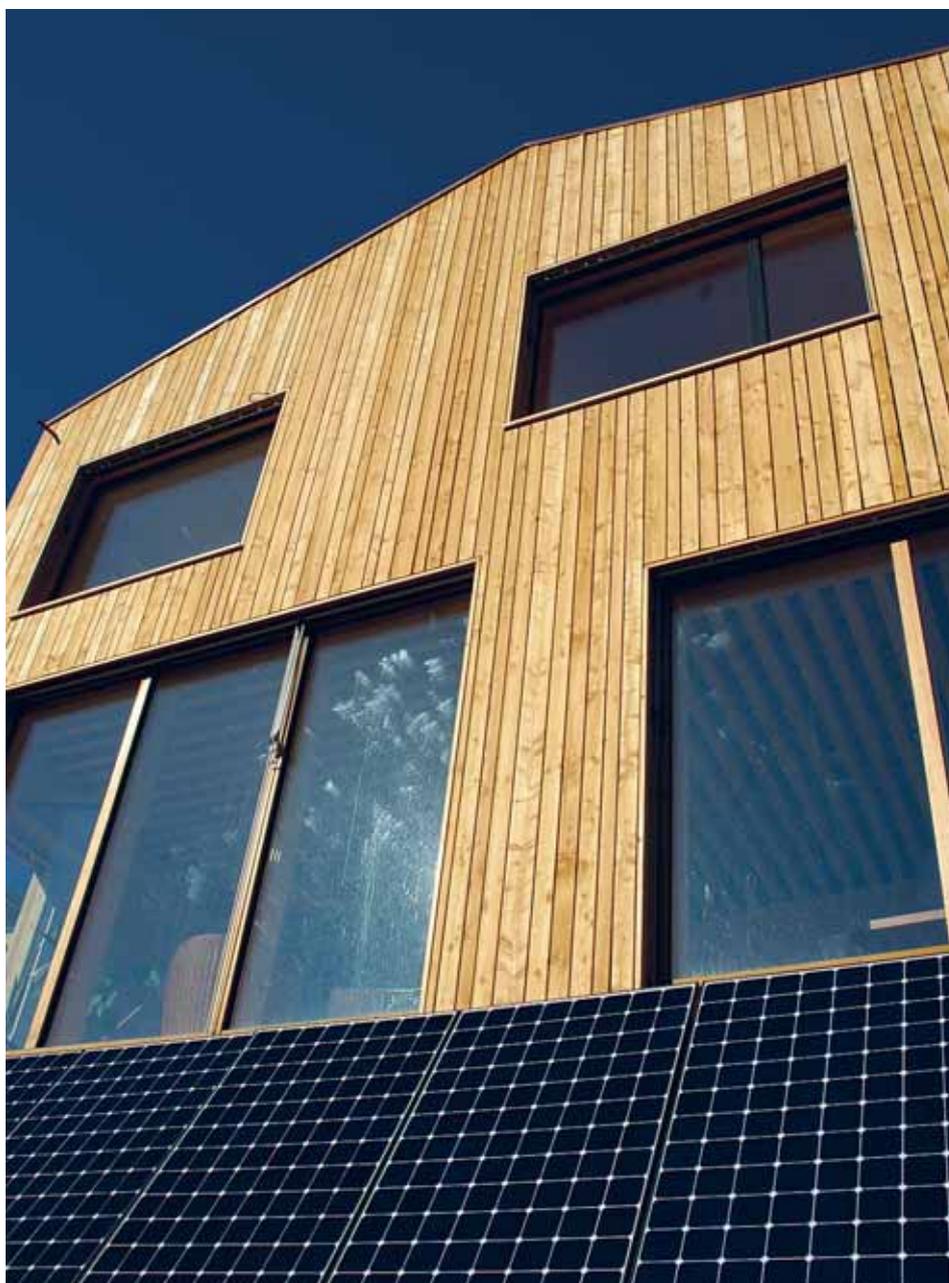


Abbildung 100: An der Südfassade in Holzbauweise decken 27 m² grosse Fensterflächen 69% des Wärmebedarfs und eine 3,8-kWp-Photovoltaikanlage den Strombedarf.

nischen Konzeptes. Die Südfenster sind mehrheitlich im Erdgeschoss angeordnet. Um die solaren Direktgewinne absorbieren zu können, befindet sich der überwiegende Teil der Gebäudemasse auf diesem Geschoss. Da warme Luft nach oben steigt, ist im Gebäude keine aktive Wärmeverteilung notwendig. Im Erdgeschoss wurde der Betonboden im Homogenverfahren geglättet und dunkel eingefärbt. Der Konstruktionsbeton erfüllt neben seiner tragenden Funktion die Anforderungen an einen strapazierfähigen Bodenbelag und dient zugleich als Speicher für die Sonnenwärme. Die Deckenkonstruktion aus Holzbalken und Kalksandsteinen ist ebenfalls darauf ausgelegt, Sonnenenergie zu speichern.

Energiekonzept

Das Gebäude ermöglicht den Bewohnern, unabhängig von fremden Energieträgern zu leben. Durch konsequente Energieeffizienz und minimalem Einsatz von Technik ist ein langfristig nachhaltiges Gebäude entstanden. Einzig die Energie fürs Kochen und für den kleinen Heizwärmebedarf wird nicht auf dem Grundstück gewonnen. Da jedoch ausschliesslich mit Holz gekocht und geheizt wird, stammt auch dieser erneuerbare Energieträger aus der unmittelbaren Umgebung des Gebäudes. Der Wärmebedarf des Hauses wird haupt-

sächlich durch den solaren Direktgewinn abgedeckt. Die grosszügige Verglasung auf der Südseite hat bei Sonnenschein eine Heizleistung von rund 14 kW. Im Innern weist das Haus eine Absorptionsleistung von 14,5 kW auf, womit die Überhitzung des Gebäudes bei Sonnenschein verhindert werden kann. Die anfallende Sonnenenergie wird in der Gebäudemasse gespeichert und bei sinkender Raumtemperatur wieder abgegeben.

Rund 93 % der Transmissions- und Lüftungsverluste können durch solare (69 %) und innere (24 %) Gewinne gedeckt werden. Die restlichen 7 % werden mit dem Holzkochherd erzeugt. Die notwendige elektrische Energie wird durch eine 3,8-kWp-Photovoltaikanlage auf der Südseite des Gebäudes erzeugt. Die Panels sind so angeordnet, dass sie im Winter einfach vom Schnee befreit werden können. Die Gebäudetechnik ist so ausgelegt, dass möglichst viel der benötigten elektrischen Energie bei Sonnenschein gebraucht wird. Akkus mit einer Kapazität von 19 kWh speichern den Überschuss, was zur Überbrückung von 5 Schlechtwettertagen reicht. Die Anlage ist so entwickelt, dass es jederzeit möglich ist, ein alternatives zusätzliches Element (z.B. Brennstoffzellen) in die Anlage zu integrieren. Sämtliche Elektrizitätsverbraucher sind nach den Kriterien vom minimalen Stromverbrauch gewählt. Anstelle von neuen Akkus wurden Occasionen aus einer Notstromanlage installiert.

Warmwasser

Eine Luft-Wasserwärmepumpe generiert das Warmwasser. Der notwendige Strom wird durch Photovoltaik erzeugt. Sobald die Akkus vollgeladen sind, schaltet die Warmwassererzeugung ein. Die Wärmepumpe entnimmt die Wärme aus dem Innern. Dadurch wird ein besserer Wirkungsgrad erreicht und das Gebäude gleichzeitig gekühlt. Zusätzlich verfügt der Boiler über ein Wärmeregister, welches mit dem Holzkochherd gekoppelt ist. Nach dem Kochen kann damit die Restwärme des Holzofens den Boiler erwärmen.

Objektdaten	
Baujahr	2011
Standort	Maladers
Anzahl Wohnungen	1
Grundstücksfläche	478 m ²
Gebäudevolumen SIA 416	600 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert)	154 m ²
Gebäudehüllziffer	2,45
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	378 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	12 %
Absorptionsleistung	14 kW
Gespeicherte Wärme	62 kWh
Heizwärmebedarf SIA 380/1	7,5 kWh/(m ² a)
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	0,7 Ster Tannenholz
Projektverfasser	Pfleger + Stoeckli Architektur, Chur



Abbildung 101
(links): Die Bodenplatte wird erstellt. Der Sichtbeton ist schwarz eingefärbt, damit er besser Wärme aufnimmt.

Abbildung 102
(unten links): Das Haus wird in Elementbauweise aufgerichtet.

Abbildung 103
(unten rechts): 17 Tonnen Kalksandsteine in den Decken speichern Wärme der Sonne.



Abbildung 104
(rechts): Nord-
fassade mit Zugang.

Abbildung 105 (un-
ten links): Die Holz-
balken im engen
Raster dienen als
Kühlrippen und
speichern
Sonneneenergie.

Abbildung 106
(unten rechts):
Offene Räume er-
möglichen die pas-
sive Wärmevertei-
lung über die Luft.



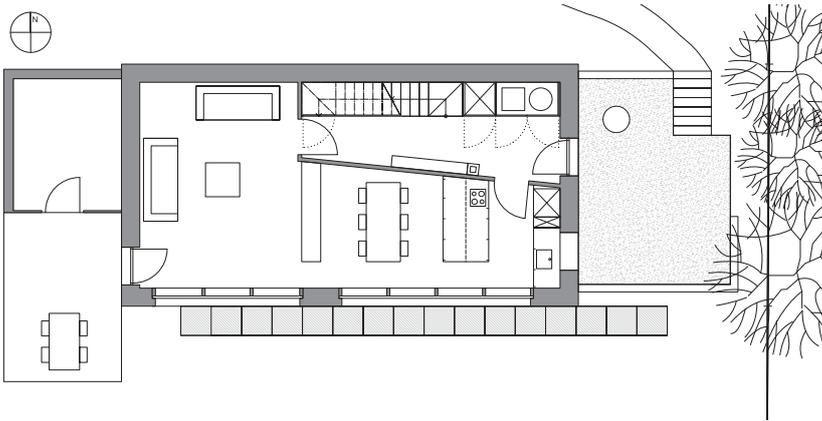


Abbildung 107: Erdgeschoss.

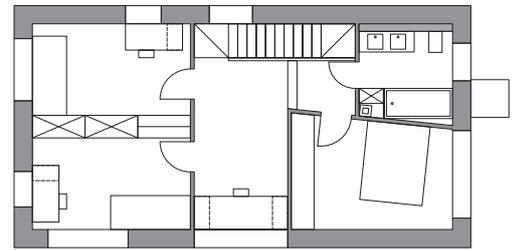


Abbildung 108: Obergeschoss.

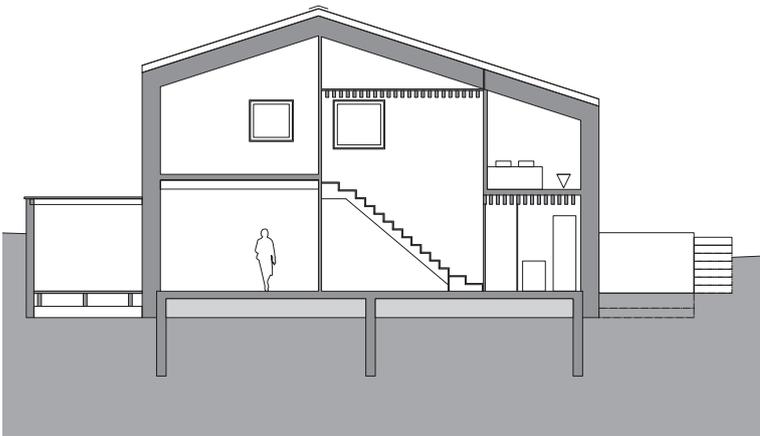


Abbildung 109: Längsschnitt.

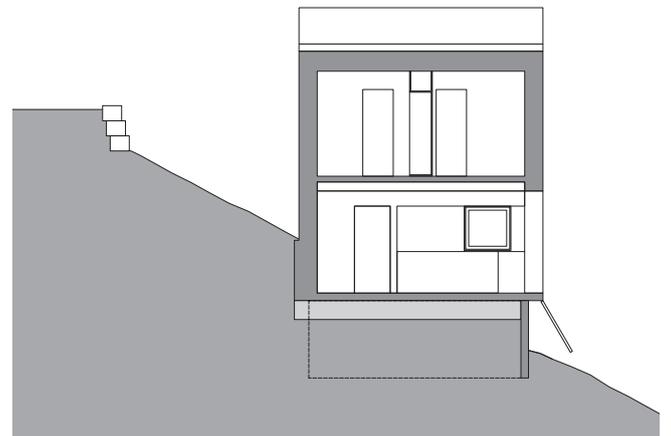


Abbildung 110: Querschnitt.



Abbildung 111: Südfassade.

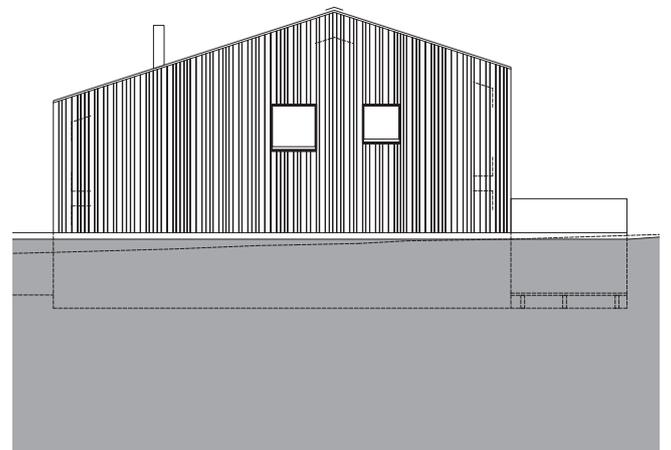


Abbildung 112: Nordfassade.

Zweifamilienhaus Höheweg, Köniz-Liebefeld

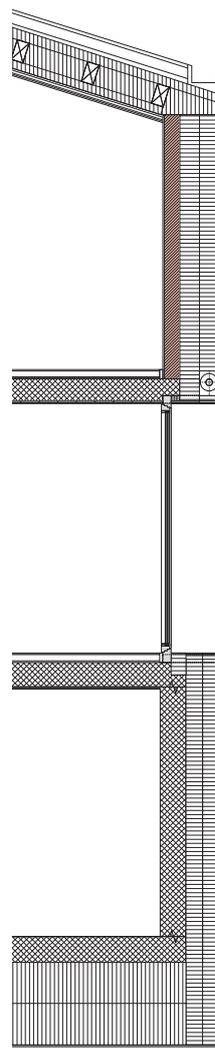
Die Architektur und das Wohlbefinden der Bewohner haben Priorität. Nach diesem Grundsatz bauten die Architekten Jost Kutter und Peter Schürch ein Zweifamilienhaus in Köniz-Liebefeld als offenes, lichtdurchflutetes Gebäude, das tendenziell ein Nullenergiehaus ist, dabei aber allen Ansprüchen hinsichtlich Komfort und Ästhetik entspricht.

Der Blick auf die Querschnitte zeigt, wie raffiniert die beiden Hausteile ineinander gefügt sind: Während sich die Westwohnung über 6 Halbgewölbe erstreckt, hat die Ostwohnung deren 5; im Hausgiebel überkragt die eine Wohnung die andere. Im ersten Halbgewölbe der Westwohnung ist links die Küche mit Esstisch, rechts der Wohnbereich. Das ist ungewöhnlich, denn links bedeutet südlich, rechts nördlich. Die Küche mit dem grossen Fenster ist ungewöhnlich platziert: im Süden. Dieser Grundriss folgt aber der Logik, dass die Bewohner tagsüber viel Zeit in der Küche verbringen, also soll es dort hell und warm sein.

Der Wohnbereich zeichnet sich durch seine Offenheit aus, indem sich ein Bereich über 2 Halbgewölbe erstreckt und der Raum sich zur oberen Treppenhausgalerie öffnet. Das ergibt eine spannungsvolle, fast skulpturale Struktur, bei der der Sichtbeton gut zur Geltung kommt. Das offene Prinzip prägt die ganze Abfolge der Räume, treppauf und treppab entsteht der Eindruck eines Raumkontinuums – zumal es zwischen den Zimmern nur die notwendigsten Schiebetüren hat. Der massive Holzriemenboden in allen Zimmern und der Kachelofen im Wohnzimmer steigern das Gefühl des Zuhause-seins zusätzlich. Jetzt wird eingeheizt: Das Holz liegt schön gestapelt in einer Nische neben der Kaminwand, die sich wegen der eingebauten Keramik nach und nach erwärmt. Notwendig wäre es nicht, jetzt einzufeuern – obwohl der Ofen die einzige Heizquelle ist. Denn das Haus nutzt die Sonne durch passiven Energiegewinn. Die Konstruktion des Gebäudes ist ein hybrider Holzbau, bei

dem auch Backsteine, Beton und Kalkputze zum Einsatz kamen. Der massive Kern bildet den saisonal ausgleichenden Wärmespeicher. Die ohnehin vorhandene Wärme von Bewohnern und Geräten wird maximal gespeichert. Dank des Luftaustausches und der Anwendung teils alter, fast vergessener Materialien ist alles auf Low-tech ausgerichtet. Einzig das Kombi-Lüftungsgerät ist High-tech. Das Haus widerlegt viele gängige Vorurteile, schon allein durch die Tatsache der grösstenteils raumhohen Fenster, zumal just auch im Norden. (Konrad Tobler)

Abbildung 113:
Schnitt durch die
Aussenwand.



Detailschnitt Fassade

- Dachaufbau
- Doppelfalzdach
- Holzschalung (27 mm)
- Lattung für Hinterlüftung (60/100 mm)
- Unterdachfolie, dampfdiffusionsoffen
- Weichfaserplatte (52 mm)
- Längslattung (60/80 mm; Dämmung 80 mm)
- Balkenlage (120/200 mm; dazwischen Dämmung 200 mm)
- Längslattung (60/80 mm; Dämmung 80 mm)
- OSB (18 mm); als Dampfbremse
- Gipsfaserplatten (13 mm) und Weissputz

Fassadenaufbau

- Aussenputz (10 mm)
- Putzträgerplatte (15 mm)
- Hinterlüftung (30 mm)
- Lattung und Dämmung (80 mm)
- Lattung und Dämmung (80 mm)
- zwei Dämmschichten im Mauerwerk verankert (je 220 mm)
- Backstein (150 mm)
- Kalkputz

Bodenaufbau Wohngeschosse

- Bodenbelag Parkett (28 mm)
- Unterlagsboden (60 mm)
- Trittschalldämmung (22 mm)
- Beton (220 mm)



Abbildung 114
(links): Der Kachel-
ofen ist die einzige
Wärmequelle (Bild:
Christine Blaser).

Abbildung 115
(unten): Hybride
Holzkonstruktion
mit massivem Kern
als saisonal ausglei-
chender Wärme-
speicher (Bild:
Christine Blaser).

Objektdaten	Westflügel	Ostflügel
Baujahr	2007	
Standort	Köniz-Liebefeld	
Anzahl Wohnungen	2	
Grundstücksfläche	1265 m ²	
Gebäudevolumen SIA 416	1797,5 m ³	
Energiebezugsfläche (korr.)	201,8 m ²	196,0 m ²
Gebäudehüllziffer	2,01	2,14
Gebäudehüllfläche (unkorr.)	2295 m ²	
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	24,2 %	26,5 %
Heizwärmebedarf SIA 380/1	13,2 kWh/(m ² a)	14 kWh/(m ² a)
Label	Minergie-P-Eco	
Projektverfasser	Halle 58, Peter Schürch	



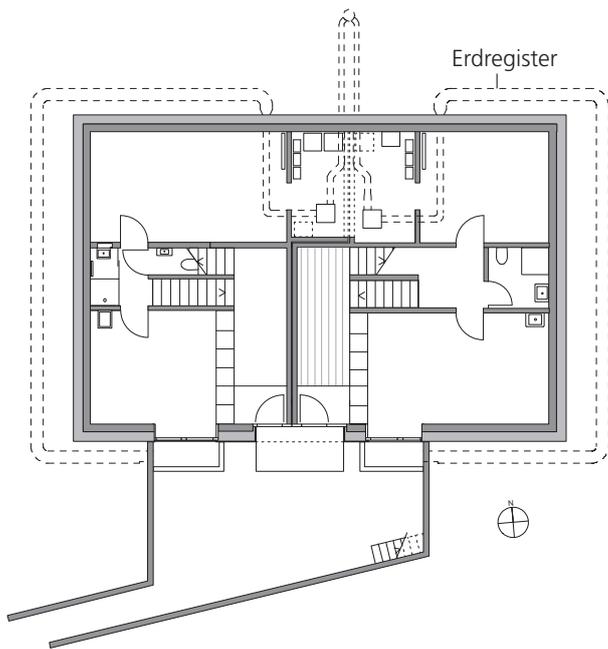


Abbildung 116: Untergeschoss.



