

Devi Bühler/Wilfriede Renate Schamoni

ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN UND SANIEREN

Nachhaltig und ganzheitlich

Vorwort

Bauen und Sanieren – energieeffizient, nachhaltig und ganzheitlich. Dieser Buchtitel ist Programm.

Es gibt viele Werke über energieeffizientes Bauen und Sanieren, aber das vorliegende Buch versucht, die Aspekte des Zusammenwirkens von Energieeffizienz, Ganzheitlichkeit und Nachhaltigkeit in einer Bauaufgabe zu erläutern. Die aktuellen Krisen unserer Tage stellen uns als Planer vor immer neue Herausforderungen.

Um den Klimawandel zu stoppen, aber auch um uns daran anzupassen, bedarf es einiges an Umdenken innerhalb der vor uns liegenden Bauaufgaben, unabhängig davon, wie groß oder klein diese ist. Wichtig ist, über die Klimathematik hinaus insgesamt Ressourcen zu schonen und im Einklang mit der Umwelt zu bauen, sowohl heute als auch morgen. Das gilt für den Neubau wie für die Sanierung. Und wir müssen erkennen, dass keine einzelne Bauaufgabe für sich steht, sondern in jeder Hinsicht Teil eines Großen und Ganzen ist und somit auch darauf einwirkt.

Die dargestellten Inhalte sollen Ihr Interesse für diese sensible Thematik wecken und Sie zum Nachdenken anregen. Viele Tipps aus der nachhaltigen und ganzheitlichen Praxis sollen Ihnen Ideen zum Umsetzen in Ihrem eigenen Büroalltag und Ihren Projekten geben. Aktuelle Praxisbeispiele zeigen anschaulich, wohin die Entwicklung nachhaltiger, energieeffizienter und ganzheitlicher Bauweisen gehen sollte.

Ausgewählte Details und Hinweise zur Gesetzeslage vervollständigen das Werk. Wir Autoren und Herausgeber hoffen, dass Sie für Ihre Arbeit viele Anregungen, Erkenntnisse und neue Ideen finden, und wünschen viel Freude beim Entdecken und Umsetzen!

Kissing, im Januar 2023



Devi Bühler, MSc ZFH



Dipl.-Ing. Wilfriede Renate Schamoni

Inhalt

Vorwort	5	3 Energetisches Sanieren	103
Autorenverzeichnis	9	3/1 Beweggründe von Sanierungen – mit Masterplan zum Erfolg	105
So nutzen Sie Ihr Software-Programm ..	11	3/2 Die Bedeutung von energetischer Sanierung	107
1 Einführung – GEG und BEG	13	3/3 Der ideale Ablauf einer Sanierung – Schritt für Schritt den Kunden über- zeugen	109
1/1 GEG	15	3/4 Die Ansatzpunkte der Sanierung	119
1/2 BEG	28	3/5 Die Ökobilanzierung – Lebenszyklus- kosten und graue Energie	150
2 Energetisches Bauen im Neubau ..	37	3/6 Die Sanierung denkmalgeschützter Gebäude	154
2/1 Einleitung	39	3/7 Projektbeispiele Sanierung	159
2/2 Konzeptionelle Herangehensweise ...	41	3/7.1 Umbau der Schule Argelsried in ein Kinderhaus (1906)	159
2/3 Das KREIS-Haus	48	Umbau der Schule Argelsried in ein Kinderhaus (1906) – Konstruktionsdetails	170
2/4 Praktische Umsetzung am Beispiel des KREIS-Hauses	54	3/7.2 Sanierung und Erweiterung des Landratsamtes Dillingen (1967)	178
2/4.1 Energie durch Bau und Herstellung ..	55	Sanierung und Erweiterung des Landratsamtes Dillingen (1967) – Konstruktionsdetails	186
2/4.2 Direkte Energie im Betrieb	66	3/7.3 Umbau eines Einfamilienhauses in Meckenbeuren (1969)	194
2/4.3 Indirekte Energie im Betrieb	74	Umbau eines Einfamilienhauses in Meckenbeuren (1969) – Konstruktionsdetails	203
2/4.4 Energie durch Rückbau und Entsor- gung	84		
2/5 Erste Erkenntnisse	91		
2/6 Klimapositives Wohnen in Berlin (2021)	93		
2/7 Forschungsprojekt-Beispiel KREIS- Haus (2021) – Konstruktionsdetails ...	100		

3/7.4 Umnutzung und Sanierung der Textilmanufaktur Halle/Saale (1880)	211	4 Verzeichnisse	237
Umnutzung und Sanierung der Textilmanufaktur Halle/Saale (1880) – Konstruktionsdetails	222	4/1 Stichwortverzeichnis	239
3/7.5 Sanierung eines denkmalgeschützten Hauses in der Nördlinger Innenstadt (1470)	230	4/2 Quellenverzeichnis	244

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

2/3

Das KREIS-Haus

Das KREIS-Haus ist ein Beispiel für ein ganzheitliches, nachhaltiges Gebäude. Die Kreisläufe für Materialien und Ressourcen sind weitgehend geschlossen. Wo möglich werden Ressourcen eingespart und wiederverwendet. Das KREIS-Haus ist das Resultat eines komplexen Planungsprozesses, welcher möglichst alle in Tabelle 2 (siehe Kapitel 2.2) dargestellten Prinzipien in die Praxis umzusetzen versucht. Das KREIS-Haus wurde im September 2021 in Feldbach ZH, Schweiz, fertiggestellt, und seither werden die Konzepte und Technologien in der Praxis getestet und weiterentwickelt. Das KREIS-Haus ist ein Demonstrations- und Forschungsobjekt, welches von der **Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften** als Forschungspartner und dem Verein **Synergy Village** als Umsetzungspartner gemeinsam umgesetzt wurde. Besucher und Besucherinnen können die eingesetzten Bautechniken in der Praxis erleben, während im Betrieb Daten für die weitere Forschung und Entwicklung gesammelt werden können.

Das Haus besteht aus einer voll ausgebauten kleinen Wohneinheit mit einem darübergebauten Wintergarten. Der multifunktionale Wintergarten bringt einen großen Zusatznutzen für das Haus und ist das Kernstück, welches die gesamtheitliche Kreislauffähigkeit des Gebäudes ermöglicht. So bietet dieser zusätzliche Wärme- und Schallisolation, produziert Solarstrom, bietet zusätzlichen Wohnraum, ermöglicht die Pflanzenkultivierung wie in einem Gewächshaus sowie die Wiederwendung des aufbereiteten Abwassers und der Nährstoffe aus den Fäkalien. Alle Bauteile wurden so verbaut, sodass sie am Lebensende wieder auseinandergenommen und wiederverwendet oder recycelt werden können. Es soll kein (Sonder-)Abfall entstehen. Alle Baustoffe sind frei von toxischen Stoffen und entweder natürlichen Ursprungs, langlebig und rezyklierbar, wiederverwendet oder bereits recycelt. Das KREIS-Haus zeigt auch auf, wie auf reduziertem Wohnraum mit intelligenten Einrichtungen angenehm gelebt werden kann.

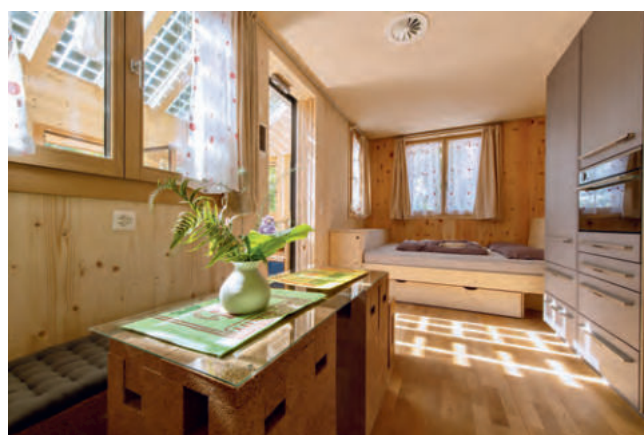


Bild 1 bis 3: KREIS-Haus in Feldbach ZH, Schweiz
(Foto 3: Dirk Steuerwald)

Das KREIS-Haus entwickelt sich stets weiter und liefert neue Erkenntnisse für die Baupraxis. Die aktuellsten Informationen werden auf der Webseite (www.zhaw.ch/iunr/kreishaus) und via Newsletter kommuniziert.