Abbildung 117: Erdgeschoss.

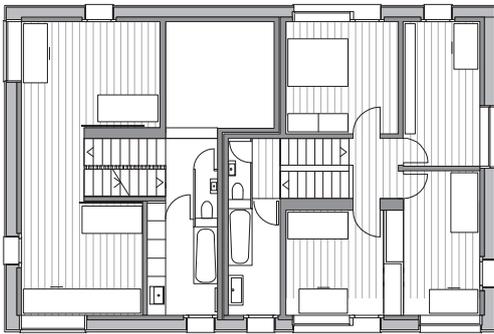


Abbildung 118: Obergeschoss.

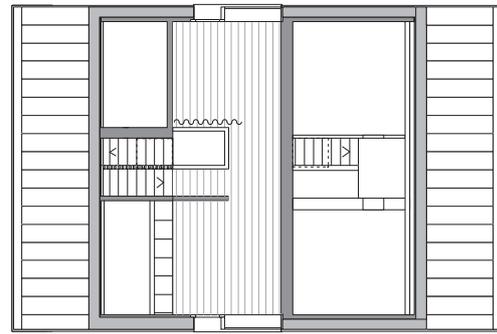


Abbildung 119: Dachgeschoss.

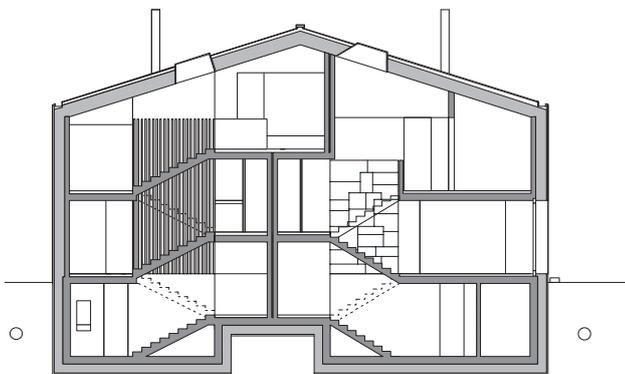


Abbildung 120: Längsschnitt.

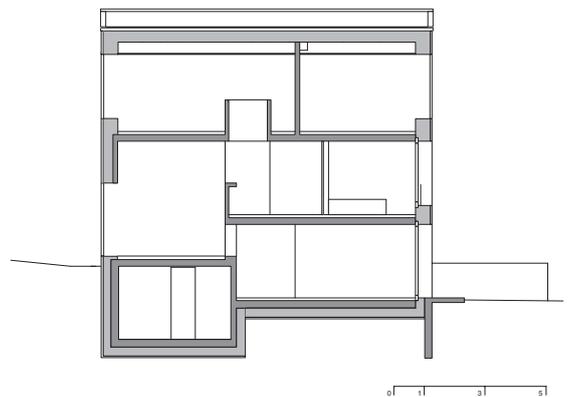


Abbildung 121: Querschnitt.

Dreifamilienhaus Enggistestrasse, Worb

Nach der Zerstörung des bestehenden Gebäudes durch einen Brand im Jahr 2005, sollte das vielfältige Ensemble historischer Bauten im Umfeld der Kirche mit einem Neubau ergänzt werden. Dieser übernimmt als Holzbau das ortsübliche Baumaterial. Die Architektursprache des Neubaus ist kubisch, einfach und klar. Durch das Einbinden der Balkone mittels einer Holzverkleidung erhält das Gebäude ein ablesbares Volumen und ein einheitliches, zeitgemäßes Erscheinungsbild.

Die 3 Etagen-Wohnungen verfügen über flexible Grundrisse, organisiert um einen massiven, raumbildenden Kern. Die Küche, der Ess- und Wohnraum bilden ein Raumkontinuum. Die Qualität der Woh-

nungen ist durch helle, variabel nutzbare Räume geprägt. Umlaufende Balkone respektive Aussensitzplätze schaffen zu jeder Wohnung eine qualitätsvolle Erweiterung des Innenraums.

Der Neubau zeichnet sich durch seine konsequente, energieeffiziente und ökologische Bauweise aus. Das Sockelgeschoss des nach Minergie-P zertifizierten Gebäudes wurde zu einem grossen Teil aus Recyclingbeton erstellt. Auf diesem wurde eine zweigeschossige vorfabrizierte Holzständerkonstruktion errichtet.

Dank der konsequenten Dämmung der Gebäudehülle und der Nutzung passiver Sonnenenergie mit dem Betonkern als Speichermasse benötigt das Gebäude nur noch wenig Betriebsenergie. Sonnenkollektoren stehen für die Produktion des Warmwassers bereit, Erdwärme wird mit einer Wärmepumpe für die Heizung genutzt. Eine Komfortlüftung, die Frischluft über ein Erdregister bezieht, rundet das Haustechnikkonzept ab. Photovoltaikpaneele zur Stromproduktion wurden vorgesehen und können jederzeit nachgerüstet werden.

Objektdaten	
Baujahr	2011
Standort	Worb
Anzahl Wohnungen	3
Wohnfläche SIA 416	BGF Wohnungen: 377m ² , BGF übrige: 44,5 m ²
Grundstücksfläche	602 m ²
Gebäudevolumen SIA 416	1837 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert) EBF	373,6 m ²
Gebäudehüllziffer	1,95
Heizwärmebedarf SIA 380/1	26 kWh/(m ² a)
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	39,5 kWh/(m ² a)
Label	Minergie-P
Projektverfasser	Halle 58, Peter Schürch

Abbildung 122:
Schnitt.



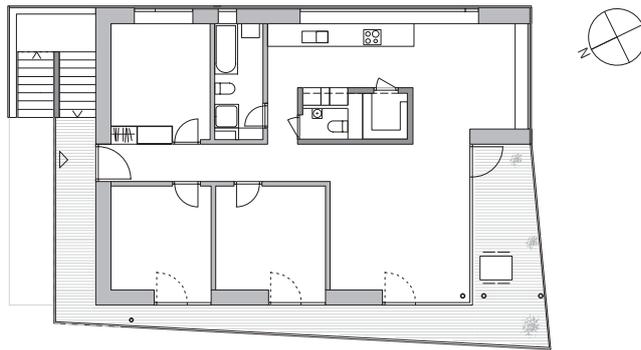


Abbildung 123:
Obergeschoss.

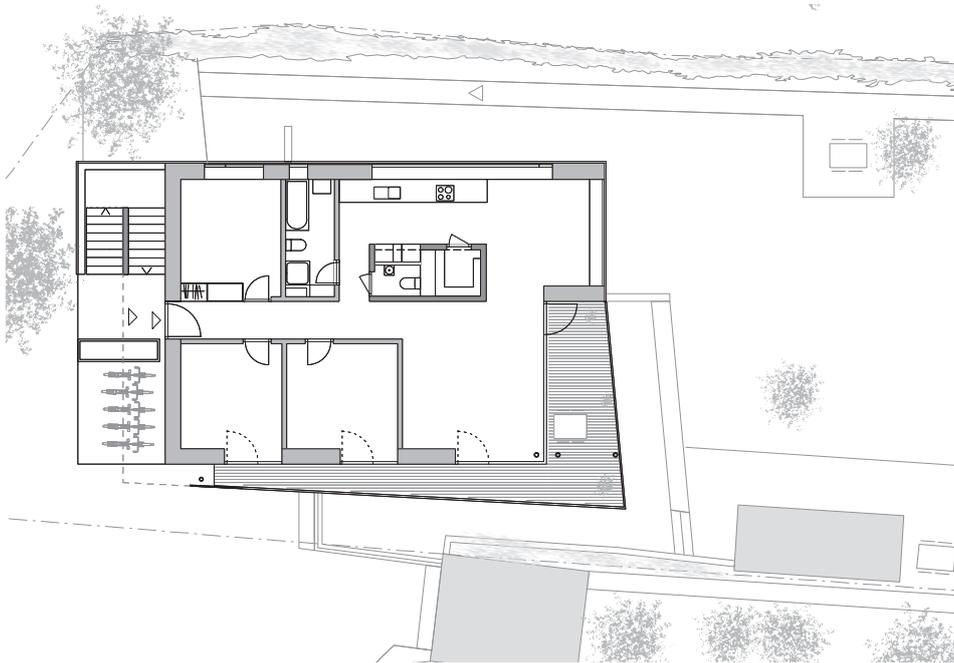


Abbildung 124:
Erdgeschoss.



Abbildung 125:
Situation.



Abbildung 126: Auf dem Sockelgeschoss aus Recyclingbeton wurde eine Holzständerkonstruktion errichtet (Bild: Christine Blaser).



Abbildung 127: Die flexiblen Grundrisse sind um einen massiven, raumbildenden Kern angeordnet (Bild: Christine Blaser).

Mehrfamilienhaus Poststrasse, Spreitenbach

Situation

Das Grundstück liegt am nordwestlichen Dorfrand von Spreitenbach in einem ruhigen Wohnquartier an der Grenze zur Nachbargemeinde Killwangen. Der Horizont des Hauses ist weitgehend frei. Das Grundstück ist verkehrstechnisch optimal erschlossen: 2 Gehminuten zum Bus, 5 Gehminuten zur S-Bahn. Diese beiden Faktoren veranlassten die Investoren (Hector Egger AG, 5 Architekten AG), ein Minergie-P-Eco-Gebäude zu realisieren, das möglichst keine Fremdenergie für Heizung und Warmwasser benötigt.

Grundrisskonzept

Die Grundrisse sind flexibel und entsprechen der Norm für hindernisfreies Bauen. Eine grosse unbeschattete Südfassade erzielt einen grossen solaren Direktgewinn. Die Aussenräume liegen an den seitlichen Fassaden. Damit die im Süden anfallende Wärme in die nördlich liegenden Räume gelangen kann, entschieden sich die Architekten für eine Lösung mit Kern, in dem die Dusche und das Reduit untergebracht

sind. Über die Küche und die Garderobe kann die Luft über die normale Zirkulation in die hinteren Räume gelangen. Zudem gelingt so auch eine optimale Tageslichtnutzung: Dusche und Reduit sind die einzigen Räume ohne Tageslicht.

Konstruktion

Geringe Materialstärke und geringes Gewicht waren die beiden Hauptanforderungen für das Material. Eine grosse Herausforderung war daher der Einbau der Speichermasse im Holzbau. Der Fussboden, ein konventioneller Zementunterlagsboden mit keramischen Platten belegt, bildet die Grundspeichermasse. An der Decke und an den nichttragenden Zwischenwänden im Süden wurden Vollgipsplatten mit eingeschlossenem Paraffin verwendet, das als Latentwärmespeicher dient. Diese Platten sind eine Neuentwicklung und das Gebäude dient als Pilotprojekt für ihren Einsatz. In den tragenden Holzwänden wurde zusätzliche Speichermasse mit geringer Materialstärke eingebaut. Um einen hohen Vorfabrikationsgrad zu erzielen, hiess die Lösung Beton-Holz-Verbund. Bei einer Wandstärke von gesamthaft 16 cm wurden der tragende Holzständer und die Speichermasse in Form einer 6 cm dicken Betonplatte erstellt. Ein optimales Zusammenspiel von Tragfähigkeit und Speichermasse bei geringer grauer Energie.

Heizkonzept

Durch die direkte Sonneneinstrahlung wird Heizenergie gewonnen. Über die grossen unbeschatteten Glasflächen gegen Süden gelangt Solarstrahlung ins Innere und wird in Form von Wärme in den Böden, Wänden sowie Decken gespeichert und wieder an den Raum abgegeben. Die Sonnenkollektoren auf dem Dach wärmen im grossen zentralen Speicher Wasser auf, das sowohl der Heizungsunterstützung als auch der Deckung des Warmwasserbedarfs dient. Bei langanhaltenden Wetterperioden ohne Sonneneinstrahlung deckt ein zentraler Pelletofen den Energiebedarf.

Objektdaten	
Baujahr	2011
Standort	Spreitenbach
Anzahl Wohnungen	Fünf 4,5-Zimmer-Wohnungen Zwei 5,5-Zimmer-Wohnungen
Wohngeschosse	3 und Attika
Wohnfläche SIA 416	786 m ²
Grundstücksfläche	1278 m ²
Kubatur SIA 116	3335 m ³
Energiebezugsfläche EBF	1110 m ²
Gebäudehüllziffer	1,30
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	1443 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	13,5 %
Spezifische Speicherfähigkeit SIA 380/1	0,08 kWh/(m ² K)
Heizwärmebedarf SIA 380/1	29 kWh/(m ² a)
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	Durchschnittlich 3 t Pellets pro Jahr
Label	Minergie-P-Eco
Projektverfasser	5 Architekten, Wettingen

Haustechnik

Sämtliche haustechnische Installationen wurden leicht zugänglich hinter Verkleidungen installiert. Das macht den Unterhalt und eine spätere Erneuerung sehr einfach. Die Kombination von Solardirektgewinnhaus und dem Einbau eines Swiss-Solartanks hat sich bewährt. Die Komfortlüftung wurde mit einem Erdregister ausgestattet. Das Haus benötigt gemäss Antrag Minergie-P für die Heizung eine Restenergie von $8,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Für Warmwasser wurde eine Annahme von $20,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ getroffen (Norm SIA 380/1). Dieser benötigte Energiebedarf

wird durch die Sonnenkollektoren und den Wassertank mit 22 m^3 weiter reduziert, nämlich um 10 % bei der Heizung und um 70 % beim Warmwasser. Somit verbleibt eine totale Restenergie für Heizung und Warmwasser von $13,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Durch einfache Technik wird nur wenig Hilfsenergie benötigt, nämlich $0,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$.



Abbildung 128:
Südfassade mit
Garageneinfahrt.

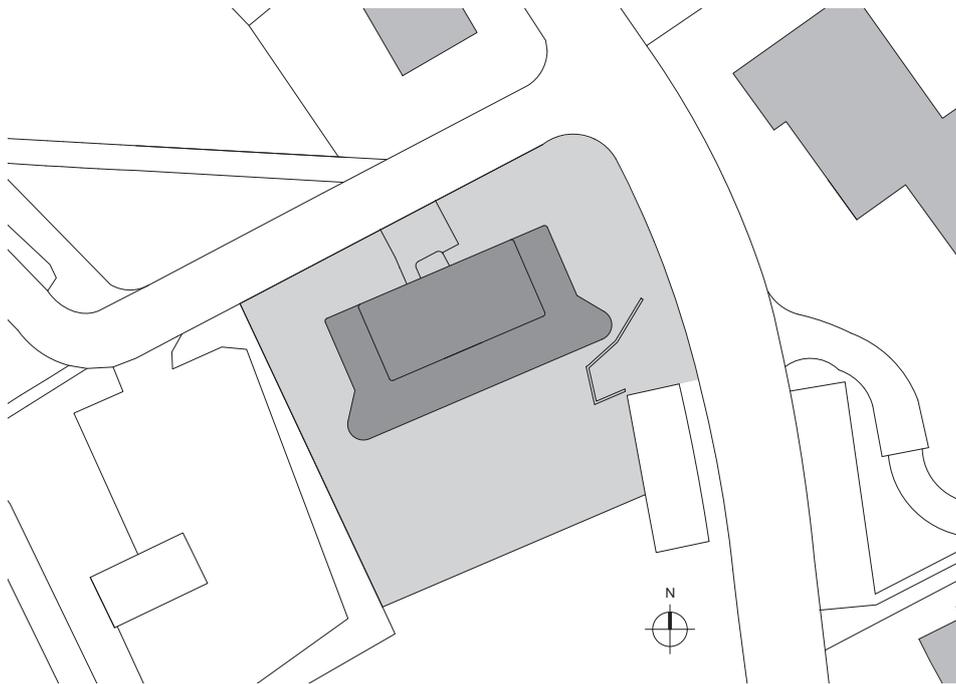


Abbildung 129:
Situation.

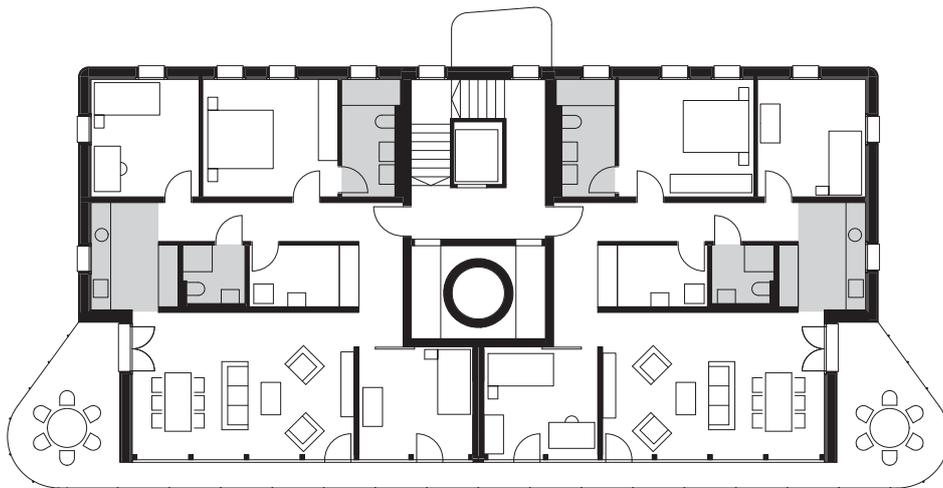


Abbildung 130:
1. und 2. Oberge-
schoss.



Abbildung 131:
Attikageschoss.



Abbildung 132:
Südfassade.



Abbildung 133:
Ansicht Nordwest.

Mehrfamilienhaus Gebhartstrasse, Köniz-Liebefeld

Wo früher 7 alte Autounterstände standen, steht heute das erste Minergie-P-Eco-Haus der Schweiz. Fremd mutet der Wohn- und Lebensraum für drei Familien im bernischen Liebefeld nur auf den ersten Blick an. Mit einer Formsprache, die sich an den umliegenden Miethäusern aus den 1960er-Jahren orientiert, wird bewiesen, dass energieeffizientes und ökologisches Bauen nicht bloss in Einfamilienhaus-Siedlungen passt.

In Fussdistanz die Standseilbahn auf den Gurten, sieben Bushaltestellen bis zum Hauptbahnhof: Das Dreifamilienhaus an der Gebhartstrasse in Liebefeld verspricht urbanes Wohnen. Umgeben von Mehrfamilienhäusern aus den 60er-Jahren und Jahrhundertwendevillen, gleicht der Minergie-P-Eco-Bau einem modernen Wohnaquarium. Der Grundriss des Gebäudes entspricht weitgehend einem spitzwinkligen Trapez, denn das neue Dreifamilienhaus schmiegt sich in die bescheidene Baunische zwischen Fussweg und Block. Der Bauplatz setzt sich aus ehemaligen Garage-Verschlägen und einem Teil der Grünfläche des benachbarten Mehrfamilienhauses zusammen. In den 1960er-Jahren, bei der Planung der umliegenden Gebäude, stand die serielle Platzierung

identischer Wohnhäuser auf der Prioritätenliste über der absoluten Ausnutzung der Grundfläche. Gebaut wurde auf der grünen Wiese. Das ehemalige Aussenquartier liegt heute mitten im Innenstadtring, ein begehrter Bauplatz.