Das KREIS-Haus dient hier als Praxisbeispiel, um die praktische Umsetzung solcher Lösungsansätze zu illustrieren. Nichtsdestotrotz ist jedes Gebäude individuell, und in jedem Fall braucht es einen intensiven Austausch mit allen Beteiligten, um zur bestmöglichen Lösung zu gelangen.

Hintergrund & Geschichte: von Zero-Emission zu Zero-Impact

Die Idee für das KREIS-Haus entstand 2013 im Rahmen der Bachelorarbeit der Autorin, Devi Bühler. Sie studierte damals Umweltingenieurwesen am Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften. In ihrer Bachelorarbeit recherchierte sie Vorzeigeprojekte für sog. Zero Emission Buildings (Deutsch: Null-Emissionen-Häuser), also Gebäude, welche im Betrieb **geschlossene Energie-, Wasser- und Nährstoffkreisläufe** haben. Dabei fiel ihr auf, dass es schwierig ist, neue Technologien in der Praxis zu testen. Denn einerseits muss ein störungsfreier Betrieb zum Wohle der Bewohner/-innen möglichst gewährleistet werden, andererseits bringen genau diese Störfälle sowie weitere Tests und Experimente die Entwicklung neuer Technologien weiter. Dieser Interessenskonflikt sowie die Tatsache, dass Innovationen im Gebäudebereich oft mit großen Investitionen und daher großen Risiken einhergehen, verlangsamten oder verhindern, dass Innovationen auf den Markt kommen. Daraus entstand die Motivation, das KREIS-Haus zu bauen: ein bewohntes Praxislabor, wo neue Entwicklungen getestet und weiterentwickelt werden. In den darauffolgenden Jahren, u.a. im Rahmen ihrer Masterarbeit, setzte sich Devi Bühler intensiv mit dem Design des KREIS-Hauses auseinander. Die Idee war anfänglich ein Zero Emission Building, gemäß obiger Definition, zu bauen. Ihr wurde jedoch bewusst, je länger man sich mit dem Thema Nachhaltigkeit im Baubereich auseinandersetzt, desto mehr wird klar, dass ein „wahres“ nachhaltiges Gebäude viel mehr umfasst. Ein Gebäude hat Umweltauswirkungen im Bereich Energie, Baumaterialien, Wasser,

Nahrungsmittel, Mobilität, Bodenverbrauch usw. Um all dem gerecht zu werden, hat Devi Bühler in ihrer Masterarbeit den Begriff des „Zero Impact Buildings“ wie folgt definiert: „Die Ersetzung des Begriffs ‚Emissions‘ (Deutsch: Emissionen) durch Impact (Deutsch: Auswirkungen) resultiert aus der Erkenntnis, dass Emissionen etwas Materielles sind, das quantifiziert werden kann, während eine Auswirkung jede Art von Wirkung sein kann, die ein Objekt auf seine Umwelt hat.“

Planungsprozess

Die Erkenntnis, dass die vielfältigen Umweltauswirkungen eines Gebäudes die Komplexität der Sache enorm erhöhen und es dafür kreative und sinnvolle Lösungen braucht, bildete die Grundlage für den Planungsprozess. Der kritische Faktor dabei ist der Platz. Im Prinzip bräuchte jedes Gebäude praktisch ein eigenes Fußballfeld daneben, damit es seine eigene Energie produzieren, das Abwasser reinigen und Nahrungsmittel anbauen kann – um nur ein paar Aspekte zu nennen. Da dies nicht realistisch ist, verfolgte das Design des KREIS-Hauses die Idee, so viel wie möglich auf kleinstem Raum umzusetzen. Das entscheidende Designkriterium war dabei, multifunktionale Komponenten zu erstellen, wie z.B. der übergestülpte Wintergarten.

Ab 2019 erfolgte eine enge Zusammenarbeit zwischen Devi Bühler und dem Architekten Jörg Watter. Das zweiköpfige Planungsteam ergänzte sich nun ideal. Damit startete ein intensiver Planungsprozess. Die Planung eines kreislauffähigen Gebäudes erforderte einen grundsätzlich anderen Denkansatz als die Planung eines konventionellen Gebäudes. Nach dem Zusammenstellen der umfassenden Ansprüche an das KREIS-Haus bezüglich Kreislauffähigkeit der verwendeten Baustoffe, der Wasser- und der Nährstoffkreisläufe sowie des Energiekreislaufs von Wärme und Strom wurde in der Entwurfsphase das Gebäudekonzept entwickelt, diskutiert, überarbeitet und stetig weiterentwickelt. Gleichzeitig galt es, für die entsprechenden Lösungsvorschläge Produkte und Unternehmer zu finden, die einerseits den gestellten Kriterien entsprachen und andererseits bereit waren, neue Wege einzuschlagen und auch gewisse Risiken außerhalb des regulären Tagbetriebs einzugehen. Diese vielfältigen Anforderungen wurden mit fundiertem

Know-how, aber auch viel Kreativität und der Offenheit für Neues zu einem stimmigen Gesamtkonzept zusammengestellt.

Die Ausführungsplanung war geprägt durch die Arbeit an den konstruktiven Details. Wie werden neu entwickelte Anlagen und Bauteile eingebaut? Was passiert während der Nutzungsphase hinsichtlich Unterhalt und Reparaturfähigkeit? Wie können die Baustoffe möglichst so eingebaut werden, dass diese am Ende der Lebensdauer wieder einfach ausgebaut und weiterverwendet werden können? Diese Fragen wurden bei jedem Bauteil gestellt und im Team diskutiert. Die Umsetzung der Kreislauffähigkeit entscheidet sich schlussendlich in den konstruktiven Details.

Die Bauphase stellte das Team immer wieder vor neue Herausforderungen. Zusammen mit den Unternehmern galt es, kreative Lösungen zu finden, um neu entwickelte Bauteile ohne bestehende Montageanleitung kreislauffähig einzubauen. Auch neue „Materialentdeckungen“ wurden laufend in den Bauprozess eingebunden. Die Mischung von Profis und Laien auf der Baustelle zeigte, dass es heißt, einfache Details zu entwickeln, welche jede und jeder ohne spezielle Vorkenntnisse umsetzen kann.

Von der Idee zur Realisierung



Bild 4: Von der Idee zur Realisierung des KREIS-Hauses

3/2

Die Bedeutung von energetischer Sanierung

Mit der Einführung der sog. Zweiten Wärmeschutzverordnung von 1982/84 wurden erstmalig Anforderungen im Zusammenhang mit baulichen Maßnahmen am Gebäudebestand gestellt. Der Hintergrund war, die Energieeinsparung auch im Gebäudebereich festzuschreiben, und nicht nur bei neuen Gebäuden, sondern eben auch im Gebäudebestand.

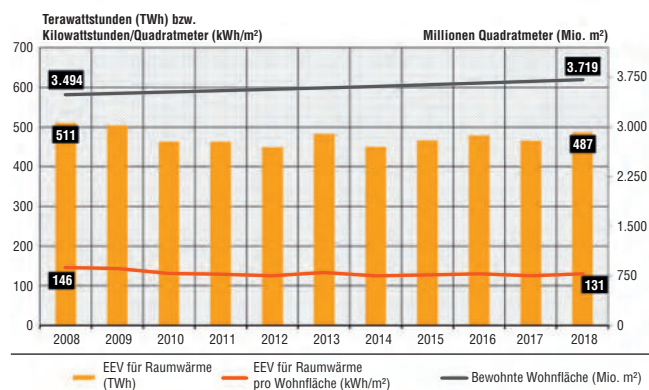
1996 legte die KfW bereits ein erstes Programm zur CO₂-Einsparung im Gebäudebereich auf.

Mit Inkrafttreten der EnEV 2002 gab es erstmalig die Verpflichtung zur Erstellung von Energieausweisen sowohl für Neubauten als auch im Falle wesentlicher Änderungen bei bestehenden Gebäuden. Allerdings enthielten die Ausweise, welche für den Gebäudebestand zu erstellen waren, keinerlei Hinweise auf mögliche Einsparpotenziale. Darüber hinaus wurden die Ausweise seitens der zuständigen Behörden nur auf Verlangen eingefordert, und auch das Recht zur Einsichtnahme Interessierter (Mieter, Eigentümer) war weitgehend unbekannt. Einen Sanierungsschub gab es daher zu diesem Zeitpunkt noch nicht wirklich. Die EnEV von 2007 sollte das nach dem Wunsch der damaligen Regierung und nach den Vorgaben der EU wesentlich ändern. Der Gedanke des Energieausweises als „Marktinstrument“ war geboren. Zeitgleich wurde das bestehende Programm zur CO₂-Einsparung elementar ausgeweitet. Seit 2006 sind sowohl diverse Einzelmaßnahmen als auch Gesamtmaßnahmen zur Erreichung einer Effizienzhausstufe förderfähig. Sie werden regelmäßig den geltenden Anforderungen der jeweiligen Gesetzeslage angepasst und die Summen der Förderprogramme erhöht.