Punktlandung Minergie-P-Eco

Während der Realisation des Baus wurde der Standard Minergie-Eco neu lanciert und gleich auf das Haus angewandt. Der Formfaktor des Gebäudes ist weit von der idealen Igluform oder dem gebräuchlichen Minergie-Würfel entfernt. Eher bescheidene 408 m² Energiebezugsfläche (EBF) stehen den 739 m² der Gebäudehülle gegenüber. Daraus ergibt sich der hohe Formfaktor (Gebäudehüllziffer) von 1,8. Mit den Fenstern als grösstem Posten der Transmissionswärmeverluste war die lukrativste Einsparungsmöglichkeit schnell gefunden. Der realisierte U-Wert liegt je nach Fenstertyp zwischen 0,65 W/(m²K) und 0,92 W/(m²K). Die grössten Fenster weisen einen hohen Anteil an Festverglasungen und damit den tiefsten U-Wert auf. Indem die flächenbündig auf die Holzkonstruktion gebauten Fensterrahmen überdämmt wurden, fallen die Wärmebrücken minimal aus.

Die gegen Süden stehende Glasfront ermöglicht die passive Nutzung der einfallenden Sonnenstrahlen. Um die Räume vor Überhitzung zu schützen, wird die Wärmespeichermasse der Etagenböden mit einer Splittschüttung und einem Zementüberzug erhöht. Der geringe Abstand von 18 cm zwischen der südlichen Verglasung ($U_g = 0,549 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) und den Betonpfeilern im Innern ist zudem so gewählt, dass die Pfeiler als Wärmespeicher dienen.

Warme Holzrippen

Pro Geschoss setzt sich die Fassadenabwicklung aus Wandpartien (Holzrahmenelemente), der Verglasung und der Eingangstür zusammen. Das Gebäudekonzept mit den grossen auskragenden Balkon- und Laubenganganteilen beruht ganz auf Holzrahmenelementen. Was auf den ersten Blick wie Kühlrippen aus Beton

Objektdaten

Baujahr	2006
Standort	Köniz-Liebefeld
Anzahl Wohnungen	3
Wohngeschosse	3
Grundstücksfläche	802 m ²
Gebäudevolumen ohne Aussengeschosflächen	1708 m ³
Energiebezugsfläche (unkorrigiert) EBF _o	399 m ²
Energiebezugsfläche (korrigiert) EBF	408 m ²
Gebäudehüllziffer	1,81
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	739 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	51,8 %
Heizwärmebedarf SIA 380/1	13,6 kWh/(m ² a)
Label	Minergie-P-Eco
Projektverfasser	Halle 58, Peter Schürch

wirkt, ist eine Struktur aus Holz, Holzwerkstoffplatten und Duripanel. Die Rolladen sind vollständig verborgen. Das gilt auch für die Lauben auf der Längsseite. Der an der Gebäudespitze platzierte Aussensitzplatz ist dabei vollständig vom restlichen Gebäude abgetrennt. Er beeinflusst die Gebäudehülle weder statisch noch energetisch. Nur bei der Einspannung der Betonpfeiler ins Untergeschoss ist eine Wärmebrücke, die einzig nennenswerte, nicht zu vermeiden. Der vorgespannte Betonpfeiler bei der Küche ist aussen liegend (südöstlich) und dachseitig voll gedämmt. Das Untergeschoss des Gebäudes ist eine massive Betonkonstruktion. Dieser Beton ist gleichsam der einzige Klecks im Reinheits des Eco-Baus, es ist wenig Recyclingbeton zum Einsatz gekommen. Da der Beton wasserdicht sein muss, wurde auf Recyclingbeton verzichtet, zu Baubeginn war dieses Ausschlusskriterium für Minergie-Eco noch nicht bekannt. Ab dem Untergeschoss handelt es sich jedoch um einen kompletten Holzbau, dessen Fassadenbekleidung aus unbehandelten zementgebundenen Holzfaserverleimplatten besteht. Während die Böden wie Betonrippen wirken, gibt die Verkleidung der nordöstlichen Gebäudeecke mit Holzpaneelen zusätzlich Aufschluss über die Holzrahmenkonstruktion. Rund zwanzig Jahre wird es dauern, bis die Lärchenholzelemente die gewünschte graue Patina aufweisen. Entsprechend den Vorgaben von Minergie-Eco wurde ausschliesslich Holz aus heimischen Wäldern verbaut. Da sich keine tragenden Wände innerhalb der Gebäudehülle befinden, ist die Gestaltung der 136 m² Wohnfläche weitgehend frei. Der Versorgungskern ist an der massiven, fensterarmen Nordfassade platziert.

Heizen mit Sonne und Holz

Ein Holzpelletofen beheizt das Gebäude. Der Heizkessel und der Speicher sind im Untergeschoss untergebracht, das Brennstofflager, ein Kugeltank, ist im Erdreich verborgen. Die Wärmeverteilung in den drei Etagen erfolgt über Niedertemperatur-Bodenheizungen. Die Versorgung mit Warmwasser erfolgt zu 76 % mittels ther-

mischer Solarenergie. Auf dem extensiv begrünten Flachdach sind Sonnenkollektoren mit einer Absorberfläche von 20 m² installiert. Zur Deckung der Bezugsspitzen an Warmwasser, die restlichen 24 %, dient die Pelletheizung.

Die Bauhülle gleicht auf der Südseite einem dreigeteilten Schaukasten. Die grossen, dreifachverglasten Fenster mit einem Glasanteil von 90 % haben einen U-Wert unter 0,7 W/(m² K). Über die gesamte Länge des Baukörpers erstreckt sich ein schmaler Balkon. Die Holzrolladen aus unbehandelter Lärche dienen der individuellen Beschattung und ermöglichen gleichzeitig einen Sichtschutz – ganz ohne Wärmebrücken.

Eine kleine Tiefgarage ersetzt die abgerissenen Autounterstände, eine der Bedingungen, die der Landbesitzer und auch die Gemeinde Köniz stellte. Die Unterkellerung beherbergt neben der Tiefgarage auch Technik- und Vorratsräume.

Wie die Wände sind auch die Böden in Holzrahmenbauweise ausgeführt. Eine Splittschüttung und die Ausführung der Lignotrendelemente in Brandklasse REI 60 sorgen für die nötige Baumasse und schützen bei starker Sonneneinstrahlung vor Überhitzung. (Marion Schild)

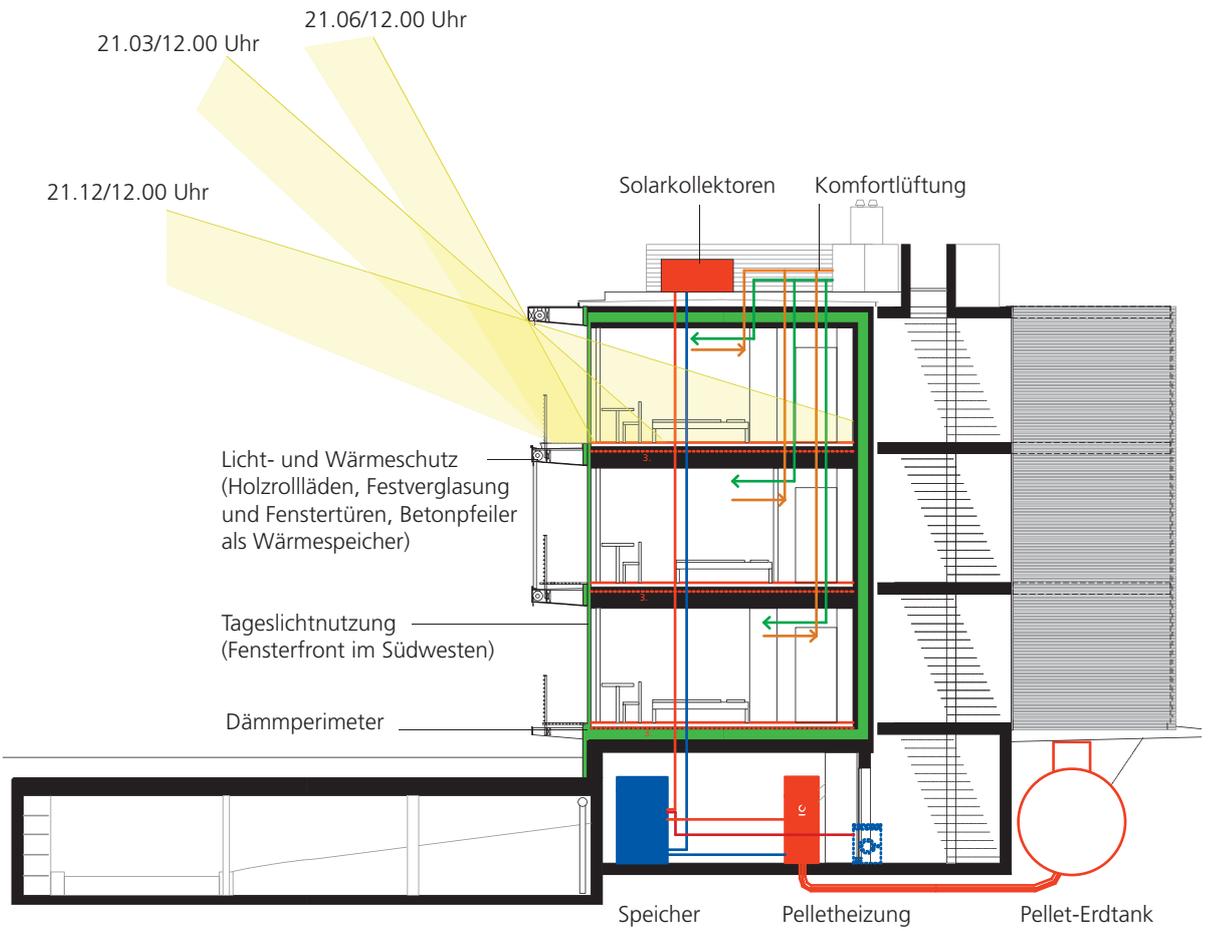


Abbildung 134:
Schnitt durch das
Gebäude mit ge-
bäudetechnischen
Systemen.

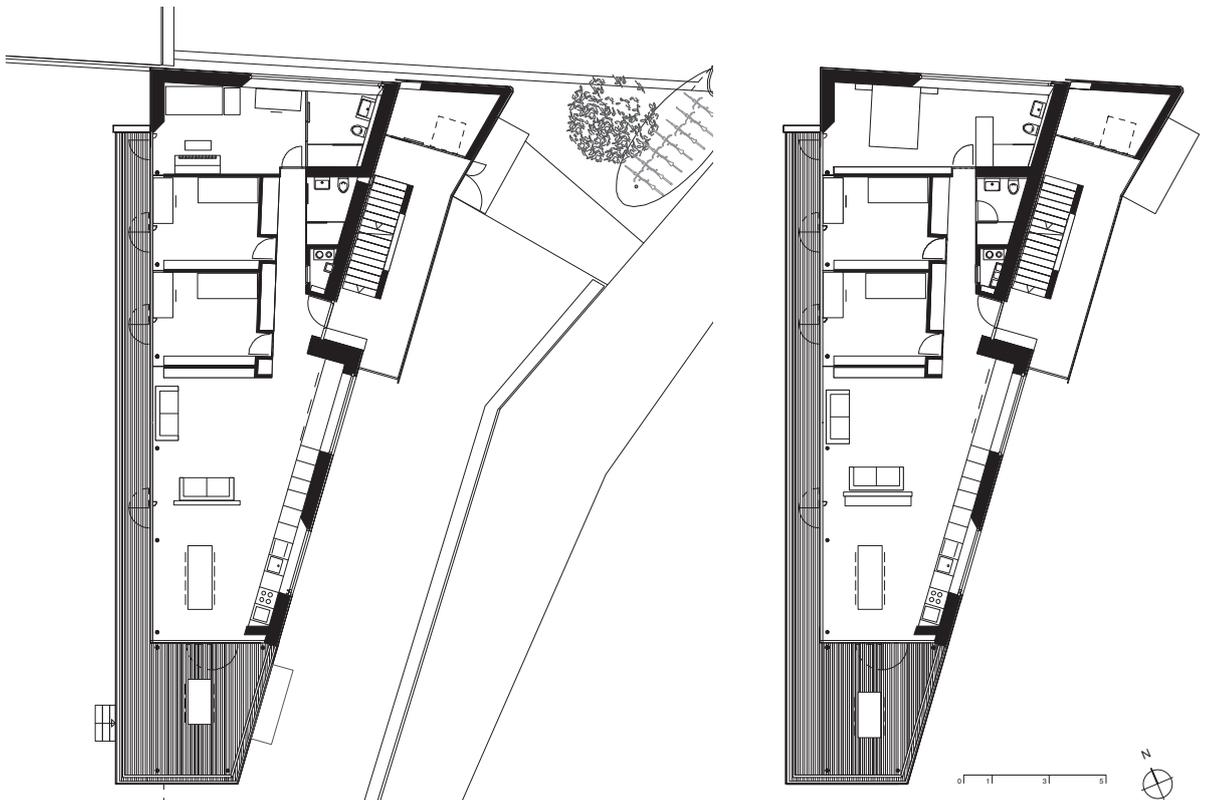


Abbildung 135:
Grundrisse Erdge-
schoss (links) und 2.
Obergeschoss
(rechts).



Abbildung 136: Die komplett verglaste Westfassade des ersten Minergie-P-Eco-Hauses der Schweiz. (Bild: Christine Blaser).



Abbildung 137: Da sich keine tragenden Wände innerhalb der Gebäudehülle befinden, ist die Gestaltung der Wohnfläche weitgehend frei. (Bild: Christine Blaser).

Siedlung Kirchbodenstrasse, Thalwil

Im Herzen von Thalwil entstand eine wegweisende, lebendige Siedlung, welche geprägt wird durch ein grosszügiges und flexibles Grundrisskonzept, ein zukunftsgerichtetes Energiekonzept und ein gesundes und attraktives Wohnumfeld. Die wichtigsten Punkte für die Planung und Realisierung der Siedlung waren:

1. **Siedlungsstruktur:** elegant eingebettet in die bestehende Struktur
2. **Gestaltung:** viel Raum, Sicht und Sonne
3. **Flexibilität:** Loftwohnung oder Raumwohnung
4. **Energie:** Heizen mit 2 Liter Öl (äquivalent) pro m² und Jahr
5. **Ökologie:** natürliche und wiederverwendbare Baumaterialien
6. **Baubiologie:** schadstofffreies Bauen und Wohnen
7. **Elektrobiologie:** abgeschirmte Schlafplätze
8. **Feng Shui:** harmonisches Wohnen und Leben
9. **Wasser:** minimaler Verbrauch, alternative Warmwasserproduktion
10. **Strom:** stromsparende Apparate, raffinierte integrierte Beleuchtungen
11. **Umgebung:** naturnahe, attraktive Gestaltung

Nachhaltigkeit soll für den Bewohner erlebbar werden und so zu einer attraktiven und spannenden Wohnsituation beitragen. Die Grundrissgestaltung und die Statik sind so ausgelegt, dass eine maximale Flexibilität entstehen kann. Ob loftmässig oder grosszügige, schöne Einzelräume, der Käufer konnte die eigene Wohnung nach seinem Geschmack gestalten. Dank einer guten Wärmedämmung und dem direkten Gewinn von Sonnenenergie kann der Heizbedarf auf ein absolutes Minimum reduziert werden. Die Restwärme deckt eine Pelletheizung (ca. 20 kWh/m²). Energiekonzept siehe Seite 8.

Objektdaten

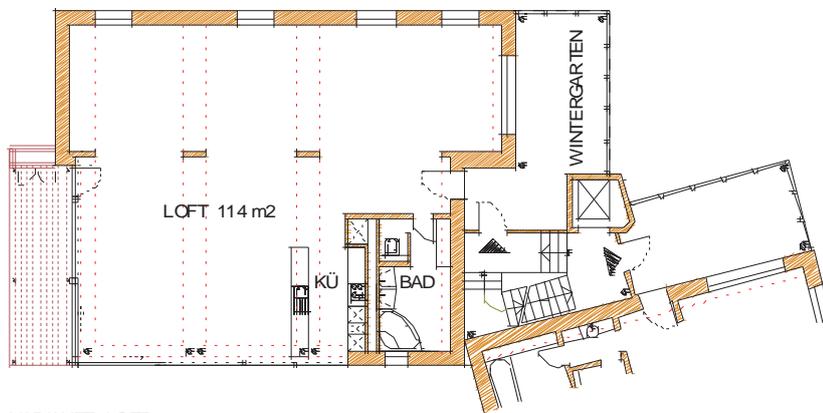
Baujahr	2004
Standort	Thalwil
Anzahl Eigentumswohnungen	6
Gebäudevolumen SIA 416	2700 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert) EBF	924 m ²
Gebäudehüllziffer	1,68
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	1554 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	21 %
Spezifische Speicherfähigkeit SIA 380/1	0,28 kWh/(m ² K)
Heizwärmebedarf SIA 380/1	29,5 kWh/(m ² a)
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	50,3 kWh/(m ² a)
Label	nicht zertifiziert, Minergie-P-Eco erfüllt
Projektverfasser	Oikos, Jörg Watter

Abbildung 138: Während die Südfassade nur schmale Balkone aufweist, sind die tiefen Balkone gegen Westen ausgerichtet. Grosse, elektrisch gesteuerte Sonnenstoren prägen die Gestaltung in den Sommermonaten.

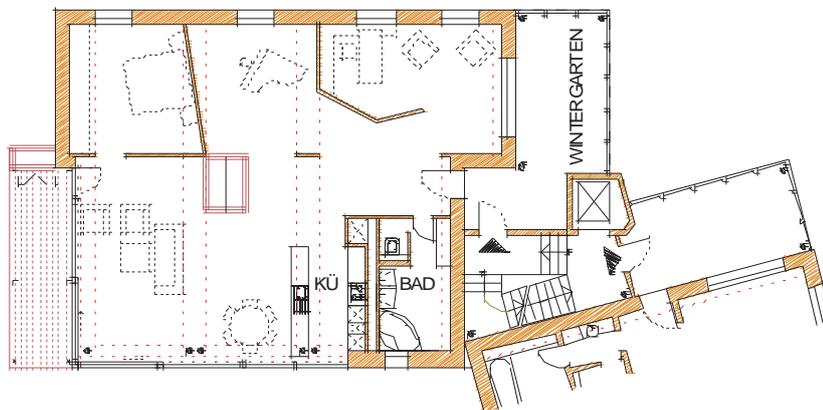




Abbildung 139:
Grundriss Obergeschoss.



VARIANTE LOFT



VARIANTE FANTASY

Abbildung 140:
Grosse Flexibilität
und langfristige
Wandelbarkeit der
Grundrisse unter-
stützt von einem
umlaufenden Elek-
trobodenkanal für
flexible Installatio-
nen.

Oberfeld: Exemplarische Holzbausiedlung für künftige Lebensformen

Ostermundigen ist eine Gemeinde im Osten Berns, die für Aussenstehende durchaus als Teil der Bundesstadt wirkt. Die Gegend ist mit Bus und S-Bahn leicht erreichbar, sämtliche Möglichkeiten für Einkäufen, Schulen und Dienstleistungen sind gegeben, das Stadtzentrum liegt quasi vor der Tür. Eine Wohngenossenschaft hat mit dem Architekten Peter Schürch als Projektleiter auf dem am Rand des Naherholungsgebiets «Ostermundigenberg», einem bewaldeten Hügel mit geschichtsträchtigen Steinbruch, eine Holzsiedlung geplant und realisiert, die in manchen Belangen anders ist als andere Neubausiedlungen.

Das Planungskonzept für diese «Oberfeld» genannte Parzelle nimmt die Besonderheit des Ortes auf. Er liegt an der Schnittstelle zwischen gesichtslosen Wohnquartieren nahe dem dichten Wald und bietet einen weiten, offenen Ausblick, profitiert von der Abendsonne. Die Siedlung ist in differenzierte Hofbauten und grosszügige Aussenräume geteilt und mit Sorgfalt an die

ursprüngliche Hangneigung angepasst. Diese Aussenräume bieten sowohl Intimität wie Gemeinschaft. Das Planungskonzept zeigt exemplarisch, wie sich ein innovatives Energiesystem mit natürlichen Materialien und ohne motorisierten Individualverkehr zur zukunftsweisenden Wohnform verbinden lässt, ohne auf Komfort zu verzichten.

Gemeinschaftsgedanke und individuelle Lebensformen

Die Siedlung Oberfeld umfasst 100 Wohnungen mit nur zehn Parkplätzen für die Besucher, bietet jedoch eine Einstellhalle für 480 Fahrräder inklusive einer Velo-Werkstatt und entsprechendem Waschplatz für die Drahtesel. Eine Mobility-Station liegt vor der Tür, eine Solartankstelle ist vorgesehen. Sämtliche Bewohner verzichten auf ein Auto. Sie waren von Beginn an in die Planung mit einbezogen worden, über acht Themengruppen konnten die zukünftigen Bewohner mitentscheiden. Gemeinsam nutzen die Bewohner nun Atelier- und Büroräume sowie einen künftigen Musik- und Werkstattraum und die sogenannte «Skylounge» mit Küche und Terrasse im nord-westlichen Gebäude.

Effizientes Energiekonzept als moderne Lebensform

Knapp die Hälfte der Wohnungen ist mit Familien belegt, in den übrigen leben Wohngemeinschaften, Paare und Singles, Alte und Junge, Mieter und Eigentümer. Allen ist gemeinsam, dass sie klimapolitisch der Schweizer Durchschnittsbevölkerung um Jahrzehnte voraus sind: Es fällt ihnen leicht, die persönlichen Treibhausgasemissionen auf weit unter die Hälfte des üblichen Pro-Kopf-Verbrauches zu senken. Die Holzbau-Siedlung erfüllt Minergie-P (Minergie-Eco ist angestrebt) und orientiert sich an der 2000-Watt-Gesellschaft. Eine Wohnung im Oberfeld verbraucht nur halb so viel Energie wie eine herkömmlich gebaute neue Wohnung und sogar weniger als ein Viertel einer Altwohnung. Auf den Dächern sind rund 1000 m² hybride Solarkollektoren installiert. Sie produ-

Objektdaten	Gebäude A	Gebäude B1–B3	Gebäude C
Baujahr	2014		
Standort	Ostermundigen		
Anzahl Wohnungen	100		
Grundstücksfläche	11 076 m ²		
Gebäudevolumen SIA 416	8911 m ³	23 770 m ³	14 272 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert) EBF	2281 m ²	5345 m ²	3757 m ²
Gebäudehüllziffer	1,25	1,35	1,13
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	3000 m ²	7500 m ²	4500 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	28 %	18,5 %	30 %
Heizwärmebedarf SIA 380/1 (2009)	19,7 kWh/(m ² a)	21,1 kWh/(m ² a)	32,2 kWh/(m ² a)
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	31,7 kWh/(m ² a)	32,6 kWh/(m ² a)	20,3 kWh/(m ² a)
Label	Minergie-P (Eco angestrebt)		
Projektverfasser	Halle 58, Peter Schürch		

zieren zugleich Strom und Wärme. Die Anlage ist mit einem Erdsondespeicherfeld verbunden, das im Sommer gewonnene Energie für den Winter bewahrt. Die Wohnsiedlung Oberfeld ist die erste grössere Überbauung in der Schweiz, die mit einer derartigen Anlage energetisch versorgt wird.

Werkstoffe aus der Natur

Eingesetzt sind beständige, natürliche Materialien, zu deren Herstellung möglichst wenig graue Energie benötigt wurde. Bereits bei der Planung wurde an einen allfälligen Rückbau und an die Rezyklierbarkeit der Baumaterialien gedacht. Die Fassade weist 40 cm Dämmung mit einer Holzverkleidung auf. Das Dach ist eine leicht geneigte Holzkonstruktion und teilweise extensiv begrünt. Die Wohnungen sind als Holzrahmenbau mit Holz-Beton-Verbunddecken erstellt. Die betonierten und unbeheizten Treppenhäuser sind konstruktiv vom beheizten Wohnraum getrennt.

Auch für den Innenausbau kamen natürliche Materialien zum Einsatz. Die Wände sind mit Gipsfaserplatten verkleidet und mit Kalkputz versehen, die geölten Unterlagsböden bestehen mehrheitlich aus Anhydrit. Nebst ihrer Natürlichkeit erzeugen diese Materialien auch ein komfortables Wohnklima: Sie nehmen Feuchtigkeit aus der Luft gut auf und geben diese wieder ab, ein Effekt, der gerade bei derart hochgedämmten Gebäuden wesentlich ist.

Selbstverständlich ist im Oberfeld auch die wirtschaftliche Dimension der Nachhaltigkeit berücksichtigt. Die Siedlung ist kein gewinnorientiertes Projekt, die Wohnbaugenossenschaft gibt die Wohnungen zu Selbstkostenpreisen ab. Insgesamt hat diese Wohnform einen Vorbildcharakter, der ohne erhobenen Zeigefinger klar zeigt: Umweltverträgliche Bauweise verzichtet weder auf Komfort noch auf moderne Lebensgewohnheiten. (Charles von Büren, Bern)

Abbildung 141: Hofbauten und differenzierte Aussenräume prägen die Siedlung. (Bild: Christine Blaser).



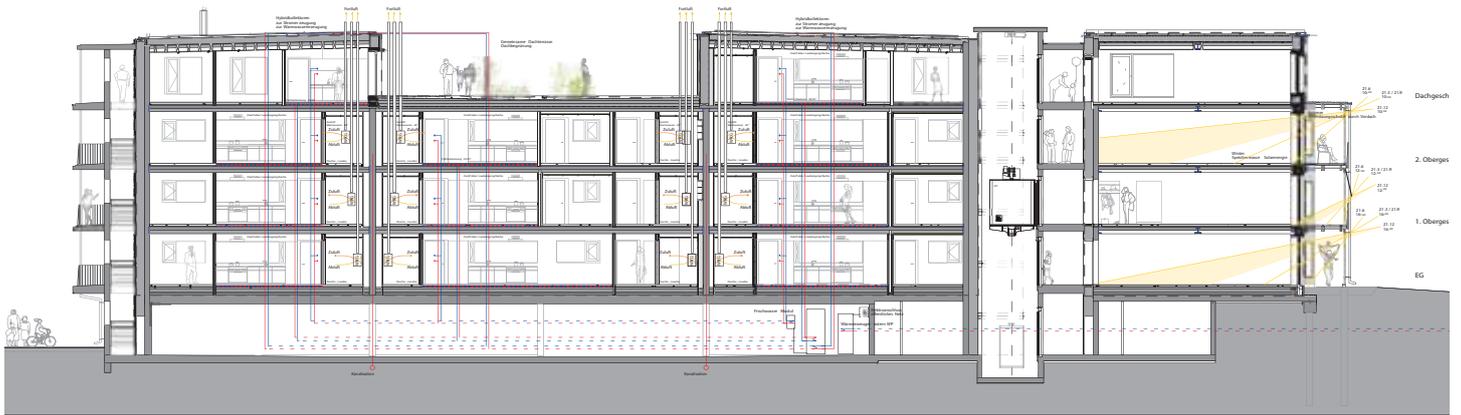


Abbildung 142: Längsschnitt durchs Haus B mit der spektakulären «Sky Lounge» im 3. OG.

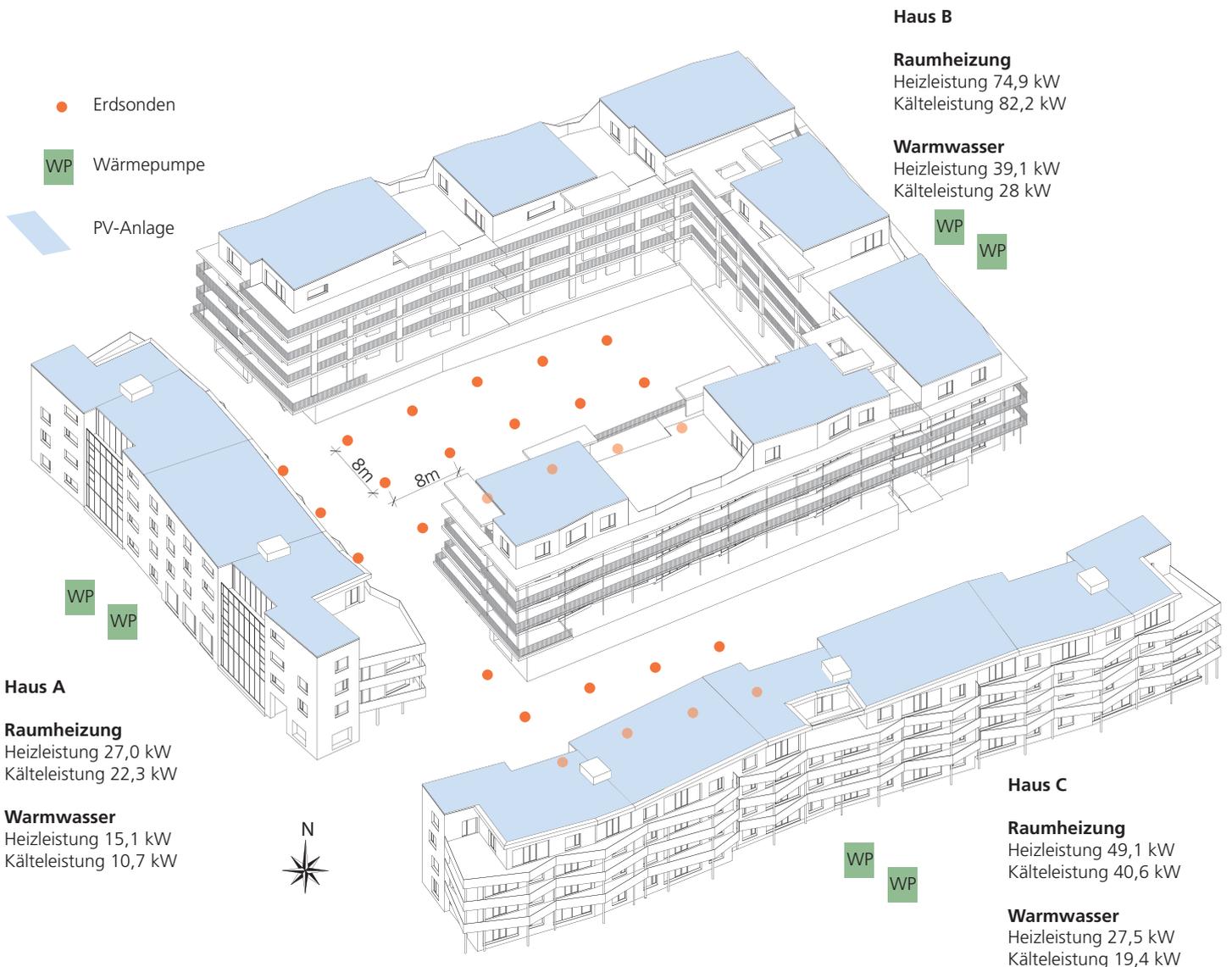


Abbildung 143: Die Siedlung Oberfeld in Ostermündigen mit Haus A (links), dem U-förmigen Haus B und Haus C (unten).



Abbildung 144:
1000 m² hybride So-
larkollektoren pro-
duzieren Strom und
Wärme. (Bild: Chris-
tine Blaser).

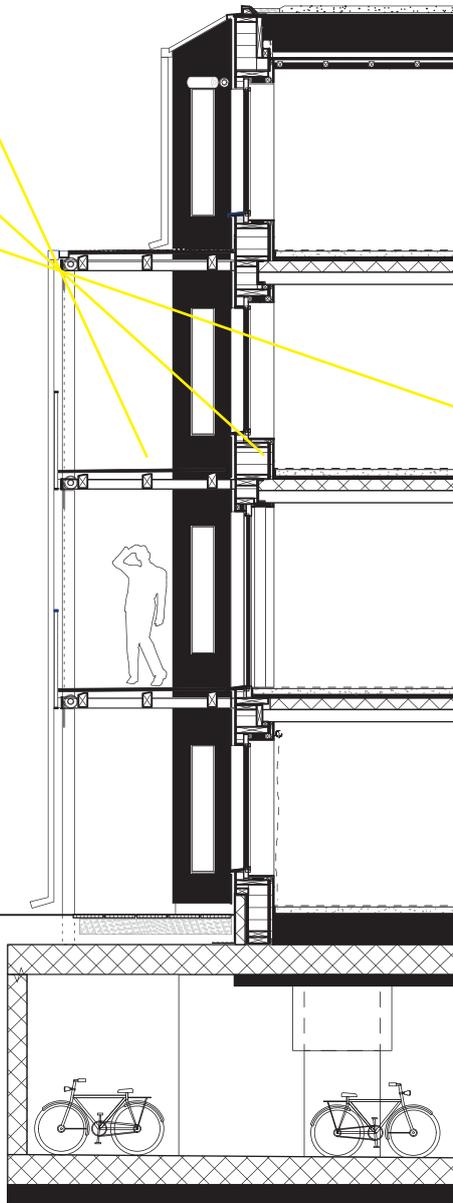
Abbildung 145: Das
Bild der Westfas-
sade der Siedlung
Oberfeld zeigt ein-
drücklich die Holz-
konstruktion und
die durchgehend
offenen Balkone
(Bild: Christine
Blaser).



Sonnenstände:
Süden/ Mittagszeit
21.03 / 23.09

21.06

21.12



Aufbau Dach

- Begrünung extensiv inkl. Drainage (100 mm)
- Flachdachabdichtung bituminös 2-fach (ca. 7 mm)
- Aufdachdämmung Mineralwolle, 0,038 W/(mK) (300 mm)
- Dampfbremse
- Dreischichtplatte, schraubpressverklebt (27 mm)
- Rippenkonstruktion, e=500 mm (120 mm / 240 mm)
- Dämmung Mineralwolle im Hohlraum, 0,036 W/(mK) (160 mm)
- Dreischichtplatte, sichtbar geschraubt
- Abhängekonstruktion (60 mm / 80 mm)
- Hohlraum (40 mm) / Dämmung Mineralwolle (60 mm) (Eigentum)
- Gipsfaserplatte (15 mm) (Eigentum)

Deckenaufbau EG, OG

- Option Bodenbelag (15 mm)
- Unterboden kalziumsulfatgebunden (80 mm)
- Trittschalldämmung PS81 (20 mm)
- Trittschalldämmung Luro 814 (30 mm)
- Überbeton schwindkompensiert (150 mm)
- Decke Brettstapel roh (Eigentum) (160 mm)
- Decke Brettstapel sicht (Mietstandard) (160 mm)
- Abhängekonstruktion (60 mm / 80 mm)
- Hohlraum (40 mm) / Dämmung Mineralwolle (60 mm) (Eigentum)
- Gipsfaserplatte (15 mm) (Eigentum)

Boden zu UG

- Option Bodenbelag (15 mm)
- Unterboden kalziumsulfatgebunden (80 mm)
- Trittschalldämmung (20 mm)
- Dämmung Mineralwolle, 0,035 W/(mK) (400 mm)
- Decke Stahlbeton (400 mm)

Abbildung 146:
Schnitt durch
Aussenwand mit
den typischen
Balkonen und der
Velogarage.

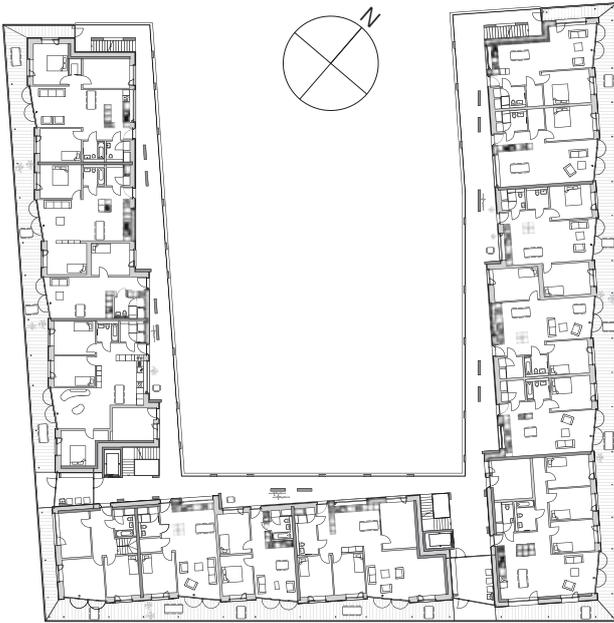


Abbildung 147: 1. Obergeschoss.



Abbildung 148: Dachgeschoss.



Abbildung 149: Situation.

Umbau und Sanierung Doppelkindergarten mit zwei Wohnungen, Chur

Ausgangslage

Auf dem Areal der alten Kunsteisbahn (KEB) an der Calandastrasse in Chur sollte eine neue Überbauung mit mehreren Wohnblöcken entstehen. Für die Kindergärten auf dem Areal musste bis Herbst 2015 ein geeigneter Ersatz geschaffen werden. Die benachbarte Liegenschaft an der Calandastrasse 48/50, die im Besitz der Stadt Chur ist, erfüllte die Vorgaben des Raumprogrammes und eignete sich bezüglich Standort und räumlichen Qualitäten. Die Stadt Chur ist seit 2011 Energiestadt und hat sich im Rahmen des Energiekonzepts 2020 verschiedene Schwerpunkte gesetzt. Aus einem Bericht (Stand November 2010) ging hervor, dass vor allem bei den Kindergärten grosser Handlungsbedarf bezüglich Energieeffizienz besteht.

Architektur

Das Gebäude wurde 1914 nach den Plänen der Architekten Schäfer & Risch als Wohn- und Geschäftshaus gebaut. Das Wohnhaus zeichnet sich durch die Gebäudehöhe und die Fassadengestaltung klar als Hauptvolumen des Ensembles aus. Der Nebenbau ist tiefer und bildet durch die L-förmige Geometrie einen Innenhof, der

mit den Rundbögen und dem weit vorragenden Dach eine hohe räumliche Qualität aufweist. Im Laufe der Jahre sind beide Gebäude mehrmals umgebaut und umgenutzt worden. Diese Eingriffe haben zu einer «Verunklärung» des architektonischen Ausdrucks geführt.

Der Kindergarten und die beiden neuen Wohnungen haben einen vom Gebäude auf zwei Seiten gefassten Freiraum, der für den Kindergarten als Spielplatz ausgestaltet wurde. Der Bau profitiert von seiner Lage direkt an der öffentlichen Freifläche des Quartierplanes «Alte Kunsteisbahn». Dieser kann sowohl vom Kindergarten wie auch von den Mietern der Wohnungen als Aussenraum mitgenutzt werden.

Das ursprüngliche Gebäudevolumen wurde wieder hervorgehoben, in dem die Anlieferungsrampe auf der Nordseite rückgebaut und die alte Dachform im Osttrakt wiederhergestellt wurde. Die zwei Kindergärten sind auf den Innenhof ausgerichtet und nutzen diesen als gemeinsamen Aussenraum.

Um die Wohnräume im Dachgeschoss grosszügig zu belichten, wurden über-grosse Lukarnen erstellt. Diese neuen Gebäudeteile beziehen sich auf die Achsen der Bögen des Innenhofes sowie der bestehenden Dachkonstruktion. Auf der Süd- und Westseite ermöglichen sie grosse solare Direktgewinne und dienen gleichzeitig als Aussenräume der Wohnungen. Durch ihre Dimension haben sie die Grosszügigkeit eines modernen Elementes und sind klar als neuer Eingriff erkennbar.

Die ursprünglich zurückhaltende Nordfassade ist durch die neuen Fenster und den hinteren Eingang neugestaltet und aufgewertet worden. Im bestehenden Untergeschoss sind Lager-, Kellerräume und die Haustechnik untergebracht.