Auch die Energieberatung wurde populär, da auch diese nunmehr gefördert wurde. Obwohl es bereits seit 1978 Energiesparberatungen bei den Verbraucherberatungen gibt, haben erst die „Vor-Ort-Beratungen“ und die immer weiter gestiegenen finanziellen Anreize der Beratung und Sanierung durch staatliche und/oder kommunale Förderungen wirklich dazu beigetragen, die Anzahl der Sanierungen zu steigern.

Vor diesem Hintergrund könnte man annehmen, dass sich seitdem starke Einsparungen im Bereich des Gebäudebestands feststellen lassen. Betrachtet man allerdings die folgende Grafik, wird sehr schnell klar, dass dem nicht so ist.

Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – Private Haushalte (witterungsbereinigt)*

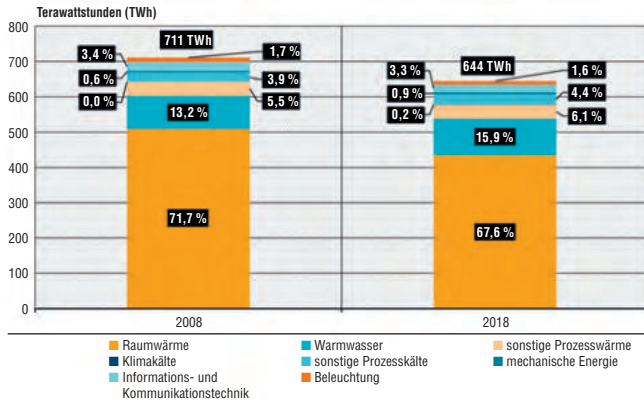


* Witterungsbereinigung der AGEF nach DIW mit Gradtagszahlen nach DWD für 1990–2018
Quelle: Eigene Darstellung Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Projekt Temperaturbereinigung, Stand 05/2020; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Energiedaten, Stand 03/2020

Bild 1: Endenergieverbrauch (Quelle: Umweltbundesamt, eigene Darstellung auf Basis der AG Energiebilanzen, Projekt Temperaturbereinigung)

Zwar ist der Endenergieverbrauch pro Quadratmeter Wohnfläche um immerhin 10 % gesunken, infolge des Anstiegs von Wohnraum jedoch hat sich der gesamte Endenergieverbrauch seit 2008 nur unwesentlich verringert.

Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008 und 2018



Quelle: Eigene Darstellung des Umweltbundesamtes auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Bild 2: Anteil Energieverbrauch privater Haushalte von 2008 bis 2018 (Quelle: Umweltbundesamt, eigene Darstellung auf Basis der AG Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen)

Diese Grafik zeigt, dass die benötigte Wärmeenergie für Heizung und Warmwasserbereitung immer noch den größten Anteil am Gesamtverbrauch darstellt.

Der Anteil der privaten Haushalte am bundesweiten Endenergieverbrauch betrug 2020 knapp 29 %.

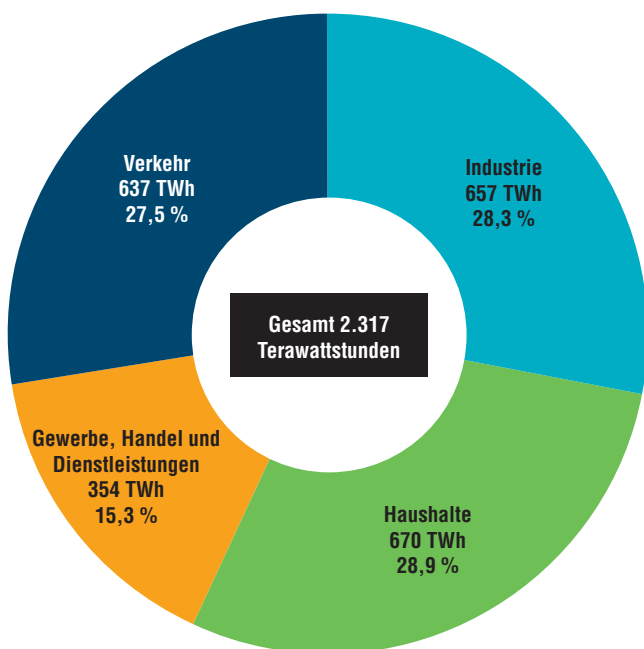


Bild 3: Aufteilung Energieverbräuche

Es lässt sich feststellen, dass der Anteil an Heizwärme bei Wohn- und Nichtwohngebäuden ca. drei Viertel der Gesamtenergiemenge beträgt. Betrachtet man nur die Wohngebäude, stellt man fest, dass der Anteil von Bestandswohngebäuden, die vor 1990 erbaut wurden, ca. 24 % der gesamten Wohngebäude beträgt. Gleichzeitig gehören rund 37 % davon zur Baualtersklasse zwischen 1949 und 1978. Das ist die Gebäudeklasse mit dem größten Bedarf an Heiz- und Wärmeenergie. Weiterhin bleibt festzuhalten, dass die Menge an verbrauchter Endenergie von Ein- und Zweifamilienhäusern ca. ein Drittel über dem von Mehrfamilienhäusern liegt und damit auch noch den Endenergieverbrauch von Nichtwohngebäuden übersteigt.

Soll das bis 2050 angestrebte Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestands auch nur ansatzweise umgesetzt werden, muss die Anzahl der Gebäudesanierungen drastisch ansteigen.

Neben Aspekten, die in erster Linie dem Bewohner und Eigentümer dienen oder nutzen, wie z.B. Wert- und Komfortsteigerung oder Modernisierung, sind es eben auch Punkte, die darüber hinaus die Allgemeinheit berühren und vor allem Investitionen in eine gemeinsame gute Zukunft bedeuten.

Die Hausbesitzer von der Dringlichkeit dieser Herausforderung zu überzeugen und sie bei der Umsetzung zu unterstützen, ist eine der Hauptaufgaben von Ihnen als Energieberater und/oder Architekt. Grundsätzlich gilt das insbesondere für Besitzer „intakter“ und gut gepflegter Gebäude, gerade aus den 1970-/1980er-Jahren. Solange hier keine Maßnahmen notwendig sind, sieht der Besitzer möglicherweise keinen Grund, initiativ zu werden. Andererseits werden möglicherweise die aktuellen Diskussionen und politisch-wirtschaftlichen Entwicklungen auch bei dieser Gruppe die Bereitschaft zur energetischen Sanierung ansteigen lassen.

3/7

Projektbeispiele Sanierung

3/7.1

Umbau der Schule Argelsried in ein Kinderhaus (1906)



Steckbrief

Bauherr	Gemeinde Gilching, vertreten durch Herrn 1. Bgm. Manfred Walter
Entwurf und Projektleitung	s+p dinkel Architektur GmbH, Gilching
Energieberatung Wirtschaftlichkeitsberechnung	Füllemann Architekten GmbH, Gilching
Bruttogeschossfläche	1.639 m ²
Bruttorauminhalt (gesamt)	5.637 m ³
Gesamtbaukosten (brutto)	4,2 Mio. € (KG 100–600)
Bauzeit	10/2019 bis 08/2021

Projektbeschreibung

Die ehemalige Dorfschule Argelsried einer ehemals selbstständigen Gemeinde wurde 1906 fertiggestellt und blieb bis September 2005 Sprengelgrundschule der Gesamtgemeinde Gilching.

Im Vorfeld der zwischenzeitlichen Nutzung als privat geführte Montessori-Grundschule wurden 2009 erstmalig Sanierungs- und Erweiterungsüberlegungen getätigt. Die Umsetzung scheiterte jedoch an der Finanzierung, insbesondere die Sanierung wurde im Gegensatz zu einem Neubau seinerzeit als nicht förderfähig eingestuft. Für den damaligen privaten Nutzer, den Montessoriverein, musste daher eine deutlich kostengünstigere Maßnahme gefunden werden. Man beschränkte sich somit auf notwendige Umbaumaßnahmen, insbesondere mussten Forderungen des Brandschutzes erfüllt werden wie z.B. der Anbau von Fluchttreppenhäusern als zusätzliche Rettungswege.