Grundsätzlich präsentierte sich das Tragwerk in gutem Zustand, erfüllte allerdings die derzeit gültigen Tragwerksnormen nicht mehr vollumfänglich. Durch verschiedene Massnahmen wurde die Statik ertüchtigt.

Objektdaten Umbau Kindergarten und Wohnungen

Baujahr	1914/2015
Standort	Chur
Anzahl Wohnungen	2
Grundstücksfläche	1198 m ²
Gebäudevolumen SIA 416	3739,5 m ³
Nettogeschossfläche	703,3 m ²
Energiebezugsfläche EBF	735,4 m ²
Gebäudehüllziffer	2,0
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	2181 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	5,8 %
Absorptionsleistung	37,5 kW
Gespeicherte Wärme	240 kWh
Heizwärmebedarf SIA 380/1	14,6 kWh/(m ² a)
Projektverfasser	Pfleger + Stoekli Architektur, Chur



Abbildung 150:
Neue, grosse Lukar-
nen bringen Licht
und Wärme in die
Wohnräume im
Dachgeschoss.

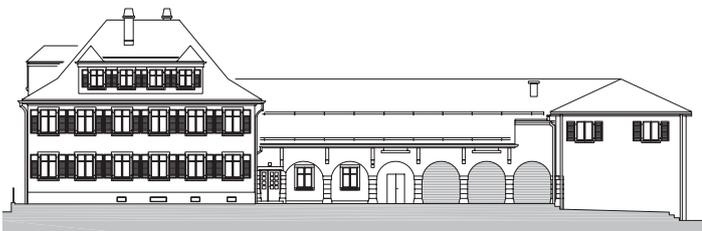


Abbildung 151: Südfassade Bestand.

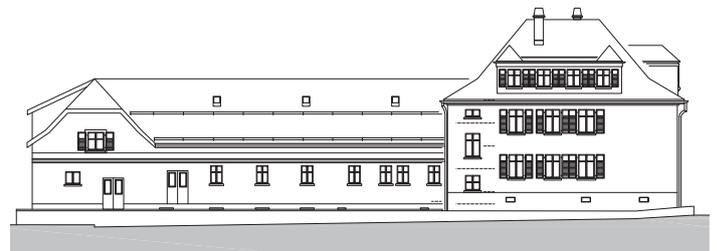


Abbildung 153: Nordfassade Bestand.



Abbildung 152: Südfassade nach dem Umbau.



Abbildung 154: Nordfassade nach dem Umbau.

Materialisierung

Schulbauten sind bezüglich Innenraumklima besonders heikel. Daher wurden ökologische und toxikologisch unbedenkliche Baumaterialien und -konstruktionen verwendet. Die sorptionsfähige Materialisierung des Innenraums mit naturbelassenen Holzbalken, Kalksandsteinen und geölten Parkettböden reguliert die Feuchtigkeit im Raum.

Sämtliche Decken über dem Erdgeschoss wurden durch Holzbalkendecken mit darüberliegenden Kalksandsteinen (Holz-Beton-Verbunddecken) ersetzt. Dadurch wird eine hohe Wärmeabsorption erreicht und die Raumakustik verbessert. Das Treppenhaus wurde in Sichtbeton ausgeführt. Die Innenwände sind mit einem mineralischen Verputz versehen. Auf die Böden wurde sowohl in den Kindergärten wie auch in den Wohnungen Parkett verlegt. Die Aussenflächen der Fassade sind neu verputzt. Sämtliche Blechabschlüsse sind in Kupfer ausgeführt. Die bestehenden Biberschwanzziegel der Dacheindeckung wurden wiederverwendet.

Volumen

Im Dachgeschoss sind zwei 4-½-Zimmer-Wohnungen untergebracht. Die Wohnung im Osttrakt ist über das neue Treppenhaus erschlossen, während die zweite Wohnung über das Treppenhaus des angrenzenden 3-Familien-Hauses erreicht wird. Im Südtrakt wurde die bestehende Dachstuhlkonstruktion sichtbar gelassen. Im Osttrakt wurde das Dach angepasst und mit einer neuen Dachkonstruktion analog derjenigen im Südtrakt versehen. Um genügend Tageslicht und damit solare Gewinne in den Wohnungen zu ermöglichen, wurden grosszügige Lukarnen in jeder zweiten Schotte erstellt. Durch das Versetzen auf der gegenüberliegenden Seite wird der Dachraum optimal mit Tageslicht geflutet. Pro Wohnung kann zudem eine Lukarne als Balkon genutzt werden.

Das Gebäude wird neu über den Eingang auf der Nordseite und den Innenhof erschlossen. Das neue Treppenhaus befindet sich an zentraler Lage zwischen Süd- und Osttrakt. Die 2 Kindergärten sind im Erd-

geschoss untergebracht. Die neue Raumeinteilung nimmt auf die bestehenden Achsen der Rundbögen Bezug. Die bestehende Stützenstruktur wird dadurch hervorgehoben und der Bezug zum Innenhof verstärkt. Jeder Kindergarten umfasst Garderobe, Nasszellen und Hauptraum. Im Kreuzungspunkt der beiden Trakte befindet sich der Gruppenraum, der auch für die Logopädie genutzt werden kann. Dank der offenen Struktur und der Anordnung der Eingänge und Nasszellen können die Räume zu einem späteren Zeitpunkt beispielsweise als Büro oder Atelier umgenutzt werden.

Über eine einläufige Treppe gelangt man in das Untergeschoss mit Haustechnik, Keller- und Lagerräumen. Der bestehende Kellerraum und die Erschliessungstreppe im Osttrakt wurden aufgehoben.

Solare Direktgewinne

Der Umbau basiert auf dem Prinzip des solaren Direktgewinnhauses. Für die Umsetzung dieses Konzepts wurden in der Projektierungsphase umfangreiche Berechnungen erstellt (Masterarbeit von Patrick Pfleger). Dazu war eine vielfältige Grundlagenbeschaffung notwendig. Zu beachten waren neben der Ausrichtung der Parzelle auch die Lage der Nachbargebäude, der Terrainverlauf und die nähere Umgebung (Nahhorizont). Weitere Kriterien waren Klimadaten, Sonnenstandmessungen, Eigenverschattung, Kennwerte zur Gebäudehülle wie U-Wert der Bauteile und ihre Speichereigenschaften.

Bei jedem Gebäude und speziell auf der Südfassade steuert die Sonneneinstrahlung einen wesentlichen Energieinput bei. Durch entsprechende Orientierung und Wahl der geeigneten Gläser mit hohem Energiedurchlassgrad (g-Wert) kann der Energiegewinn beeinflusst werden. Rund 24 m² Solarglas sorgen hier für die solaren Gewinne.

Sonnenstandmessung – Aufnahme Nah- und Fernhorizont

Da der Nahhorizont je nach Standort sehr stark variiert und einen grossen Einfluss auf die Beschattung und somit auf die Er-

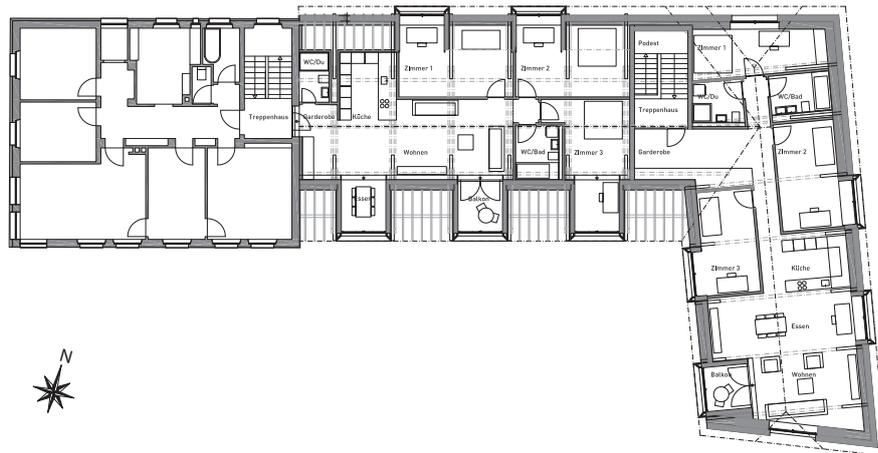


Abbildung 155:
Dachgeschoss.

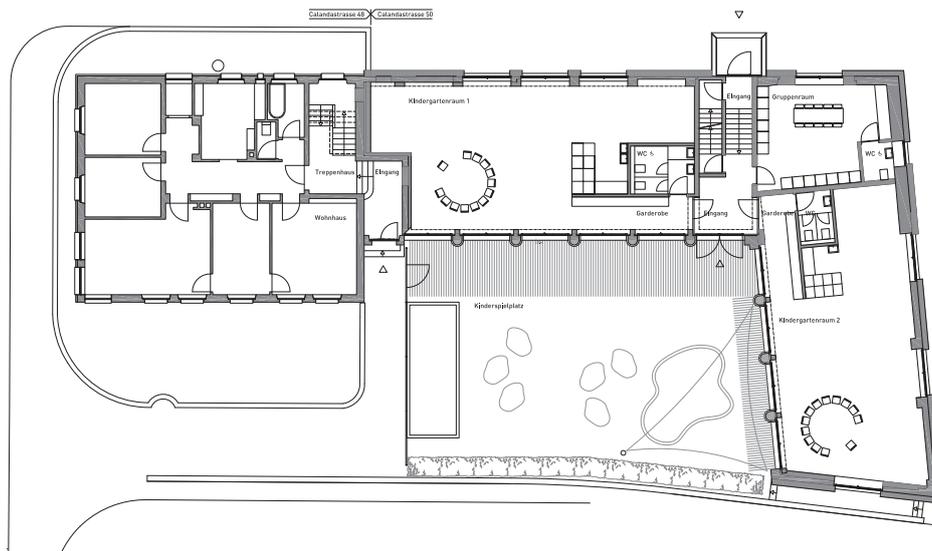


Abbildung 156:
Erdgeschoss.



Abbildung 157:
Untergeschoss.

tragsberechnung hat, wurde beim vorliegenden Projekt an insgesamt 10 Messpunkten mit Hilfe des Mützenbergzylinders (Heliochron) die Besonnung aufgenommen und nach der Messmethode der SIA-Dokumentation D 010 ausgewertet.

Absorptionsleistung

Bei der Auswahl der Baumaterialien und der Wahl der Konstruktion wurde als wichtiges Kriterium die Absorptionsleistung und die Speicherkapazität beachtet. Die Speicherung erfolgt primär in den direkt beschienenen Bauteilen hinter der Verglasung. Die restlichen solaren Gewinne erhöhen die Raumlufttemperatur, die durch Konvektion die Wärmeenergie an den Sekundärspeicher, respektive die nicht direkt beschienenen Bauteile wie Wände und Decken abgibt. Als Speicherelemente wurden speziell konstruierte Decken aus Holz

eingesetzt. Die eng angeordneten Balken sind auf das Mass der daraufgelegten Kalksandsteine ausgerichtet und erhöhen die Speicherkapazität gegenüber einer glatten Holzdecke um das Vierfache. Diese Konstruktion hat viele weitere Vorteile:

- Im Vergleich zu einer konventionellen Betondecke ist die graue Energie gering.
- Die grosse Oberfläche verbessert den Schallschutz und die Raumakustik.
- Die hohe Absorptionsleistung verringert Temperaturschwankungen, was sich positiv auf das Raumklima und die Behaglichkeit auswirkt.
- Die Beleuchtung lässt sich ebenfalls sehr einfach in die Decke integrieren.

Gebäudehülle

Bei einem Umbau ist die Festlegung der Dämmebene in der Konstruktion die grösste Schwierigkeit. Bei einigen Konst-

Abbildung 158:
Absorptions-
eindringtiefen der
Speicherdecke.

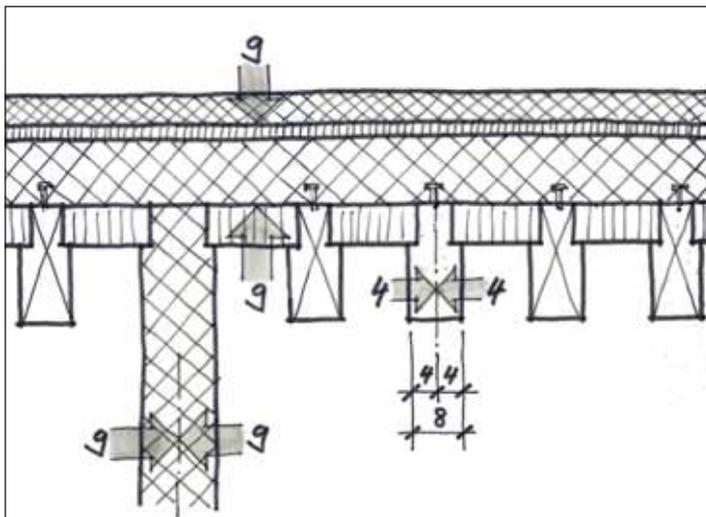
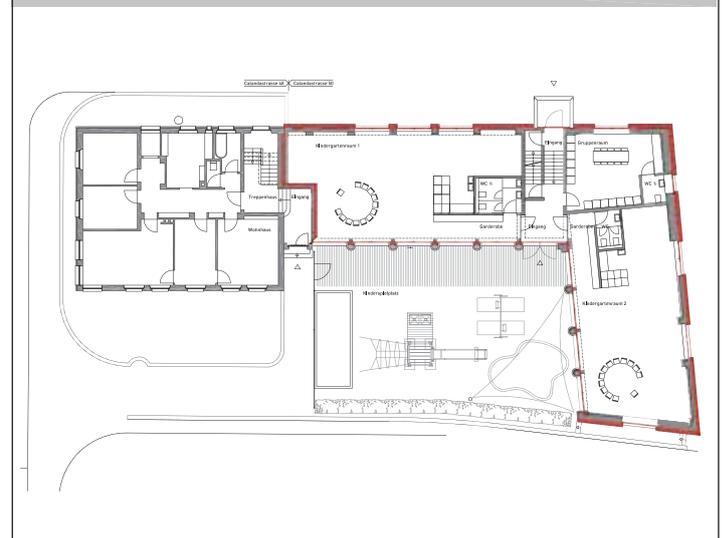


Abbildung 159:
Lückenlose Wärme-
dämmung.



ruktionsübergängen ist mit Wärmebrücken zu rechnen. Beim Umbau wurde an der Nord-, Ost- und teilweise der Südfassade eine Aussenwärmedämmung angebracht. An der Süd- und Westfassade blieben die Rundbögen erhalten. In diesem Bereich wurde innen gedämmt. Das Dach wurde auf der bestehenden Tragkonstruktion neu erstellt und optimal gedämmt. Die Fenstergläser an der Nord- und Ostfassade weisen mit einem U-Wert von $0,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ einen sehr guten Dämmwert auf. Auf der Süd- und Westfassade kam ein spezielles Solarglas mit hohem Energiedurchlassgrad (g-Wert) zum Ein-

satz. Daher haben die Gläser hier einen U-Wert von $0,71 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$.

Konzept Wärmeverbund

Auf dem Dach der Calandastrasse 50 wurden 35 m^2 thermische Kollektoren zur Wassererwärmung und zur Heizungsunterstützung angebracht. Es wurde ein nutzbarer Ertrag von rund $21\,000 \text{ kWh}$ pro Jahr berechnet. Der Ertrag deckt den Wärmebedarf von rund $19\,000 \text{ kWh}$ des Gebäudes bei Weitem, es wird sogar ein Überschuss bilanziert, in den Wintermonaten reicht die Abdeckung jedoch nicht. Der Überschuss wird an das angebaute



Abbildung 160:
Energiekonzept.

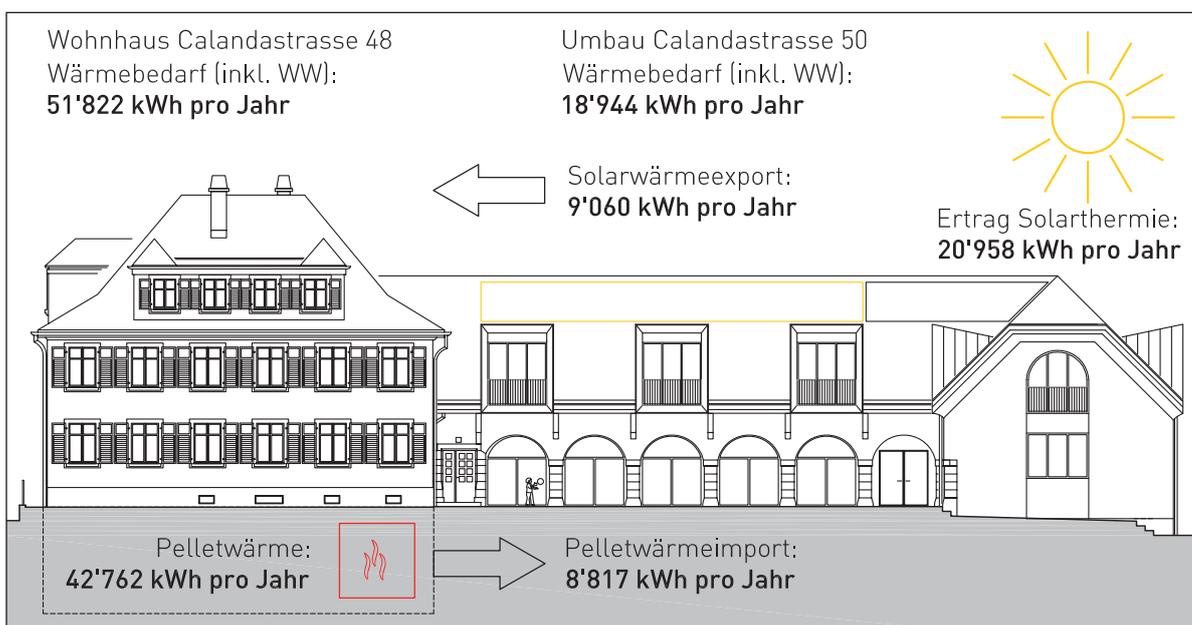


Abbildung 161:
Solarkonzept.

3-Familien-Wohnhaus an der Calandastrasse 48 abgegeben. Im Gegenzug liefert die 2014 neu eingebaute Pelletheizung (vorher Gasheizung) die fehlende Wärme für den umgebauten Hausteil in den Wintermonaten. Es wird eine ausgeglichene Jahresbilanz zwischen Export und Import angestrebt. Abbildung 164 zeigt den monatlichen Wärmebedarf für das Wohnhaus (unterer Bereich) und den umgebauten Hausteil (oberer Bereich) und wie dieser abgedeckt wird:

■ Die orangenen Balken zeigen die Abdeckung mit der Solarthermie vom Dach des Umbaus. In den Sommermonaten werden etwa 9100 kWh vom umgebauten Hausteil an das Wohnhaus abgegeben (Solarwärmeexport).

■ Die grünen Balken zeigen die Abdeckung mit der Pelletheizung im Wohnhaus. In den Wintermonaten werden rund 8800 kWh vom Wohnhaus an den umgebauten Hausteil abgegeben (Pelletwärmeimport, hellgrün).

Abbildung 162: Berechnung des Energiebedarfs nach Norm SIA 380/1 unter Berücksichtigung des effektiven Horizontes.

Trotz ausgeglichener Energiebilanz resultiert auf der solaren Seite in den Sommermonaten ein Überschuss von etwa 1800 kWh.

Haustechnik

Für eine optimale Nutzung der Sonneneinstrahlung und der Personenabwärme wurde ein schnelles Wärmeverteilsystem, also Radiatoren, eingesetzt. In den Kindergärten wurden dezentrale Lüftungsmonoblocks eingebaut. Diese ermöglichen einen der Belegung der einzelnen Räume angepassten Betrieb mit einem hohen Wärmerückgewinnungsfaktor. Im Sommer kann über diese Geräte zudem eine Nachtauskühlung erfolgen. In den neuen Dachwohnungen kommen dezentrale Komfortlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zum Einsatz. Die Photovoltaikanlage auf dem Süd- und Westdach produziert rund 8000 kWh elektrische Energie im Jahr.

Wärmebedarf Umbau Calandastrasse 50														18'944 kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr	
Q_h Kindergärten	1'529	594	241	131	7	1	0	0	7	74	863	1'624	5'071 kWh	
Q_h Wohnungen	1'706	904	201	9	0	0	0	0	0	22	1'060	1'754	5'655 kWh	
Total	3'235	1'498	442	140	7	1	0	0	7	95	1'923	3'378	10'726 kWh	
Warmwasserbedarf Q_{ww}														
Kindergärten	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	2'615 kWh	
Wohnungen	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	5'604 kWh	
Total	685	685	685	685	685	685	685	685	685	685	685	685	8'219 kWh	
Total Wärmebedarf Umbau C 50	3'920	2'183	1'127	825	692	686	685	685	692	780	2'607	4'062	18'944 kWh	
Wärmebedarf Wohnhaus Calandastrasse 48														51'822 kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	7'582	5'552	5'468	3'739	1'523	0	0	0	1'447	2'948	5'784	8'229	42'272 kWh	
Warmwasserbedarf Q_{ww}	811	733	811	785	811	785	811	811	785	811	785	811	9'550 kWh	
Total Wärmebedarf Wohnhaus C 48	8'393	6'285	6'279	4'524	2'334	785	811	811	2'232	3'759	6'569	9'040	51'822 kWh	
Wärmeerzeugung														
Ertrag Solarthermie Q_{sol}	770	1'400	2'223	2'100	2'058	1'813	2'188	2'233	2'590	1'799	1'015	770	20'958 kWh	
Deckung Bedarf Umbau Calandastrasse 50													18'944 kWh	
Import Pelletheizung von C48 nach C50	3'150	783	0	0	0	0	0	0	0	0	1'592	3'292	8'817 kWh	
Solarthermie Calandastrasse 50	770	1'400	1'127	825	692	686	685	685	692	780	1'015	770	10'127 kWh	
Überschuss	0	0	0	0	0	342	692	737	0	0	0	0	1'771 kWh	
Deckung Bedarf Wohnhaus Calandastrasse 50													51'822 kWh	
Solarexport an Calandastrasse 48	0	0	1'095	1'275	1'366	785	811	811	1'898	1'019	0	0	9'060 kWh	
Abdeckung Calandastrasse 48 mit Pellet	8'393	6'285	5'184	3'249	968	0	0	0	334	2'740	6'569	9'040	42'762 kWh	

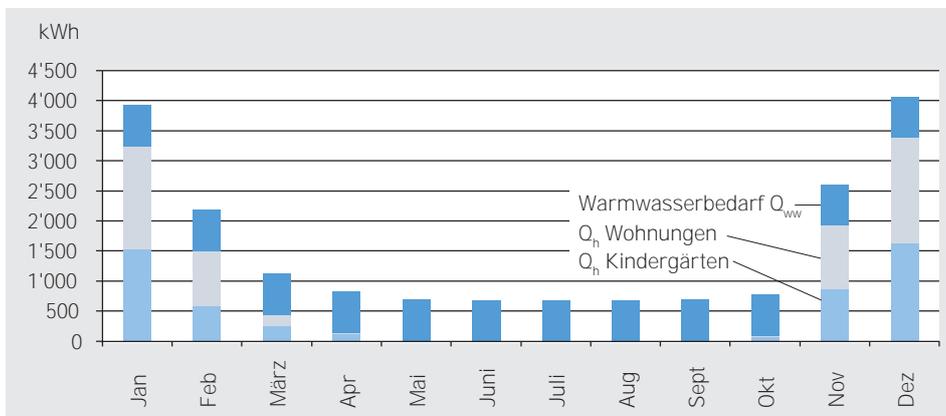


Abbildung 163: Wärmebedarf des umgebauten Gebäudeteils.

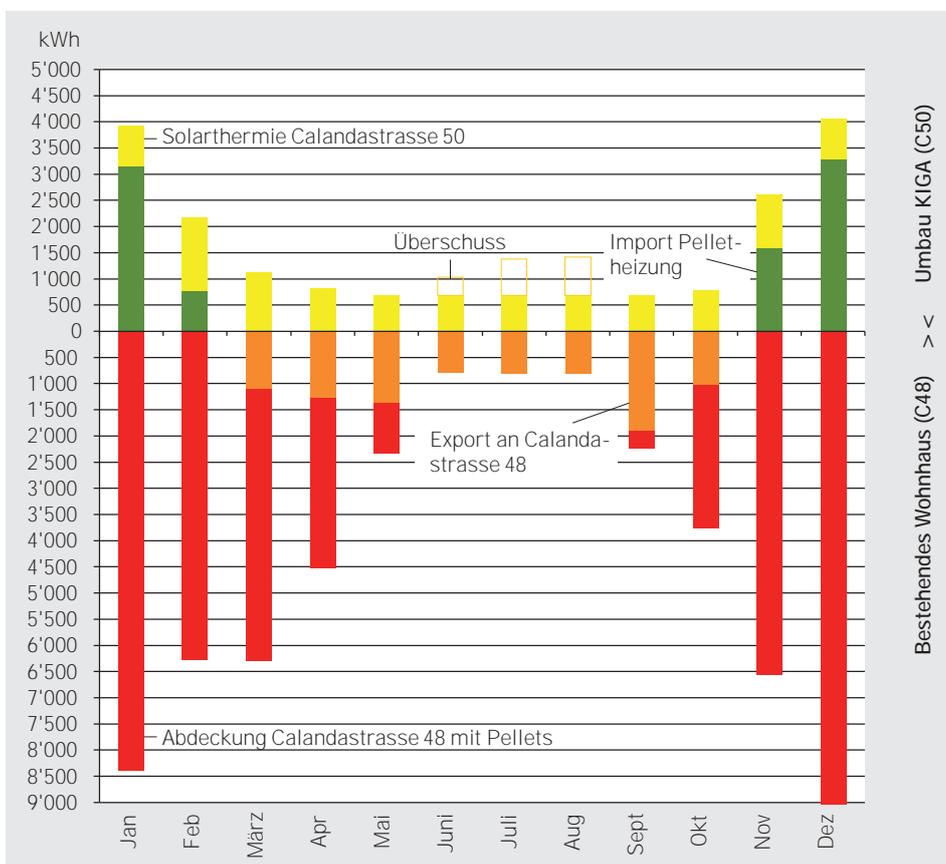


Abbildung 164: monatliche Energiebilanz für das Wohnhaus (unten) und den Umbau (oben).

Musterschulzimmer Giacometti, Chur

Ausgangslage

Verschiedene Schulhäuser in der Stadt Chur weisen im Bereich Schulzimmer einen Investitionsbedarf zur Instandsetzung und Werterhaltung auf. Dies betrifft die Themen:

- Tageslicht
- Kunstlicht
- Akustik
- Luftqualität
- Fenster
- Sonnenschutz
- Komfort
- Behaglichkeit
- Oberflächenerneuerung
- Energieverbrauch

Das Pilotprojekt Musterschulzimmer zeigt nun mit einem integralen Ansatz, dass trotz der Erfüllung von höheren Anforderungen in einer energetisch schlechten Gebäudehülle mit U-Werten um $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ massiv Energie gespart werden kann. Die erarbeitete Strategie nutzt in erster Linie die solaren Direktgewinne und Abwärme von Schülern optimal. Bei der Betrachtung stehen 3 Themen im Fokus: Verbesserung respektive Optimierung von Akustik, Beleuchtung und Raumluft.

Kostenübersicht

In Tabelle 3 sind die Kosten enthalten. Eine beträchtliche Kosteneinsparung ist, dass man den alten Akustikputz an der Decke nicht abrechen muss.

Abbildung 165:
Musterschulzimmer.



Die Kostenübersicht gilt nur für Schulzimmer mit dem Fassadenanteil von Südost über Süden nach Südwest. Für Schulzimmer mit Fassadenanteil von Nordost über Norden nach Nordwest betragen die Kosten pro Zimmer 33 800 Fr., da es keine Lichtlenker respektive keinen Blendschutz braucht und es braucht auch keine Storensteuerung, weil die solaren Erträge hier eine geringe Rolle spielen.

Komfortsteigerung

■ **Luftqualität:** Abbildung 166 zeigt ein typisches Bild für die Wintertage. Blau ist immer das Musterzimmer, rot das Zimmer rechts und grün ist das Zimmer links (mit zusätzlicher Aussenwand) des Musterzimmers. Die Bildskala zeigt den ppm-Wert des CO_2 -Gehalts der Innenluft. Am unteren Bildrand sieht man die Anwesenheitszeiten. Am Morgen sind alle Zimmer gut besetzt, am Nachmittag das Musterzimmer, die andern nur sporadisch. Am Morgen sind alle Zimmer bei etwa 500 ppm CO_2 . Nach einer halben Stunde Betriebszeit sind die Normalzimmer bereits über dem kritischen Wert von 1400 ppm. Die Werte steigen dann sehr schnell weiter bis über 2000 ppm (der Messbereich der Sensoren ist leider begrenzt). Diese Belastung

Tabelle 2: Anforderungen an ein Schulzimmer.

Tabelle 3: Sanierungskosten pro Zimmer.

Thema	heutige Situation	Ziel
Akustik (Nachhallzeit)	0,8 – 0,9 sec	0,6 sec
Beleuchtung	500 – 800 lux sehr hoher Stromverbrauch	mind. 500 lux bei niedrigerem Stromverbrauch
Raumluft	über 1400 ppm bei Vollbelegung nach ½ Stunde	unter 1400 ppm bei Vollbelegung nach ½ Stunde

Kostenübersicht für Sanierung pro Zimmer

Material	Preis
Glasersatz	4100 Fr.
Oberflächen	4700 Fr.
Blendschutz innen (vereinfachte Variante)	5200 Fr.
Sonnenstoren mit Steuerung	6100 Fr.
Akustikdecke mit Speichermasse	7200 Fr.
Lüftungsgerät, semizentral	9000 Fr.
Beleuchtung ohne Lichtregelung	4800 Fr.
Total pro Zimmer	41 100 Fr.

erzeugt Symptome wie Konzentrationsprobleme und Müdigkeit. Danach sieht man die Wirkung der Pausenlüftung. Die Radikallüftung im grünen Zimmer sorgt dann nur für die erste halbe Stunde des Unterrichts für gute Luftqualität, später muss die Luftqualität mit schlecht bis sehr schlecht bezeichnet werden. Mit dem Lehrer des grünen Zimmers wurden dann Versuche mit viertelstündlicher Stosslüftung durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass dies bei der heute üblichen Minimalbeheizung auf 20 °C bis 21 °C zu grossen Komfortproblemen führte. Die Versuche mussten abgebrochen werden, die geforderten 1400 ppm konnten damit nicht erreicht werden.

Fazit: Entweder baut man in jedes Schulzimmer eine Lüftung mit den guten Resultaten ein, oder man überheizt die Schulzimmer wieder massiv, um viertelstündliche Lüftungsaktionen oder gekippte Fenster bei dann mässigem Komfort zu ermöglichen. So gesehen spart also die Lüftung enorme Energiemengen bei sehr gutem Komfort. Im Sommer, bei hohen Aussen Temperaturen sind offene Fenster ebenso ein Komfortproblem. Einzig in der Übergangszeit sind die CO₂-Werte zwischen durch gut, weil die Fenster geöffnet werden können.

■ **Akustik- und Temperaturschwankungen:** Die Akustikverbesserungen mit-

tels Lamellen zur Erhöhung der Speichermasse und den Akustikplatten über den Fenstern haben die gewünschten Anforderungen erfüllt (Abbildung 167). Die Wirkung der Massenerhöhung im Musterzimmer (blau) kann hier sehr gut aufgezeigt werden. Es gibt 2 recht schöne Tage am Wochenende (Mitte November). Alle Sonnenstoren sind offen, die Zimmer unbesetzt. Die Zimmertüre des «roten Zimmers» steht zum Gang hin offen. Der direkte Vergleich mit dem «grünen Zimmer» zeigt am zweiten Tag, dass die Innentemperatur bei gleicher Sonnenstrahlungseinwirkung um etwa 2 Grad ansteigt, während im Musterzimmer gerade gut 1 Grad Unterschied entsteht. Sogar das «rote Zimmer» bei offener Türe schwingt höher aus. Die eingespeicherte Wärme lässt das Zimmer dann auch weniger schnell auskühlen, es muss weniger geheizt werden. Diese schwächere Amplitudenschwankung und höhere Absorptionsleistung lässt bei gutem Komfort die volle Nutzung der Sonnenstrahlung zu – der Effekt des solaren Direktgewinns!

■ **Tageslicht- und Kunstlichtnutzung:** Die Lichtumlenkung zeigt bei einfacher Bedienung grosse Wirkung. Bei der grossen Raumtiefe ist die Wirkung aber auf die fensterseitige Hälfte beschränkt. Abbildung 168 zeigt einen sonnenreichen Tag Anfang April. Wie so oft stimmt hier



Abbildung 166:
CO₂-Gehalt der
Raumluft in 3 Schul-
zimmern (ppm).
Grün: Bestehendes
Zimmer links; blau:
Musterzimmer; rot:
bestehendes Zim-
mer rechts.

die Benutzungszeit nur teilweise mit dem Tageslichtangebot überein. Die fette, blaue Linie zeigt den Leistungsbezug in Watt der Gesamtbeleuchtung an. Die dünneren dunkelblau bis hellblau gefärbten Linien visualisieren die Dimmstufe in Prozent der 3 Lichtbänder. Es zeigt sich, dass die Leuchtengruppe an der Innenwand immer voll brennt. Die mittlere Leuchtengruppe wird relativ wenig gedimmt und die Gruppe beim Fenster sehr stark, sobald die Sonne scheint. Die grüne Linie zeigt den ver-

gleichsweise geringen Elektroleistungsbezug der Lüftung, die Ventilatorstufen sind gut ersichtlich. Abbildung 169 und Abbildung 170 zeigen die Wechselwirkung von Sonnenstrahlung (gelb) und dem Leistungsbezug (dunkelblau) der Beleuchtung schön auf (oben in der Übergangszeit, unten im Winter). Benutzungs- und Sonnenstrahlungszeit stimmen selten überein. Einfache, lichtumlenkende, innere Blendenschutz-Einrichtungen in Schulzimmern mit Ausrichtung Südost über Süd bis Südwest sind ausreichend. Von Südost über Süd bis

Abbildung 167:
Temperaturverlauf
in 3 Schulzimmern
(°C). Grün: beste-
hendes Zimmer
links; blau: Muster-
zimmer; rot: beste-
hendes Zimmer
rechts.

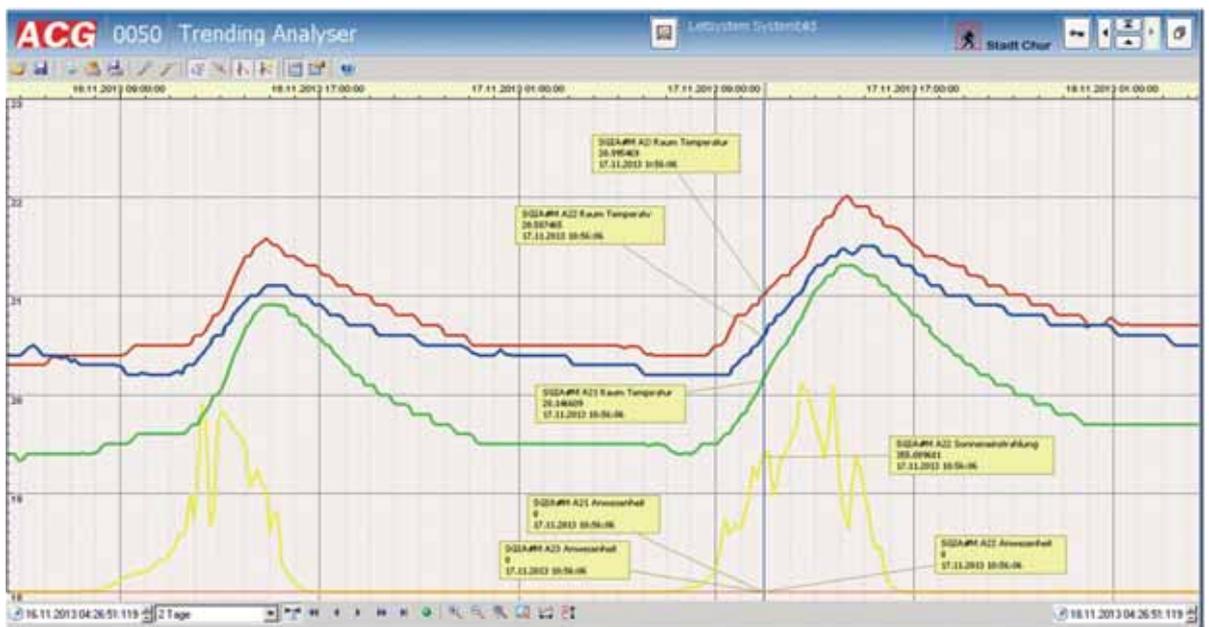


Abbildung 168:
Leistungen Strom
(Watt). Blau: Lei-
stungen Strom Mus-
terzimmer; grün:
Leistung Strom Lüf-
tung; rot: Anwesen-
heit; gelb: Sonnen-
strahlung.



Südwest sollen die Storen in der Übergangszeit und im Sommer nach der Innentemperatur und Sonnenlichtstärke geregelt werden.

Übersicht

Die Winterhalbjahresübersicht zeigt verschiedene Aspekte:

- 5 Wochen kürzere Heizsaison im Musterzimmer.
- Temperaturen im Musterzimmer sind fast immer leicht höher, Bilanz wäre also noch besser als gemessen.

■ Merkllich tiefere Wärmebezüge des Musterzimmers ab Februar (höheres Strahlungsangebot).

Betrachtet man nur Kilowattstunden, erscheint der Elektroverbrauch als sehr gering, obwohl im Musterzimmer nicht nur wie in den Vergleichszimmern das Licht, sondern auch die Lüftung sowie der Beamer und Computer gemessen wird.

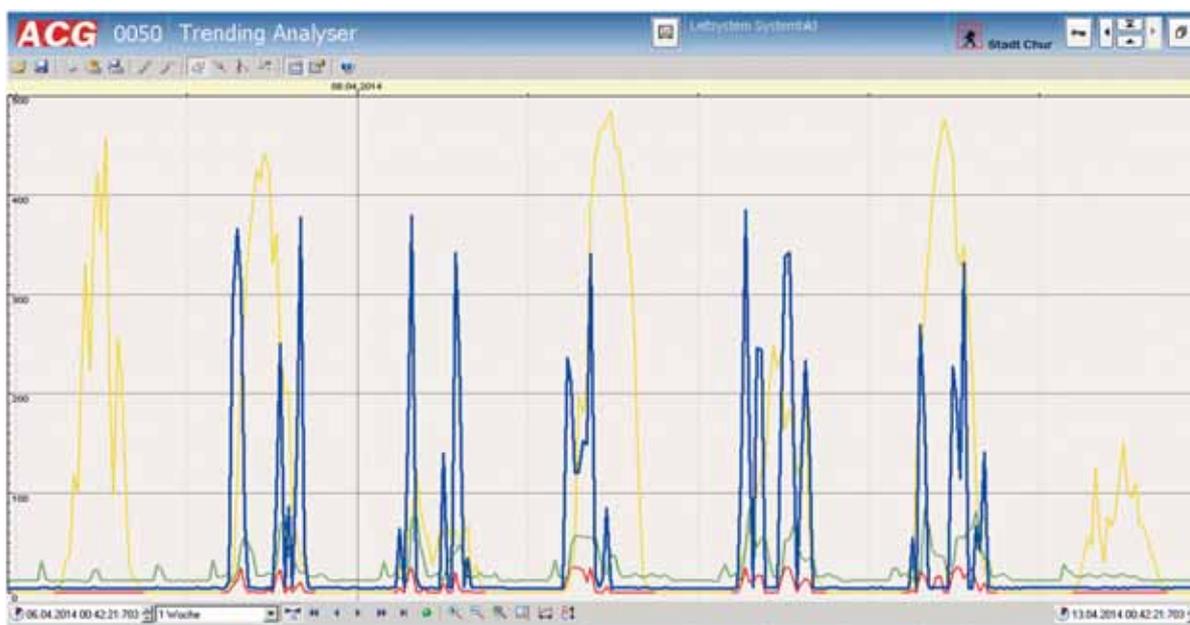


Abbildung 169: Leistungen Strom (Watt) in der Übergangszeit. Blau: Leistungen Strom Musterzimmer; grün: Leistung Strom Lüftung; rot: Anwesenheit; gelb: Sonnenstrahlung.