Bild 1 und 2: Schulhaus vor der Sanierung mit Fluchttreppenhaus
(Foto: Stefan Dinkel)

Erhalt oder Abriss?

Nach dem Auszug der Montessorischule 2017 begannen wiederum Überlegungen zur weiteren Entwicklung des Schulhauses. Als Antwort auf den stetig gestiegenen Betreuungsbedarf im Vor- und Grundschulbereich bot sich nun eine Nutzung als Kinderhaus (Kita und Hort) an. Diese erforderte ein größeres Flächenangebot, als im Schulhaus vorhanden war, eine Erweiterung war also notwendig.

Allein aus Kostengründen wurde zunächst über Abriss und anschließenden Neubau diskutiert. Allerdings gehört das Gebäude zu den wenigen gut erhaltenen historischen Anwesen der Gemeinde, der Wille zum Erhalt des prominent an einer Einfallstraße gelegenen Hauses, somit die Wertschätzung einer Sanierung, war in der Öffentlichkeit, aber auch in der politischen Gemeinde groß. Die ökologische Untersuchung zeigte zudem, dass ein

Abriss der verwertbaren Substanz des Gebäudes 139 Tonnen CO₂ freisetzen würde. Zur Bindung des CO₂-Anteils innerhalb eines Jahres wäre eine Fläche von 11 Hektar mit ca. 20.000 Fichten erforderlich, 54 Fichten benötigten dazu ca. 100 Jahre. Diese Überlegungen führten zur Wiederaufnahme der bereits vorliegenden Planungsidee einer Sanierung und Erweiterung. Im Gegensatz zum Jahr 2009 wurde die Maßnahme mit Mitteln aus dem Investitionsprogramm „Kinderbetreuungsfinanzierung 2017–2020“ sowie dem Sonderinvestitionsprogramm zum Ausbau der Schulkindbetreuung seitens des Bundes und der Länder gefördert.



Bild 3: Ansicht mit Erweiterungsbau, Entwurf
(Foto: Stefan Dinkel)

Die Gemeinde entschloss sich daher, die Schule energetisch zu sanieren und mittels eines Anbaus zu erweitern.

Die Erweiterung

Nachdem der Erhalt des alten Schulgebäudes beschlossen wurde, stellte sich die Frage, in welcher Form das gewünschte Raumprogramm in einem Erweiterungsbau umgesetzt werden kann. Man entschied sich, dem Schulhaus als Massivbausolitär als gestalterischen Kontrapunkt einen kubisch gestalteten Holzbau entgegenzusetzen.

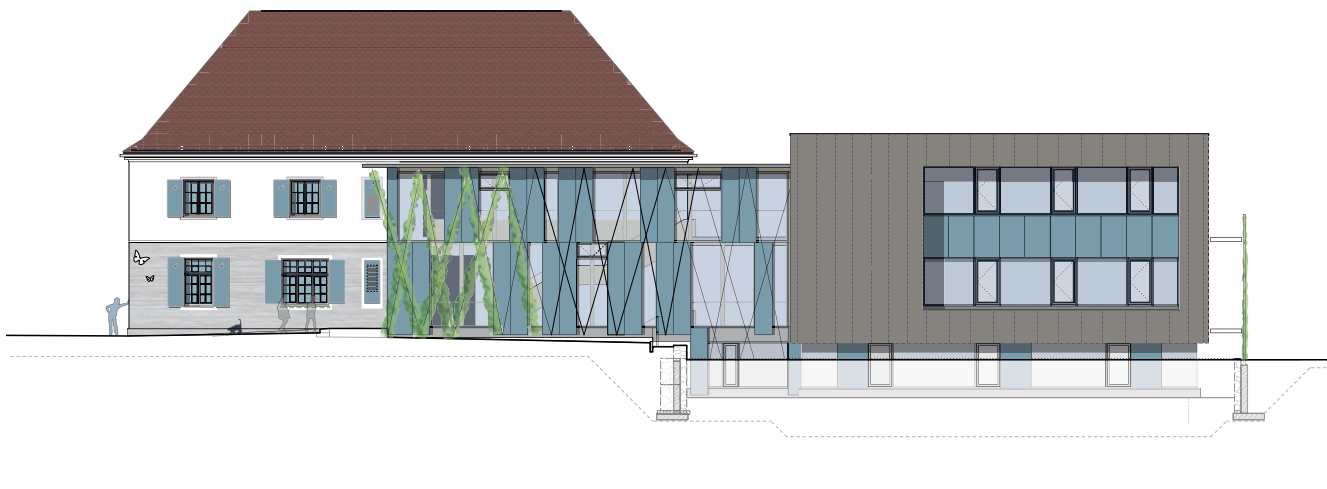


Bild 4: Entwurfsansicht Bestand, Erweiterung
(Foto: Stefan Dinkel)

Der Erweiterungsbau ist ab dem Erdgeschoss als reiner Holzbau konzipiert. Wände und Decken bestehen aus vorgefertigten Brettsperrholzelementen, eine Besonderheit besteht in den größtenteils naturbelassenen Holzoberflächen der Bauteile, sie wurden werksseitig direkt in Sichtqualität gefertigt. Die Fassade wurde mit 200-mm-Holzfaserplatten gedämmt und anschließend mit naturbelassenem Lärchenholz verkleidet. Als besonderes Verbindungselement zwischen Alt- und Neubau ist der neue Haupteingangsbereich gestaltet. Dafür wurde ein an dieser Stelle vorhandener Seitenflügel vollständig abgebrochen und das Dach der Schule wieder zu einem klassischen Walmdach zurückgebaut. Auch der neue Eingangsbereich ist als Holzbau konzipiert, die Fassade jedoch wurde als Pfosten-Riegel-Fassade ausgeführt, raumhohe Fenster wechseln sich mit geschlossenen Flächen in der Farbe der Fensterläden ab. Die Höhe des Verbindungsbaus ergibt sich durch die vorhandene Gesimshöhe des Altbaus, er bleibt auch niedriger als der Holzbau, dadurch wirken die beiden großen Baukörper jeweils für sich und durch den Verbindungsbaus als Einheit.



Bild 5: Neubau Westseite
(Foto: Stefan Dinkel)



Bild 6: Eingangsbereich
(Foto: Stefan Dinkel)



Bild 7: Verbindungsbau
(Foto: Stefan Dinkel)

Der Bezug zum alten Schulhaus bleibt auch im Inneren des Verbindungsstrakts sichtbar. So wird an den Innenwandflächen des Altbaus die Optik des Außenputzes fortgesetzt und durch den Einbau von Wandnischen in der Größe der Altbaufenster bleibt die Proportion des Bestandsgebäudes auch im Inneren sichtbar.



Bild 8: Treppenhaus mit Blick auf Altbaubereich
(Foto: Bodo Mertoglu)



Bild 9: Gruppenraum im Neubau
(Foto: Bodo Mertoglu)

Konstruktion und Maßnahmenbeschreibung

Für das alte Schulhaus wurden im Rahmen eines Energieberatungsberichts Sanierungsmöglichkeiten untersucht. Das Ziel war eine behutsame Sanierung mit Erhalt eines möglichst großen Anteils der Bausubstanz sowie ein denkmalgerechter Umgang mit der Bausubstanz, auch wenn das Haus nicht als Denkmal geführt ist.

Maßnahmen zur energetischen Aufwertung der Gebäudehülle

Folgende Maßnahmen an der Gebäudehülle wurden beschlossen:

- ▶ Aufbringen eines Wärmedämmputzes als sog. Aerogelputzsystem mit armiertem Oberputz
- ▶ Erneuerung der Fenster
- ▶ Dämmung der obersten Geschossdecke
- ▶ Dämmung der Kellerdecke
- ▶ Erneuerung der Bodenplatte im nicht unterkellerten Bereich

Baukonstruktionsmaßnahmen zur Veränderung und Verbesserung der Nutzungssituation

Das Haus wurde vollständig entkernt, alle Decken bis auf die tragenden Balken zurückgebaut.

Beim Abschlagen der Altputze im Inneren zeigte sich ein sehr gutes Fugenbild der gemauerten Ziegelwände. In besonderen Bereichen wie z.B. den Fluren wurden diese Wände nicht wieder geputzt, sondern nur geschlämmt, das Fugenbild konnte so erhalten werden.

Im Folgenden werden interessante Knackpunkte und Projektdetails der Sanierung beschrieben. Im Nachgang zum Kapitel werden diese Stellen auch als Konstruktionsdetail zum besseren Verständnis abgebildet. Die ausgewählten Details sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht vermaßt und in Teilen auf wesentliche Inhalte beschränkt. Sie sind somit als Prinzipdetails zu verstehen. Die Details zu diesem Kapitel finden Sie im Anschluss.



Bild 10: Ziegelwand alt
(Foto: Stefan Dinkel)



Bild 11: Ziegelwand neu
(Foto: Bodo Mertoglu)



Bild 12 und 13: Entkerntes Gebäude
(Foto: Stefan Dinkel)

Zu den Details im Bestandsbau:

Holzbalkendecken

Außer einem Bereich im EG und der Kellerdecke sind die alten Holzdecken vollständig erhalten. Beim Wiederaufbau der Decken nach der Entkernung wurde viel Wert auf bau- und raumakustische Verbesserung gelegt. Unterseitig erforderte dies bei Berücksichtigung der vorhandenen Raumhöhen eine zusätzliche Stärke von 12 cm, diese beinhalten eine abgehängte Decke mit akustischen Eigenschaften. Oberseitig wurde ein Trockenestrich mit zusätzlicher Trittschalldämmung aufgebracht. Gleichzeitig mussten die Decken ober- und unterseitig mindestens gemäß der Anforderung F-30-B ertüchtigt werden. Auf der Unterseite wurden daher vor der Montage der abgehängten Decke noch spezielle Feuerschutzplatten von 2 × 8 mm angebracht. Oberseitig genügen die Trockenestrichplatten den Anforderungen.

Außenwand – Dachanschluss

Das Dach sollte erhalten bleiben, insofern war der vorhandene geringe Dachüberstand bei der Wahl der Sanierungsmöglichkeiten wesentliches Entscheidungskriterium. Das gewählte System des Aerogeldämmputzes hätte eigentlich eine größere Dicke zur Erfüllung der Anforderungen an den U-Wert der Außenwand benötigt. Aus dem genannten Grund – fehlender Dachüberstand – konnte davon abgewichen werden. Das vorhandene umlaufende Gesims wurde abgeschlagen und durch ein Dekorprofil gleicher Optik ersetzt. Der Dachüberstand verringert sich zwar um die Stärke der Dämmung, ähnelt jedoch insbesondere durch das Dekorprofil und die analog dem Altbestand ausgebildete Tropfleiste optisch dem Bestand.

Fenster

Die Fenster wurden durch neue Holzfenster mit einer Dreifachverglasung ersetzt, die dem Stil der vorhandenen entsprechen. Die Fensterbänke wurden gemäß dem Vorbild aus Kupferblech gefertigt.



Bild 14: Fenster vor Sanierung
(Foto: Stefan Dinkel)



Bild 15: Fenster nach Sanierung
(Foto: Bodo Mertoglu)

Zu den Details aus dem Neubau:

Dachrand Anschluss an den Bestand

Die Deckenplatten im Neubau sind als tragende Brettstapeldecken mit einer sichtbaren Unterseite ausgeführt worden. Diese liegen gemäß statischen Vorgaben auf einem an der Bestandsaußenwand montierten Stahlwinkel.

Dachrandausbildung Treppenhaus Ostseite

An der Ostseite des Anbaus ist aus Gründen des Sonnenschutzes ein großer Überstand ausgebildet worden. Die konstruktiv sichtbare Brettstapeldecke liegt eine Ebene über der Decke im Gebäude und ruht zusätzlich auf schlanken Stahlstützen. Den Abschluss des Innenraums bildet eine über zwei Geschosse gehende Pfosten-Riegel-Konstruktion. Darüber befindet sich ein mit farblich passendem Blech verkleideter Dämmstoffwürfel. Das eigentliche Dachtragwerk sitzt in der Ebene hinter der PR-Fassade.

Entnommen aus: shop.weka.de/bau-immobilien

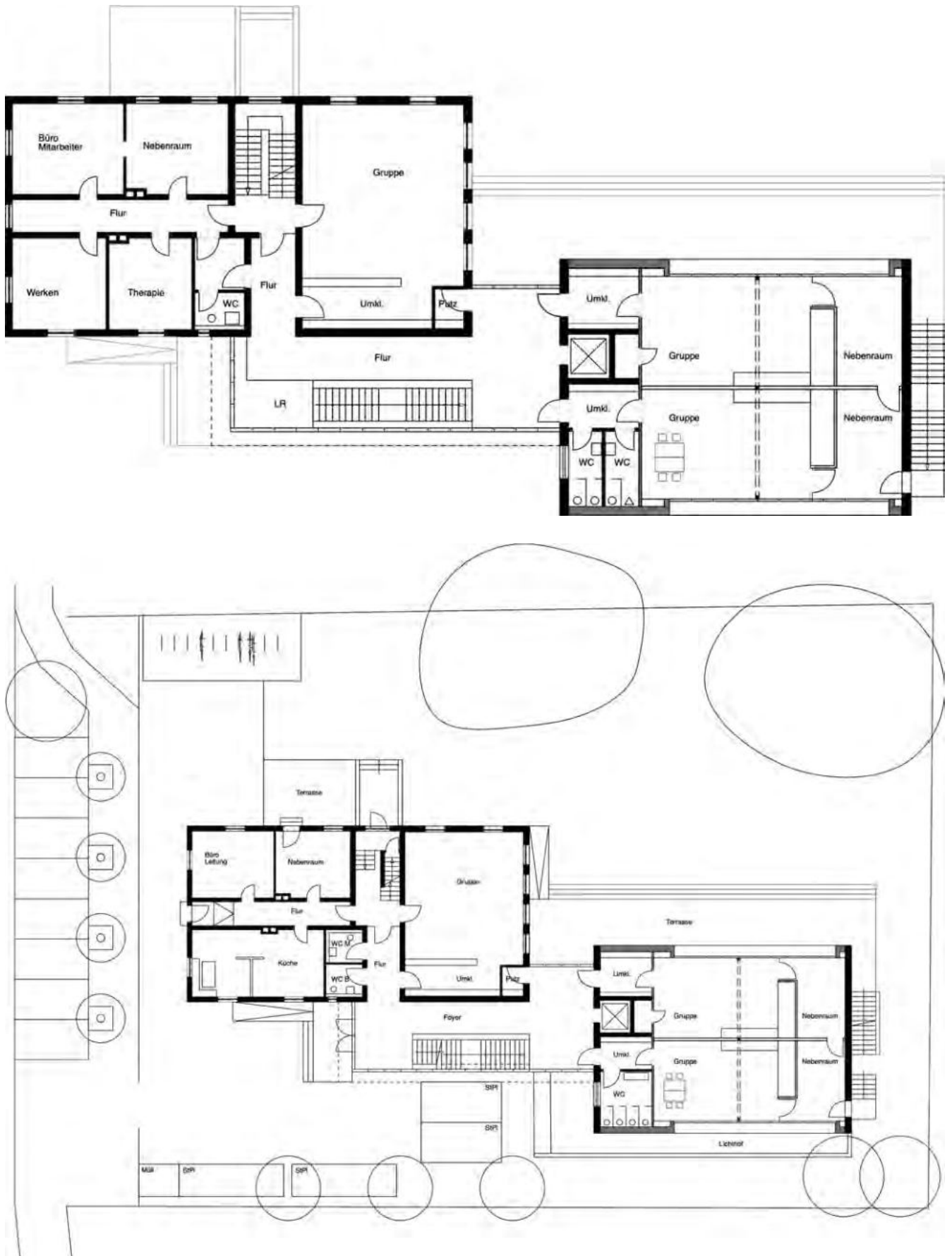


Bild 16 und 17: Grundrisse des Gebäudes (Foto: Stefan Dinkel)