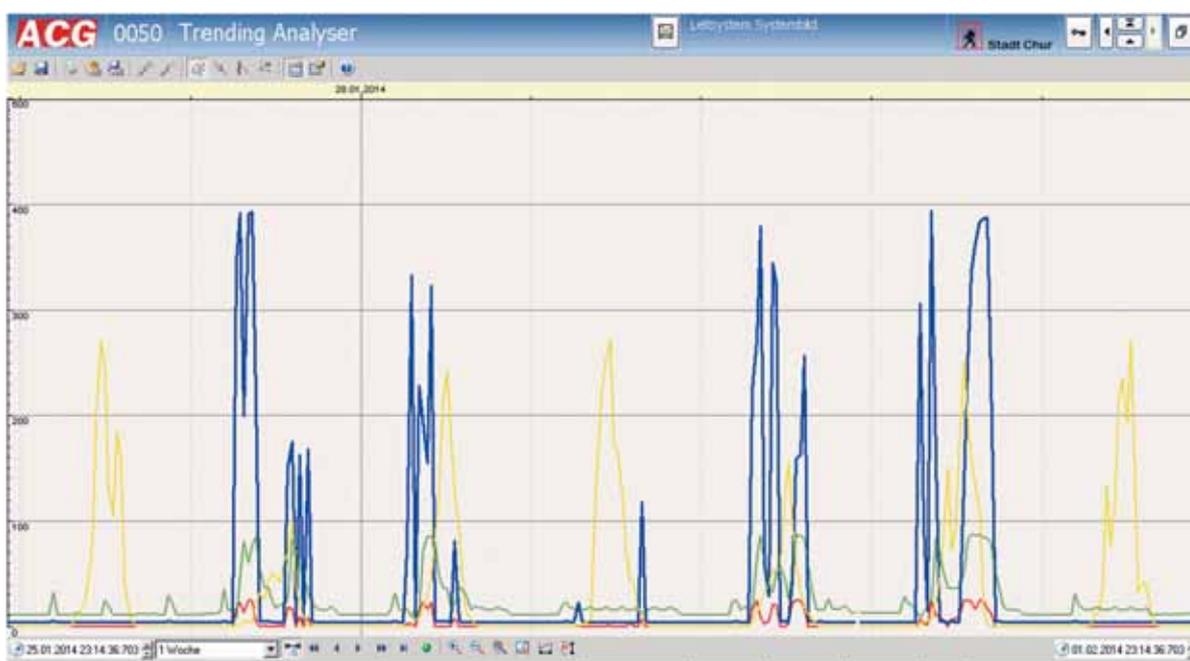


Abbildung 170: Leistungen Strom (Watt) im Winter. Blau: Leistungen Strom Musterzimmer; grün: Leistung Strom Lüftung; rot: Anwesenheit; gelb: Sonnenstrahlung.

Betriebsenergieeinsparung

■ **Wärmeeinsparung:** Seit Herbst 2013 ist eine erhebliche Wärmeverbrauchseinsparung von 6450 kWh oder 39 % erfolgt, dies entspricht rund 650 l Heizöl.

Fazit: Die Wärmeenergieeinsparung von 6450 kWh pro Jahr und Schulzimmer ist gegen 1000 Fr. pro Jahr wert, würde also Energieeffizienzinvestitionen für einen Lebenszyklus von z. B. 30 Jahren in der Höhe von 20 000 Fr. rechtfertigen (Amortisation, Zins und Unterhalt eingerechnet).

■ **Stromeinsparung:** Der Elektroenergiebezug des Musterzimmers liegt bei rund 475 kWh gegenüber durchschnittlich 850 kWh in den anderen Zimmern. Es wurde also rund 45 % Elektroenergie eingespart (über beide Jahre sind es 43 %). Gemessen wird der Strombedarf der Beleuchtung in den Vergleichszimmern. Im Musterzimmer sind es die Beleuchtung, die Lüftung und der Beamer, also eine sehr bemerkenswerte Einsparung. Die LED-Beleuchtung mit Lüftung bezieht etwa 425 Watt, die alte Leuchtstoffröhren-Beleuchtung derweil 1200 Watt. Dieses gute Resultat wird einerseits durch die bessere Effizienz der neuen LED-Leuchten, aber auch durch die mittels Lichtumlenkung, Lichtregelung und Storensteuerung verbesserte Tageslichtnutzung erreicht.

Fazit: Die Elektroenergieeinsparung von 1000 kWh pro Jahr und Schulzimmer ist gegen 200 Fr. pro Jahr wert, würde also Energieeffizienzinvestitionen für einen Lebenszyklus von z. B. 30 Jahren in der Höhe von 4000 Fr. rechtfertigen (Amortisation, Zins und Unterhalt eingerechnet).

Anforderungen an Schulhäuser

■ **Luftqualität:** Jedes neu zu erstellende oder zu sanierende Schulzimmer braucht eine CO₂-gesteuerte mechanische Belüftung mit Wärmerückgewinnung (min. 600 m³/h Frischluft für 20 Personen; das heisst 30 m³/h, Person), denn von November bis März sowie Juni bis September können die heute geforderten CO₂-Limiten von 1400 ppm in einem Schulzimmer mittels Fensterlüftung, auch bei optimalem Nutzerverhalten, nicht eingehalten werden. Die Lüftungsanlage soll im Sommer auch zum

Nachtauskühlen benutzt werden können. Raumbegrenzende Materialien sollen baubiologische Kriterien erfüllen (zum Beispiel: diffusionsfähig respektive geruchsneutralisierend). Die neuen Brandschutzrichtlinien ermöglichen einfachere Lüftungslösungen. Bei Sanierungen können aber auch Einzelgeräte wie im Musterzimmer eine gute Lösung ergeben.

■ **Akustik- und Temperaturschwankungen:** Bei Neubau und Sanierung von Schulzimmern sollen die Akustikmassnahmen in Kombination mit zusätzlicher Wärmespeichermasse realisiert werden. So kann die Abwärme von Personen und Stromwendungen sowie das Sonnenlicht durch die Fenster besser genutzt werden. Dies kann mit einer massen speichernden Akustikdecke erreicht werden. Bei Schulzimmern mit 200 m³ bis 250 m³ Raumvolumen und Vollbelegung ist eine Nachhallzeit von ca. 0,6 s anzustreben. Schulzimmer mit einer Ausrichtung Südost über Süden nach Südwest brauchen mehr Speichermasse als andere Orientierungen (rechnerischer Nachweis erforderlich).

■ **Tageslicht- und Kunstlichtnutzung:** Ein Normschulzimmer ist meistens dreiseitig geschlossen und hat nur auf einer Seite Fensterflächen und natürlichen Lichteinfall. Aufgrund der vorhandenen Raumtiefen und der geforderten Beleuchtungsstärke von 550 Lux auf den Tischflächen ist ein reiner Tageslichtbetrieb nicht möglich. Energieeffiziente dimmbare Beleuchtungslösungen für optimales und konzentriertes Arbeiten sind nötig. Eine Lichtsteuerung ist nicht nötig. Die Beleuchtungsreihen im Raum sollen einzeln, jedoch manuell steuerbar bedient werden können (Dimmfunktion wünschenswert). Die Beleuchtungsreihen sollen parallel zur Hauptfensterfläche verlaufen. Zusätzlich muss eine separate Wandtafelbeleuchtung geplant werden.

■ **Sonnenschutz:** Schulzimmer brauchen einen möglichst windfesten Sonnenschutz, der auch übers Wochenende funktionsfähig bleibt. Ein Sonnenschutz sollte einen g-Wert unter 0,1 aufweisen und trotzdem einen Durchblick nach aussen erlauben. Ein robuster Lamellenstoren erfüllt diese Bedingungen. Die Modelle, die oben

und unten verschiedene Anstellwinkel der Lamellen zulassen, verbessern auch noch die Tageslichtnutzung im Sommer. Denkbar sind auch robuste Ausstellstoren mit opakem, starkem Stoff. Eine Storensteuerung braucht es nur beim Sonnenschutz, der Südost über Süden nach Südwest ausgerichtet ist. Zum einen sollen die solaren Gewinne durch die Fenster optimal genutzt werden können, zum anderen müssen zu tiefe oder zu hohe Raumtemperaturen automatisch geregelt werden können. Der Sonnenschutz kann in den Zimmern von Nordwest über Nord bis Nordost immer als Verdunkelung eingesetzt werden, da dort die solaren Direktgewinne keine Rolle spielen.

■ **Blendschutz:** Jedes Schulzimmer mit Südost- bis Südwestausrichtung braucht einen inneren Blendschutz. Dieser muss das eindringende Sonnenlicht an die Decke umleiten können, einerseits zur besseren Tageslichtnutzung, andererseits zum Aufladen der Speichermasse in der Akustikdecke während der Heizperiode. Ebenso muss er als Verdunkelung einsetzbar sein, da in den Wintermonaten der äussere Sonnenschutz gesperrt ist. In der Verdunkelungsstellung sollte die Aussenseite zum Glas eine mindestens mittlere Dunkelheit aufweisen (gemeint ist die Farbe, zum Beispiel mittleres Grau), damit die Sonnenstrahlung nicht nach aussen reflektiert wird. Oben und unten ist eine genügend breite Öffnung nötig, damit die sich bildende Warmluft zirkulieren kann.

■ **Fenster:** Ein Fensterersatz sollte wenn möglich zusammen mit einer Fassadensanierung angestrebt werden. Für solare Direktgewinne sollte ein Fenster im Neubau und auch bei einer Sanierung soweit wie möglich aussen angeschlagen werden, dies um Verschattungen durch tiefe Leibungen und damit solare Einbussen vermeiden zu können. Bei Ausrichtungen der Fensterflächen von Südost über Süden nach Südwest ist ein g-Wert von mindestens 0,65 und ein U-Wert von maximal 0,8 W/(m²K) anzustreben. Bei Ausrichtungen der Fensterflächen von Südwest über Nord nach Südost ist der g-Wert nicht so wichtig und es genügt, wenn der g-Wert

mindestens 0,45 ist. Hingegen spielt der U-Wert eine wichtige Rolle. Der sollte in dem Fall maximal 0,5 W/(m²K) betragen.

■ **Fassade:** Eine diffusionsoffene kompakte oder hinterlüftete Lösung mit einem U-Wert von höchstens 0,15 W/(m²K) ist anzustreben.

■ **Bestandesaufnahmen bei Sanierungen:** Im Falle einer Sanierung ist immer abzuwägen, ob es sich lohnt, ein Bauteil zu ersetzen. Ziel ist, keinen Wert zu vernichten. Energetische Optimierungen mit direkten solaren Gewinnen können auch ohne eine komplette Fassadensanierung erreicht werden. Ein Vergleich von konventionellen mit energieoptimierten Sanierungsmassnahmen am Beispiel vom Schulhaus Giacometti (Trakte A und B) ergab, dass die Mehrkosten mit einer energieoptimierten beziehungsweise integralen Lösung etwa ein Drittel höher sind. Damit wird aber nicht nur eine Energieoptimierung erreicht. Mit dem Einbau einer Lüftung wird auch der Komfort enorm gesteigert – sehr wichtig für ein gutes Schulklima. Betrachtet man nun die dadurch erzielten Energieeinsparungen in Bezug auf Strom und Heizkosten, neutralisieren sich diese Kosten bei einer Amortisationsfrist von 20 Jahren.

Projektverfasser: Andrea Rüedi, Chur

Autobahnwerkhof CeRN Bursins

Entlang der Autobahn A1, zwischen dem Genfersee und den nahen Weinbergen, steht der neue Autobahnwerkhof Bursins. Dank seiner Gestaltung fügt er sich harmonisch in die im Bundesinventar für Landschaften erfasste Umgebung ein. Der Grundriss des Gebäudes bietet eine innovative Lösung. Er löst sich von der üblichen funktionalen Trennung der Büros von den Einstellhallen und vereint alles unter einem Dach. Die Einstellhallen liegen an der Nordseite zur Autobahn hin, während die Arbeitsräume nach Süden ausgerichtet sind. Die erhöhte Lage der Büros über den Lagerräumen ermöglicht eine weite Aussicht auf die umliegende Landschaft und bietet zugleich Sichtbezug zwischen den administrativen und technischen Mitarbeitern.

Abbildung 171:
Sichtbezug zwischen Administration und Technik durch erhöhte Lage der Büros.



Objektdaten

Baujahr	2004–2007
Standort	Bursins (VD)
Grundstücksfläche	32 422 m ²
Gebäudevolumen SIA 416	46 740 m ³
Energiebezugsfläche (korrigiert)	6242 m ²
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	10 620 m ²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäudehüllfläche	29 %
Heizwärmebedarf SIA 380/1	24,1 kWh/(m ² a)
Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	65,5 kWh/(m ² a) inkl. Hallen
Eigenproduktion	65,4 kWh/(m ² a)
Label	Minergie-Eco
Projektverfasser	atelier niv-o, Ivo Frei

Die Materialwahl integriert ökologische, energetische, ökonomische Anliegen sowie konstruktive Rationalität und bestimmt den architektonischen Ausdruck. Holz, Recyclingbeton, Glas, Metall und Gummi in ihrem natürlichen Zustand prägen die Stimmung des neuen Gebäudes. Konsequenterweise sind es die schwarzen Sonnenkollektoren an der Südfassade, die dem Gebäude den «chromatischen» Ausdruck verleihen.

Mit einem Minimum an Technik bietet das Gebäude Ruhe, angenehme Temperaturen, hervorragenden Sehkomfort sowie ein Maximum an Tageslicht. In Anlehnung an natürliche Prozesse wird das Gebäude als Ganzes gesehen und funktioniert in geschlossenen Kreisläufen:

- Die Konzeption des Werkhofes in Bursins deckt den gesamten Lebenszyklus vom Rückbau der alten Gebäude über das Recycling der vorgefundenen Materialien, dem Bau des neuen Gebäudes und der Nutzung.

- Die Wärmeversorgung wird durch die Solaranlage am Gebäude und dem jährlichen Wachstum der Sträucher entlang der Autobahn sichergestellt (Holzenergie).

- Das durch den Bau des Gebäudes freigesetzte CO₂ entspricht der Menge, die im verwendeten Holz «gespeichert» ist.

- Ein neugepflanzter Wald mit 500 Bäumen auf dem Grundstück regeneriert innerhalb von 40 Jahren die Menge Holz, die für den Bau des Werkhofes benötigt wurde.

- Das auf dem Grundstück gesammelte Regenwasser deckt den Bedarf an Rohwasser, der nahe liegende See dient als «Pufferspeicher».

So weist der Werkhof in Bursins, über seine gesamte Lebensdauer von 40 Jahren betrachtet, auch eine neutrale CO₂-Bilanz aus. (Atelier niv-o | Ivo Frei)



Abbildung 172:
Die Sonnenkollektoren sind ins Gebäude integriert.

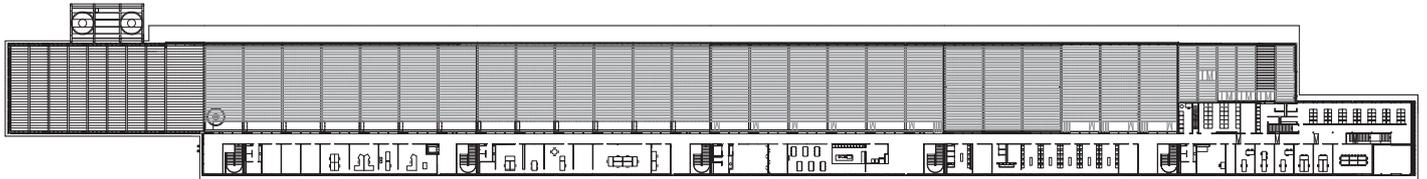


Abbildung 173: Obergeschoss (Mezzanin).

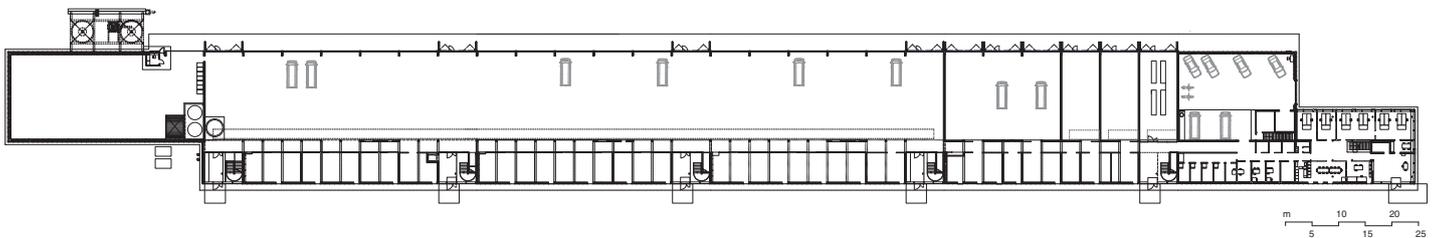


Abbildung 174: Erdgeschoss.

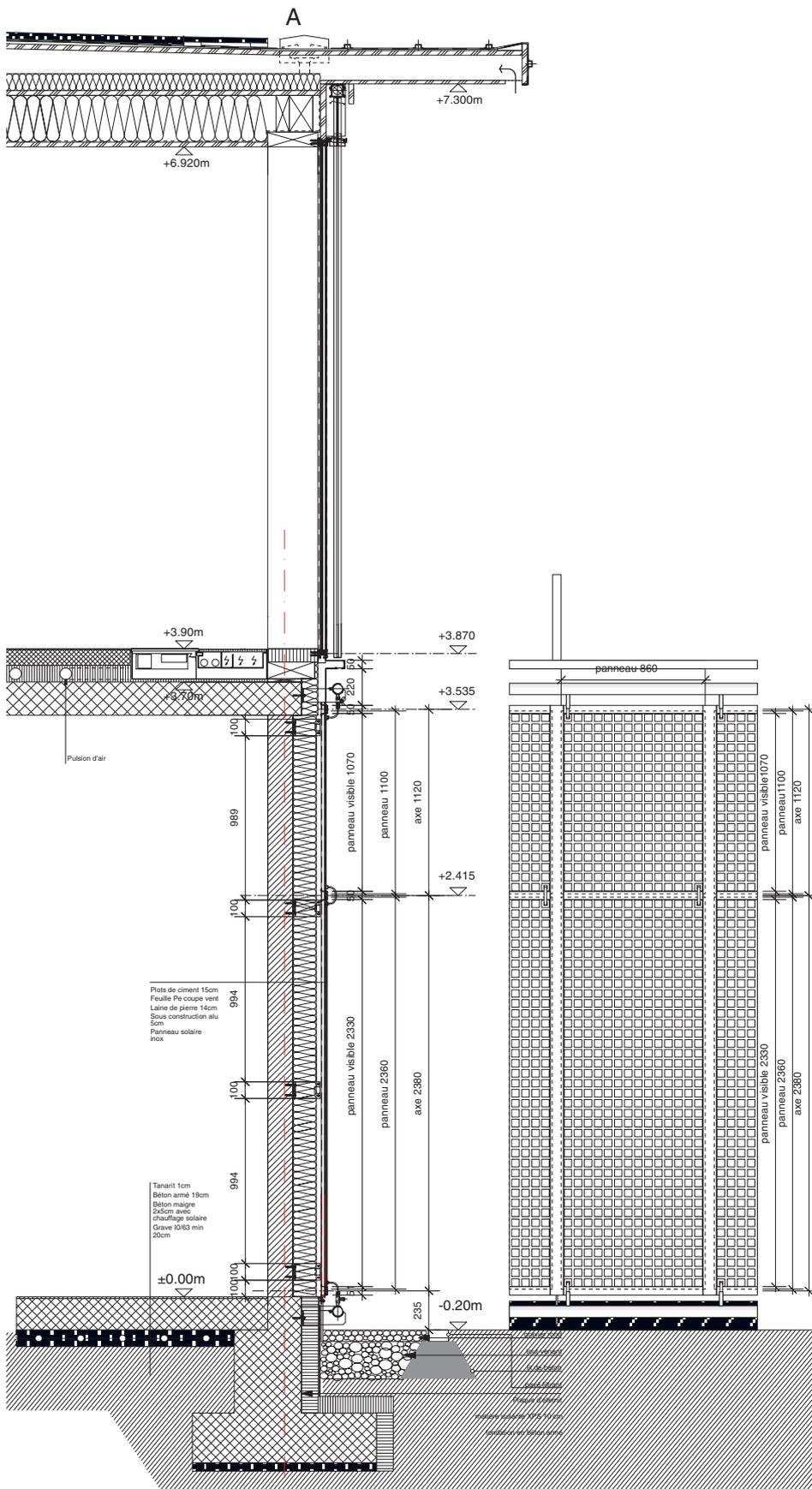


Abbildung 175:
Schnitt Sonnen-
kollektor.

Anhang

Autoren

Andrea Gustav Rüedi, dipl. Arch. HTL, Energieingenieur NDS, Baubiologe SIB. Seit 1989 selbstständiger Architekt und Energieplaner. Angewandte Forschung mit Schwerpunkt solare Direktgewinnhäuser für private Bauherrschaften und Architekten, Neubau und Sanierung, Wohn- und Geschäftsbauten. Lehrbeauftragter an verschiedenen Hochschulen. Seit 2011 Studienleiter des CAS Solararchitektur an der Berner Fachhochschule Burgdorf. Ab 2012 Fachstelle Energie und Nachhaltigkeit Stadt Chur, seit 2015 zudem wieder als selbstständiger Architekt und Energieplaner tätig.

Peter Schürch, Architekt SIA, SWB; 1999 bis heute: Professur für Architektur an der Berner Fachhochschule/AHB; Studiengangleitung Nachhaltiges Bauen, enbau; seit 2010 Präsident Jury Norman Foster Award; seit 1990 Inhaber Halle 58 Architekten, Bern; 2014 Wohnsiedlung in Holzbauweise, Ostermundigen. Auszeichnungen: 1999 Prix eta und Europäischer Solarpreis für Solarsegel in Münsingen; 2006 ATU-Prix, Solarpreis, 1. Rang weltweiter Passivhauspreis für Wohnhaus Gebhartstrasse, Köniz-Liebefeld.

Jörg Watter, dipl. Architekt ETH/SIA, NDS Ökobilanzen, Baubiologe und Feng-Shui-Berater, Inhaber Architekturbüro Oikos& Partner, Büro für bewusstes Bauen, Wohnen und Leben, Thalwil (www.oikos.ch); seit 2012 Studienleiter CAS Nachhaltiges Bauen an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur und Dozent an der Berner Fachhochschule Burgdorf; seit 2007 Präsident Schweizerische Interessengemeinschaft Baubiologie/Bauökologie SIB mit rund 750 Mitgliedern (www.baubio.ch); 2010–2014 Prüfungsleiter Lehrgang Baubiologie; seit 2013 Schweizer Ländervertreter Baustofflabel natureplus (www.natureplus.org).

Diagramme als Vorlage

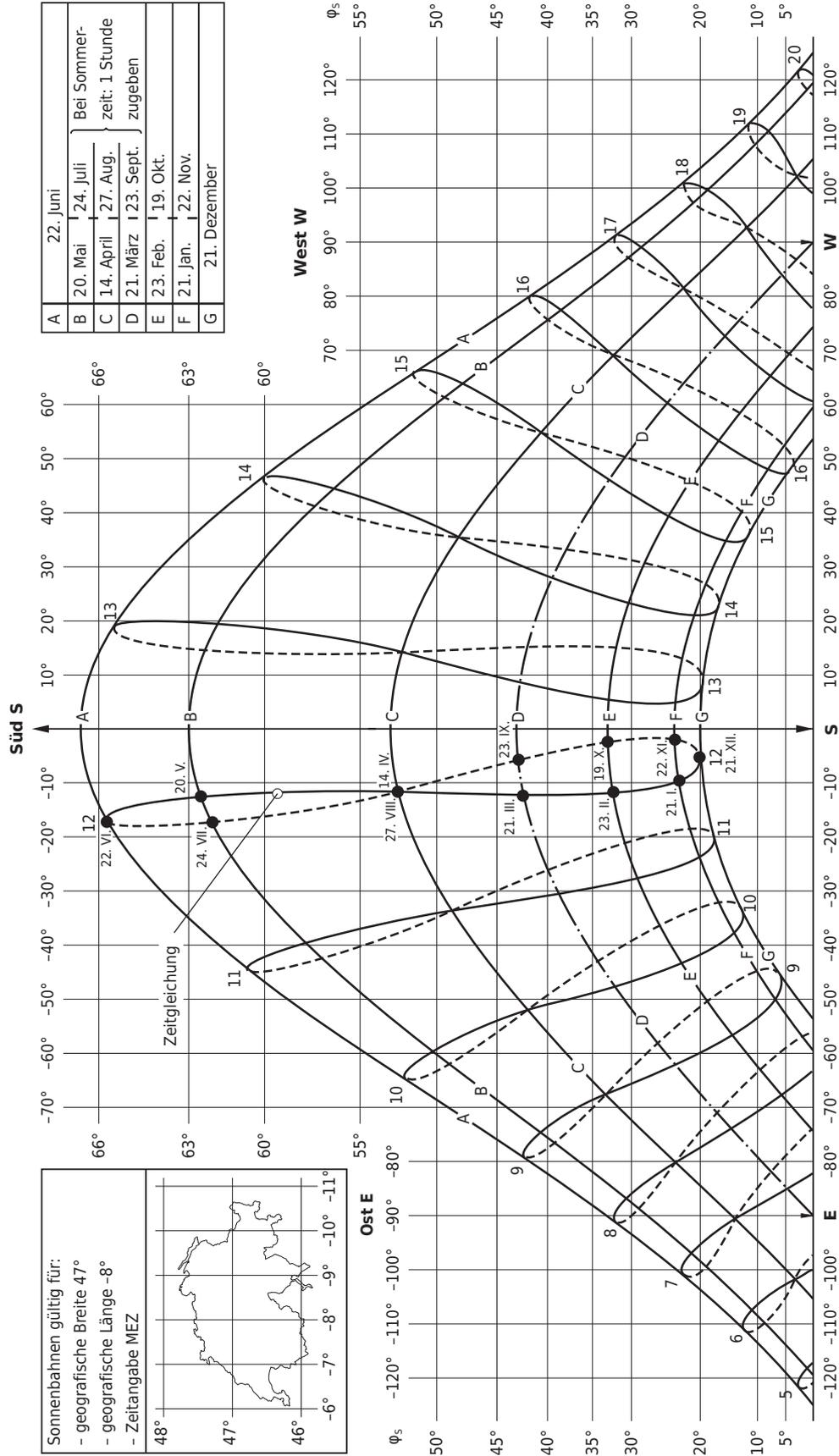


Abbildung 9:
Sonnendiagramm.
Dieses Blatt kopieren und Horizont einzeichnen.
(Quelle: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich).

Sonnenbahnen gültig für:

- geografische Breite 47°
- geografische Länge -8°
- Zeitangabe MEZ

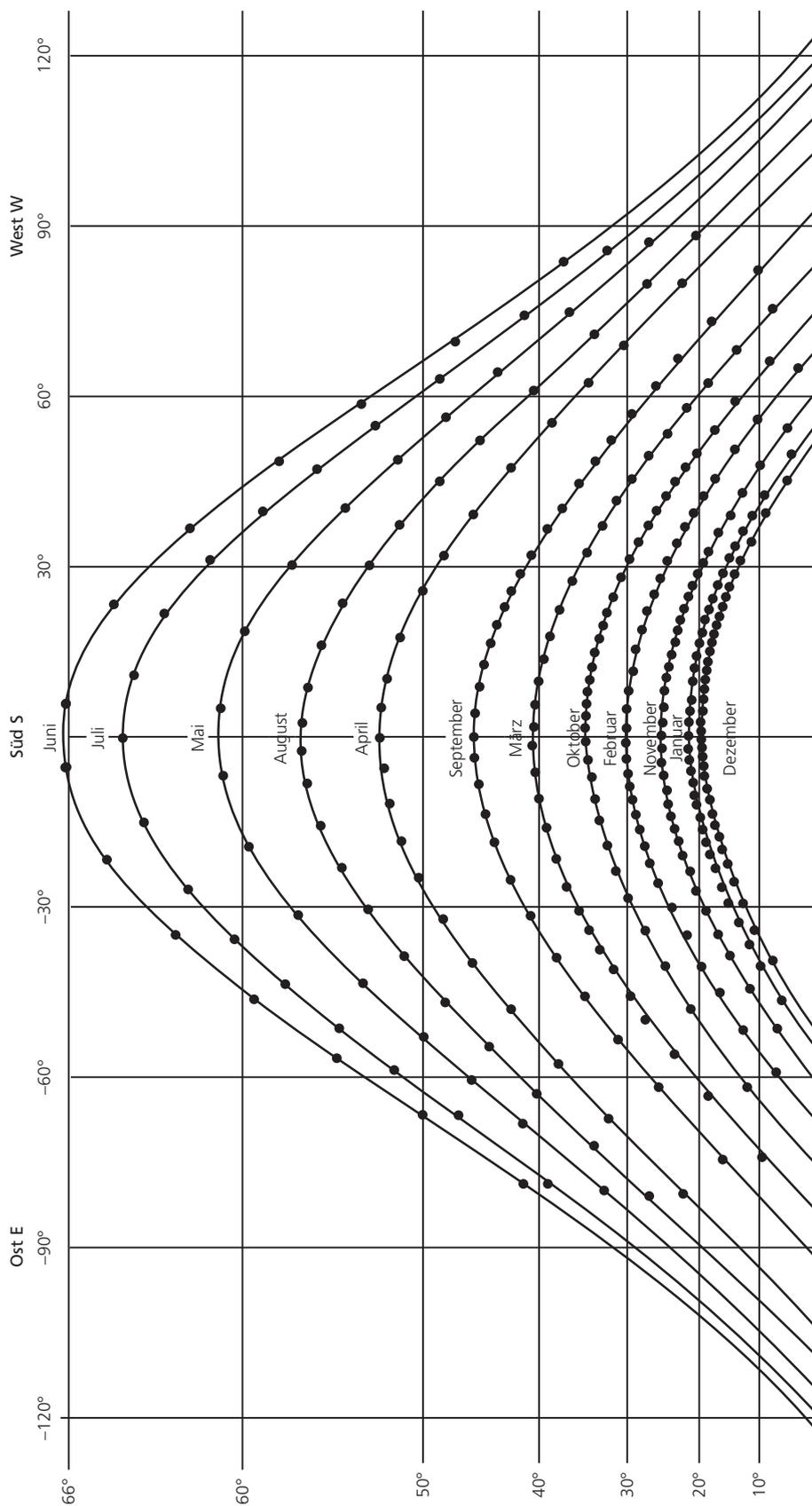
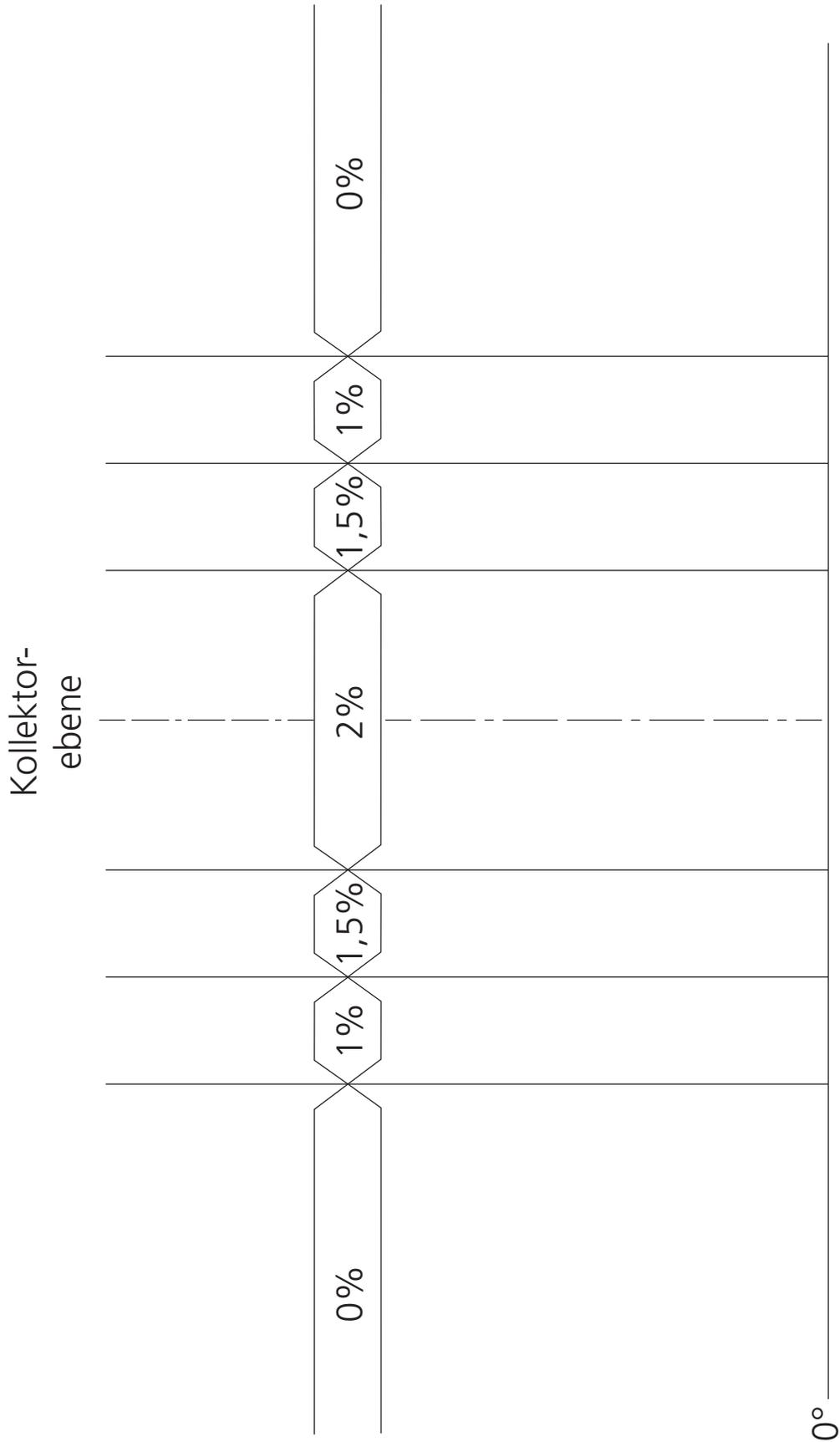


Abbildung 10:
Bewertungsdiagramm. Von diesem Blatt eine Transparentkopie erstellen und über Abbildung 9 legen.

Abbildung 11: Ausrichtung zum Bewertungsdiagramm. Von diesem Bild eine Transparenzkopie erstellen und mit der Achse «Kollektorebene» verschieben über die Abbildungen 9 und 10 legen. Die «Kollektorebene» ist die Fassadenausrichtung des zu bewertenden Projekts. Nun werden die Punkte auf Abbildung 10 mit den Prozentangaben auf Abbildung 11 pro Monat ausmultipliziert und zusammengerechnet. So erhält man die monatlichen Abschattungen.



Stichwortverzeichnis

A

Absorption 42
Absorptionsleistung 25, 102
Akku 72
Akustik 106
Altbauten 36
Ausrichtung 12

B

Backstein 76
Balkon 14, 79
Baubiologie 31, 90
Bauphysik 34
Baustoffe 32
Beleuchtung 106
Beton 76
Beton-Holz-Verbund 82
Betonkern 79
Biomasse 54
Blendschutz 17, 106, 111
Boden 26
Bodenheizung 50

C

CO₂-neutral 10
Coefficient of Performance (COP) 52

D

Dachwohnung 104
Decke 27
Direktgewinn 49
Direktgewinnhaus 35
Doppelfassade 37

E

Eigentumswohnung 90
Einbruchsicherheit 21
Elektrobiologie 33, 90
Energie 32
Energiekonzept 72
Erdsonde 35
Etagen-Wohnungen 79

F

Fassade 111
Feng Shui 90
Flexibilität 90
flexibler Grundriss 81

G

Gartenbewässerung 68
Gebäudehülle 42, 102
Gebäudetechnik 49
Gesamtenergiedurchlassgrad 42
g-Wert 42
g-Wert-optimiert 13

H

Heizsaison 109
Heizung 52
Heliochron 102
Hilfsenergie 83
Höhenwinkelfunktion 11
Holz 67
Holz-Beton-Verbund 93, 100
Holzelementhaus 49
Holzfaserplatte 68
Holzpelletofen 22
Holzrippen 86
Horizont 11
Horizontanalyse 13
hybrider Holzbau 76
Hybridkollektor 36

J

Jahresarbeitszahl 52

K

Kalkglätte 68
Kalkputz 76
Kalksandstein 72, 100
Kindergarten 98
Klima 5
Knickarmstoren 59
Kochen 72
Kokos 68
Kollektorebene 13
Komfort 106
konstruktiver Holzschutz 43
Kork 68
Kosten 106
Kraftwerk 62
Kühlrippen 74, 87
Kunstlicht 106

L

Lebenszyklus 29
Lehm 67
Lehmspeicherwand 68
Leibung 14
Leibungsgeometrie 16
Leitsystem 20
Leitungsverluste 52
Lichtband 108
Lichtlenker 106
Lufterneuerung 34
Luftkollektorhaus 39
Luftqualität 106
Lüftung 66
Lukarne 98

M

Massivholzbau 58
Materialisierung 29
Mobiliar 25
Mützenbergzylinder 11, 102

N

Nachhallzeit 106
Nachhaltigkeit 7
Nachtauskühlung 21

O

Ökobilanz 66
Ökologie 90

P

Pelletofen 82
Permakultur 53
Photovoltaik 5, 62
Photovoltaikhaus 35
Primärspeicher 18, 25
Primärspeicherzuschlag 26

Q

Querlüftung 21

R

Radiatoren 50
Raumprogramm 33
Recyclingbeton 68, 81
Reflexion 42, 55
Regenwassernutzung 63, 68

S

Satzung 60
Schlechtwettersicherheit 26
Schulhaus 110
Segel 59
Sekundärspeicher 25
Solarthermiehaus 35
Sole-Wasser-Wärmepumpenboiler 49
Sonnenfalle 55
Sonnenkollektor 5
Sonnenschutz 17, 106
Speicher 19
Speichermasse 26
Stadt 9
Steinboden 68
Storensteuerung 106
Stromeinsparung 110
Sturz 16

T

Tageslicht 106
Tageslichtnutzung 18
Temperaturzonen 48
Tiefgarage 87
Transmission 42

U

Über-Eck-Lüftung 21
Überhitzung 87
Umwelt 32
Unterlagsboden 93

V

Vordach 14

W

Wände 26
Wärmepumpe 51
Wärmeverbund 103
Warmwasser 52, 72
Wasser 32, 90
Wassererwärmung 5
Wasserkollektorhaus 40
Wasser-Saisonspeicher 35
Wassertank 83
Werkstoffe 93
Wintergarten 38

Z

Zusatzheizung 22, 49