Bauphysikalische Situation

Tab. 1: Kenndaten

Gebäudekennwerte		
Baujahr		1906
Sanierung und Erweiterung		2021
Anzahl Nutzeinheiten		1
wärmeübertragende Umfassungsfläche (Bestand)		825 m ²
wärmeübertragende Umfassungsfläche (Erweiterung)		1.384 m ²
beheiztes Bauwerksvolumen V_e (Bestand)		1.413 m ³
beheiztes Bauwerksvolumen V_e (Erweiterung)		2.377 m ³
A/ V_e -Verhältnis (Bestand)		0,583 m ⁻¹
A/ V_e -Verhältnis (Erweiterung)		0,582 m ⁻¹
Innentemperatur Raum-Solltemperatru (Bestand und Erweiterung)		21 °C
Interne Wärmequelle (Bestand und Erweiterung)		120 Wh/(m ² d)
Gebäudehüllfläche (Bestand)		825 m ²
Gebäudehüllfläche (Erweiterung)		1.384 m ²
Gebäudenutzfläche A_N (Bestand)		452 m ²
Gebäudenutzfläche A_N (Erweiterung)		761 m ²
Berechnungsgrößen		
Jahres-Primärenergiebedarf, zulässig (Bestand)	Q''_p	195,5 kWh/(m ² a)
Jahres-Primärenergiebedarf, zulässig (Erweiterung)	Q''_p	111,38 kWh/(m ² a)
Jahres-Primärenergiebedarf, vorhanden (Bestand)	Q''_p	149,13 kWh/(m ² a)
Jahres-Primärenergiebedarf, vorhanden (Erweiterung)	Q''_p	82,32 kWh/(m ² a)

Maßnahmen zur Gebäudetechnik

Das Gebäude wurde bisher mit einer vergleichsweise neuen Gasbrennwertheizung versorgt. Diese soll bei einer künftigen Heizungserneuerung durch eine Pelletheizung ersetzt werden. Die Heizkörper wurden erneuert und können im Fall der beschriebenen Heizungserneuerung weitergenutzt werden. Vom Einbau einer Lüftungsanlage wurde vor allem aus Kostengründen abgesehen.

Anbindungsleitungen Heizkörper

Die vorhandenen Heizkörper, zumeist in Heizkörpernischen angeordnet, wurden erneuert. Die Anschlussleitungen verlaufen im Sockelbereich vor der Wand. Als Verkleidung und gleichzeitig zum Schutz der in Kindergartengruppenräumen stark beanspruchten unteren Wandflächen wurden neue Sockelverkleidungen aufgebracht, diese stellen den in Kindergartenräumen regelmäßig geforder-

ten Abstand zum Heizkörper dar. Im Bereich der Heizkörper sind diese auf Lücke gesetzt und als Schutz vor Beanspruchung der Wand dicht an dicht montiert worden.

Wie beim Bestandsbau wurde auf den Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung verzichtet. Der Luftaustausch erfolgt ausschließlich über Fensterlüftung. Zusätzlich wurden motorisch gesteuerte Lüftungsklappen und Fensteroberlichter als Nachtauskühlung eingebaut. Das Flachdach des Verbindungsbaus mit seinen vergleichsweise großen Glasflächen hat einen größeren Überstand, an daran befestigten Stahlseilen wachsen Rankpflanzen, die dauerhaft der sommerlichen Überhitzung entgegenwirken. Auf dem Flachdach des Kubus wurde eine PV-Anlage eingebaut.

Tab. 2: Übersicht über die haustechnischen Anlagen

Heizsystem	Gasheizung Brennwert, aus Bestand übernommen
System der Trinkwassererwärmung	dezentral, Elektro-Boiler
System der Stromgewinnung	PV-Anlage auf Neubau, 30 m ²
System der Regenwassernutzung	Regenwasserleitung zur Bewässerung der Fassadenbegrünung
System der Gebäudelüftung	Nachtauskühlung über motorisch betriebene Fensterflügel im Erweiterungsbau, Bestand ohne Gebäudelüftung
System der Gebäudeautomation	nicht vorhanden

Fazit

Dieses Projekt zeigt, dass Mut zum Erhalt einer sensiblen Bausubstanz in Verbindung mit einer zukunftsweisenden modernen Architektur zu einem nachhaltigen und einzigartigen Ergebnis führt. Die äußerst behutsame Sanierung der alten Dorfschule und der für sich stehende moderne Erweiterungsbau bilden ein sehr harmonisches Gesamtensemble,

das das Bild des Ortseingangs Argelsried nachhaltig positiv verbessert hat.



Bild 18: Gesamtansicht Ostseite
(Foto: Stefan Dinkel)



Bild 19: Gesamtansicht Westseite
(Foto: Stefan Dinkel)

Projektbeteiligte

Planung	s+p dinkel Architektur GmbH Zeppelinstr. 2 82205 Gilching Tel.: 08105 778747-0 Fax: 08105 778747-4 E-Mail: kontakt@s-p-dinkel.de Internet: www.s-p-dinkel.de
Bauherr	Gemeinde Gilching Vertreten durch Herrn 1. Bgm Manfred Walter Rathausplatz 1 82205 Gilching
Planung und Bau- leitung	s+p dinkel Architektur GmbH
Projektleitung	Christian Siebert, Dipl.-Ing. Architekt (FH)
Energetischer Nachweis	Füllemann Architekten GmbH Römerstr. 36 82205 Gilching
Planung TGA	PEG Planungsbüro für Energie- und Gebäudetechnik GmbH Rudolf-Diesel-Str. 7b 82205 Gilching
Tragwerksplanung	Ingenieurbüro für Baustatik R. Schrafstetter Karolingerstrasse 14 82205 Gilching Ingenieurbüro für Bauwesen Dirk Musche Ranzweg 16 88400 Biberach
Planung und Bau- leitung ELT	PEG Planungsbüro für Energie- und Gebäudetechnik GmbH Rudolf-Diesel-Str. 7b 82205 Gilching
Planung und Bau- leitung HLS	PEG Planungsbüro für Energie- und Gebäudetechnik GmbH Rudolf-Diesel-Str. 7b 82205 Gilching
Brandschutz	Füllemann Architekten GmbH Römerstr. 36 82205 Gilching

Freianlagenplanugn	FREIRAUM PLAN Landschaftsarchitektur Rottenried 6 82205 Gilching
Fotografie	Stefan Dinkel Bodo Mertoglu Münchner Wochenanzeiger

Umbau der Schule Argelsried in ein Kinderhaus (1906) – Konstruktionsdetails

Alle aufgelisteten Konstruktionsdetails finden Sie auch in Ihrer Anwendung.

Wandaufbau im Bestandsgebäude

Deckenaufbau im Bestandsgebäude

Fenster im Bestandgebäude

Deckenanschluss im Bereich Fensterbrüstung vertikal Bestandsgebäude

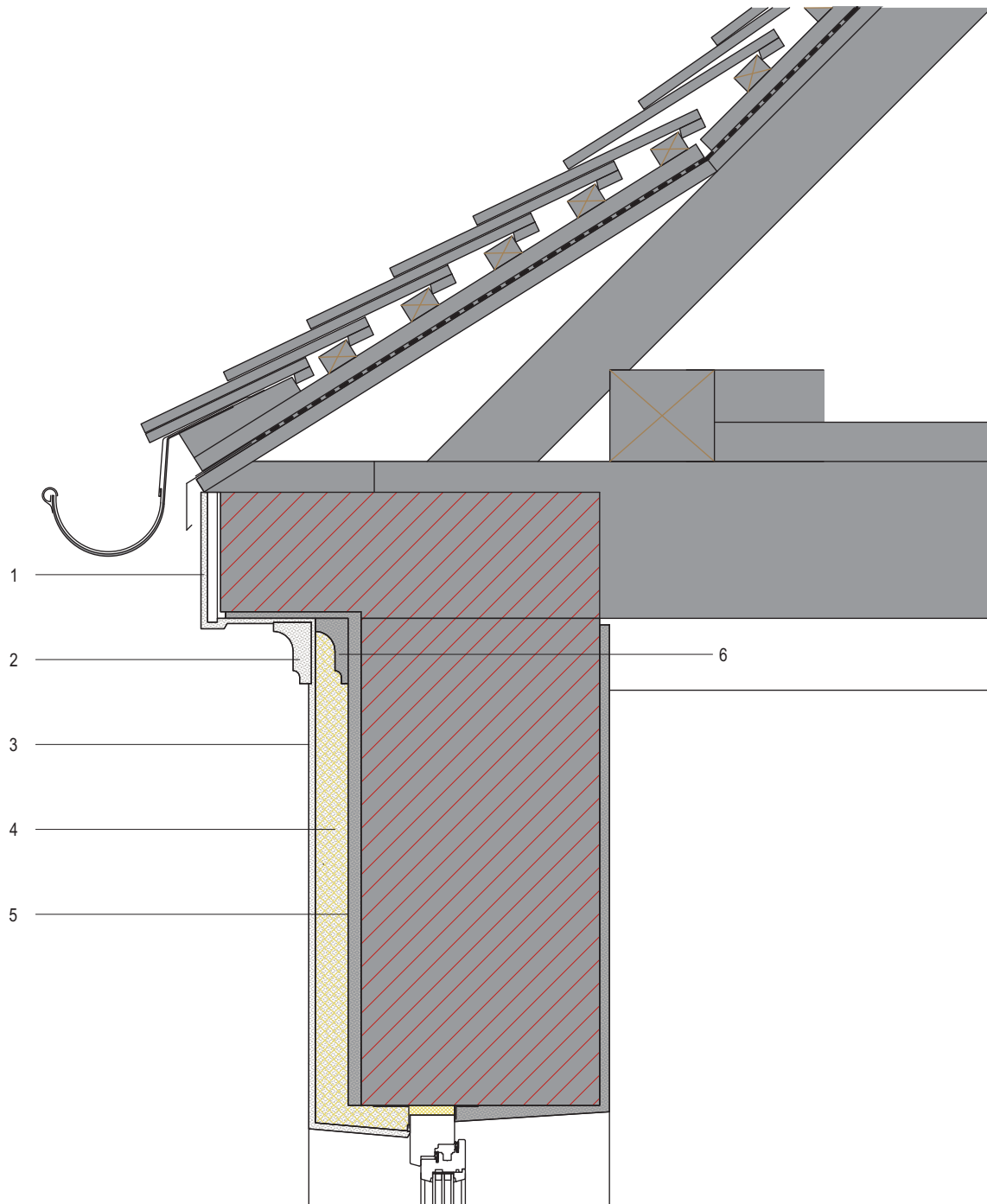
Schnitt Wandverkleidung Gruppenraum im Bestandsgebäude

Anschluss Neubau Bestand

Dachrand Treppenhaus mit Auskragung

Wandaufbau im Bestandsgebäude

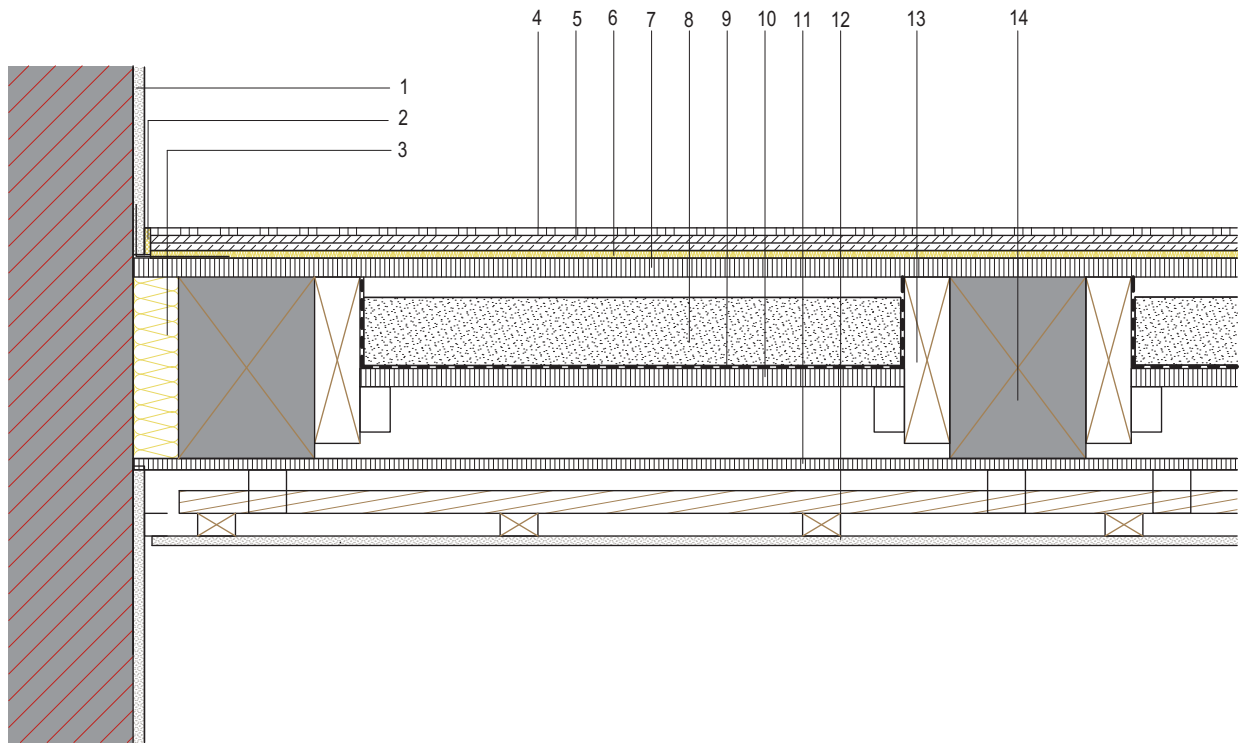
1:10

Entnommen aus: shop.weka.de/bau-immobilien

- 1 Gesimsbrett als Putzträgerplatte, verputzt
- 2 Dekorleiste, neu, Silicatlleichtbaustoff, analog Original
- 3 Edelputz als Oberputz, armiert
- 4 Hochleistungs-Wärmedämmputz, Kalkbasis
- 5 Altputz
- 6 vorh. Gesims (abgeschlagen)

Deckenaufbau im Bestandsgebäude

1:10



- 1 3-lagiger Kalkputz
- 2 Randdämmstreifen
- 3 Mineralwolle
- 4 Bodenbelag, Linoleum
- 5 Trockenestrich, F60B
- 6 Trittschalldämmung, Holzwolle
- 7 OSB-Platte als Tragschicht
- 8 Füllung Fehlboden, Splitt feuergetrocknet
- 9 Vlieseinlage als Rieselschutz
- 10 OSB-Platte (Fehlboden)
- 11 Feuerschutzplatte
- 12 abgehängte Decke mit Akustikmaßnahmen
- 13 Verstärkung der Deckenbalken gemäß Statik
- 14 Deckenbalken (Bestand)

4/1

Stichwortverzeichnis

A

Abdichtungsmaterial	64
Abfall	42
Abfall-Hierarchie	42
Abluftsystem	123
Abstandsfläche	117
Abstandsflächenübernahme	117
Abwärme	68
Abwasserkanalisation	74
Abwasserproduktion	46
Aerogel	127
Aerogelgranulat	126
Ammoniak	77
Ammoniaksynthese	77
Aquaponic	82
Arvenholz	58
Aufdachdämmung	113
Außendämmung	134
Außenform	66

B

Bad	64
BAFA	29, 157
BAFA-Berater	33
Barrierereduzierung	32
Baubiologie	43
Baudenkmal	154
Bauen	
– nachhaltiges	39
Baukastenprinzip	85
Baumaterial	45, 91
Baupraxis	84
Bauschaum	61
BEG	28
Beratungsbericht	112
Beton	55
Betriebsenergie	39
Biodiversität	39, 41, 71
Biofilter	82
Biokohle	81
Biomasse	61
BMI	31
BNK	31
BNK-System	31
Brandabstands	117

Brennstoff	117
Brennstoffzelle	32
Bresta-Element	59

C

C2C	42
Cadmium	77
Carbon Footprint	45
CO ₂ -Fußabdruck	45
Cradle-to-Cradle	42

D

Dachaufbau	141
Dachboden	148
Dachdämmarbeit	113
Dachdeckung	140
Dachgarten	55
Dachgewächshaus	82
Dachlandwirtschaft	82
Dämmplattenfuge	133
Dämmstoff	116, 126
Dämmung	61
Dämmwert	61
Decke	143
Denkmal	156
Denkmalschutzbehörde	154
Denkmalschutzliste	154
Dichtung	140
Digitalisierung	84
DIN EN ISO 14040	45
DIN EN ISO 14044	45
Donut-Ökonomie	41
Downcycling	55, 87
Dübeltechnik	87
Dünger	39
Düngung	78

E

Ecological Engineering	44
EE	32
Effizienzhaus	32
Effizienzhausförderung	28
Effizienzhausstufe	113
Einblasdämmung	128
Einbruchssicherheit	32

Emission	150	Geschossdecke	119
Endenergieverbrauch	107	Granit	60
Energie	39, 42	Granulat	127
– graue	39, 71	Grauwasser	77
– indirekte	74	Grundstücksgrenze	118
Energieauditor	33		
Energieaudits	29	H	
Energieberatung	29	Hammerrecht	118
Energiebereitstellung	45	Hanf	44
Energie-Effizienz-Experte	33	Hanfdämmung	58
Energiefluss	39	Hanfwole	61
Energiemonitoring	91	Hart-Polyethylen	64
Energie- und Ressourcenverbrauch	42	Heizenergie	39
Energieverbrauch	39	Heizenergiebedarf	71
Entsorgung	84	Heizung	66, 116
Entsorgungsprozess	45	Heizwärmebedarf	119
EPS-Dämmputz	127	Hohlschichtmauerwerk	129
Erdgas	77	Holz	44, 57
Erstberatung	109	Holzbalkendecke	133
Ertragssituation		Holzbalkenkonstruktion	59
– solare	66	Holzfaserdämmplatte	62, 87
		Holzheizung	70
F		Holzständerbau	87
Falzlüfter	122	Holzwole-Leichtbauplatte	60
Fassadendämmplatte	128	Horizont	66
Fassadendämmung	113	Hydrokultur	82
Fassadengestaltung	85	Hydrolyse	78
Fassadenverkleidung	127	Hydroponik	79
Feinstaub	40		
Feinsteinzeug-Bodenplatte	60	I	
Fenster	113	Indoor-Farming	82
Fensteraustausch	138	Infrartheizung	68
Fenstereinbau	113	Innenausbau	85
Feuchteschutz	116	Innendämmung	118, 130
Feuchtigkeitsregulierung	57	Innenwanddämmung	112
Filterung	74	Instandhaltungskosten	151
Flachdach	142	Integrierte Lüftung	68
Frischwasserbedarf	46	Intensivlüftung	121
Fuge	87	iSFP	29
		Isolierverglasung	137
G		ISO-Standards	45
Gas	117		
Gasverbrauch	117	J	
Gaube	140	Jahres-Primärenergiebedarf	19
Gebäudedichtigkeit	110	Jurakalk	60
Gebäudehülle	111, 120		
Gebäudepark	84	K	
Gebäudesektor	42	Kalkputzfassade	60
Gebäudetechnik	45	Kehlbalkendecke	147
GEG	15, 125	Keller	133
Gesamtenergiebedarf	46	Kelleraußenwand	113

Kellerdecke	119	Medizinal-Silikon	87
Kellerfenster	136	Mindestluftwechsel	116
KfW	30, 157	Mineralwollgedämmung	128
Kies	55	Mobilität	46, 72
Kläranlage	74	Modulares Bauen	85
Klärschlamm	74	Modulbau	85
Kleinklimagerät	124	Mondholz	59
Klimaanlage	60, 119, 123	N	
Klimaerwärmung	117	Nachhaltigkeit	30, 57
Klimawandel	41	Nachhaltigkeitsanspruch	92
Komfortlüftung	68	Nachhaltigkeitsbewegung	43
Kompostierung	42, 81	Nachtauskühlung	66
Korkschrot	62	Nachverdichtung	72
KREIS-Haus	39, 48	Nadelholzschicht	57
Kreislauf	74	Nanogel	126
Kreislauffähigkeit	43, 50	Nassbauarbeit	84
Kreislaufgedanke	87	Nassbereich	64
Kreislaufwirtschaft	42	Naturbaustoff	59
L		Naturmaterial	60
Laibungen	87	Nebenkostenabrechnung	71
Laibungsdämmung	132	Nennlüftung	121
Laibungstiefe	113	Neubau	39
Landwirtschaft	82	Null-Emissionen-Häuser	49
Langlebigkeit	86	Nutzungsdauer	43, 70
LCA	45	O	
Lebensmittelversorgungskette	82	Ökobilanz	45, 152
Lebenszyklus	151	Ökologie	39
Lebenszyklusanalyse	45	Open-Air-Rooftop-Farming	82
Lebenszykluskosten	151	Ortstermin	111
Lehm	44, 62	Ozonierung	74
Leitungssystem	74	P	
Lichtschacht	136	Perlitegranulat	126
Life Cycle Assessment	45	Pestizid	39
LiFePO4-Batterie	70	Pflanzenkultivierung	81
Lithiumeisenphosphat-Batterien	70	Phosphor	77
Lithium-Ionen	70	Photovoltaik	113, 119
Low-Tech-Prinzip	76	Photovoltaikanlage	124
Luftdichtigkeit	120	Photovoltaikelement	113
Luftfeuchtigkeit	92	Planetare Grenzen	41
Luftschadstoff	40	Planetary Boundaries	41
Lüftungsanlage	112, 119	Planung	
Lüftungskonzept	121	– ganzheitliche	39
Lüftungswärmeverlust	119	Polystyrol	126
M		Primärenergiebedarf	25
Massivholz	59	Primärenergiefaktor	26
Materialfluss	39	PU-Leim	59
Materialie		Putzessig	78
– natürliche	44	Putzträgerplatte	60
Materialwahl	87		

Pyrolyse-Ofen	81	Stickoxide	40
Q		Stickstoff	77
Qualitätssiegel	30	Stickstoffdüngerproduktion	77
Querlüftung	66, 122	Stoffstromtrennung	75
R		Strahlungswärme	68
Raumaufteilung	85	Stromverbrauch	71
Raumklima	92	Sumpfkalk	60
Recycling	42	Synergy Village	48
Recyclingdünger	80	Systembau	85
Recyclingkies	55	T	
Recyclingprozess	70	Temperaturregulierung	57
Referenzwert	71	TGA-Installation	128
Reinigungsprozess	74	Tiny House	72
Ressource	42, 74	Transmissionswärmeverlust	19
Ressourcenmonitoring	91	Transport	45
Ressourcenverbrauch	75	Treibhauspotenzial	56
Rohstoff	116	Trinkwasser	74
Rohstofflager	86	Trockentrenntoilette	78
Rückbau	39, 84	Tropfenbewässerung	57
S		U	
Sand	55	Überdeck-Lüftung	66
Sandwich-Verfahren	65	UBP	45
Sanierung	39	Umweltverträglichkeit	61
Sanitärsystem	74	Upcycling	87
Schachtlüftung	122	Urban Rooftop Farming	82
Schafwoll-Fugenzopf	61	Urin-Dünger	77
Schimmel	57	Urinverdunstungsmoduls	79
Schindeln	59	U-Wert	130
Schraubfundament	55, 87	V	
Schwermetall	77	Vergärung	
Second-Life-Batterie	70	– anaerobe	42
Serienproduktion	85	Verschattungsrisiko	66
Sky Farming	82	Vollholzelementbausystem	58
Smart-Home-Installation	92	Vollklinker	57
Solaranlage	69, 113	W	
Solararchitektur	46, 66	Wärmeaufnahmefähigkeit	66
Solare Energieproduktion	69	Wärmebrücke	26, 119
Solarluftkollektor	123	Wärmedämmverbundsystem	125, 126
Solarmodul	57	Wärmeisolation	82
Solarstrom	48	Wärmepumpe	66, 123
Solarthermie	119	Wärmerückgewinnung	116, 123
Sonnen- und Blendschutz	66	Wärmeschutzverglasung	137
Speicherkapazität	70	Wärmetauscher	68
Speichermasse	67	Wärme- und Schallisolation	48
Stahl	57	Wärmeverlust	116, 132
Stahlbeton	57	Warmwasserbereitung	119
Steildach	141	Warmwasserproduktion	68
Steinwolle	129		

Warmwasserverbrauch	71	Z	
Wasser	55	Zement	55
Wasserfußabdruck	45	Zentralheizung	66
Wasserkreislauf	71	Zero-Emission	49
Wasserstoff	77	Zero Emission Buildings	49
Wasserversorgung		Zero-Impact	49
– nachhaltige	75	Zero Waste Europe	42
Wasserwerk	74	Zürcher Hochschule	48
Water Footprint	45	Zusatzheizung	66
WDVS	125		
Wintergarten	55		
Wohlbefinden	44		
Wohneinheit	82		
Wohnfläche	72		
Wohnraum			
– reduzierter	48		
WTA	33		
Wurmkompostierung	80		