



Energieeffizient und barrierefrei

Abb 1



- ▶ **Heizwärmeverbrauch 2006: 42 kWh/m²a; Simulation Planung: 37 kWh/m²a**
- ▶ **Balance zwischen optimaler Tageslichtnutzung und sommerlicher Überhitzung**
- ▶ **Hoher Beleuchtungsstromverbrauch trotz guter Tageslichtausbeute mit Hilfe von TWD-Oberlichtern, Lichtkuppeln und verspiegelten Lichtkaminen**
- ▶ **Sommerliche Wärmeentwicklung noch zu hoch**

Holz und Glas bestimmen das äußere Erscheinungsbild der Behinderten-Werkstätten in Lindenberg.

Ziel eines jeden Gebäudeentwurfs ist es, die Vorstellungen des Nutzers mit unterschiedlichsten Anforderungen in Einklang zu bringen: Rahmenbedingungen des Grundstücks und der Umgebung, Festsetzungen des Bebauungsplans sowie anderen gesetzlichen Vorgaben, z. B. zur Gestaltung von Arbeitsplätzen. Dass auch bei nicht alltäglichen Bauaufgaben und ihren speziellen Erfordernissen die Energieeffizienz nicht zu kurz kommen muss, zeigt das Beispiel der Behinderten-Werkstätten in Lindenberg im Allgäu.

Die Anlage bietet 140 Arbeitsplätze in verschiedenen Gewerken (erweiterbar auf 200), 40 Büroplätze und einen Gemeinschaftsbereich. Selbstredend musste sie barrierefrei geplant werden und ist deshalb größtenteils ebenerdig. Durch die Einteilung in mehrere Einzelgebäude, zwischen denen Werkstraße und Treppenhaus unbeheizte Pufferzonen bilden, gelang das relativ kompakt.

Die Werkstätten, in denen viele der Behinderten einen Großteil ihres Lebens arbeiten werden, bieten eine hohe Aufenthaltsqualität durch große Fensterflächen, das natürliche Baumaterial Holz und eine bewussten Farbgestaltung. Außerdem wurde darauf geachtet, eine selbstverständliche Orientierung zu schaffen: Die hohe Transparenz der Räume ermöglicht Blickverbindungen in andere Bereiche,

Nachbarräume und nach draußen. Materialien, Farben und Symbole unterstützen die Wegeführung.

Die großflächigen Verglasungen holen einerseits viel Tageslicht in die Räume, andererseits musste die Wärmeentwicklung im Sommer und das Transmissionsverhalten im Winter in der Planung berücksichtigt werden. Das Gebäudekonzept begegnet dem mit einer intensiven Passiv-Solarnutzung in Kombination mit einfachen Sonnenschutzvorrichtungen, einer hochwertigen Dämmung sowie thermisch aktiven Bauteilmassen. Die Nutzung regenerativer Energien und ein angepasstes Lüftungskonzept sowie Maßnahmen zur Minimierung des Stromverbrauchs ergänzen die Bemühungen zur Energieeffizienz auf Seiten der Gebäudetechnik. Das Gebäude erreicht damit rechnerisch einen Heizwärmebedarf von 37 kWh/m²a.

Die integrale Planung umfasste zusätzlich verschiedene Simulationen sowie eine vergleichende Lebenszyklusanalyse. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) förderte dies im Forschungsbereich EnBau, ebenso ein zweijähriges intensives Messprogramm, um das Gebäude auch im Betrieb noch energetisch zu optimieren bzw. die geplante Gesamtfunktion einzuregeln. Inzwischen liegen dazu erste Ergebnisse vor.

► Gebäudekonzept

Die Anlage gliedert sich in zwei Riegel mit einem Kopfbau im Osten. Ein breiter, überglasteter Gang, die so genannte Werkstraße, verbindet die Gebäudeteile. Im Erdgeschoss befinden sich die Handwerks- und Montagewerkstätten, darüber im nördlichen Riegel Büros. Im zweigeschossigen Kopfbau liegen der Speisesaal mit Galerie und Gymnastikraum, die Großküche sowie eine Hausmeisterwohnung.

Für Gebäudetragwerk, Fassaden und Dach wurden reine Holzkonstruktionen eingesetzt mit Dämmung aus Zellulose. Die Bodenplatte besteht aus Stahlbeton, ebenso der zweigeschossige Technikbereich, der auch zur Aussteifung beiträgt. Die Fenster sind im Süden zweifach ansonsten dreifach verglast.

Oberlichter mit transluzenter Wärmedämmung streuen das Tageslicht in die Raumentiefe. Als Sonnenschutz an den Südfassaden dienen zwischen Oberlicht und Fenster fest montierte PV-Module im OG bzw. im EG Glasscheiben mit zwischenliegender farbiger Folie. Die geneigten, nach Süden orientierten Glasflächen vor dem Speisesaal und dem Südriegel sind mit außen liegenden Verschattungsanlagen versehen. Die Werkstraße wird von innen horizontal verschattet. Lichtkuppeln (Süd) bzw. ein Shedband (Nord) mit verspiegelten Lichtschächten durch das Obergeschoss hindurch verbessern die Tageslichtversorgung der 16 bzw. 19 m tiefen Werkstatträume. Alle Dächer sind begrünt. Blower-Door-Tests ergaben für den beheizten

Abb 2: Gebäudesteckbrief

Bauherr / Nutzer	Lebenshilfe für Behinderte e. V.
Architektur	Lichtblau Architekten BDA
Energiekonzept/ Haustechnik	Ingenieurbüro Hausladen GmbH
Standort	Lindenberg im Allgäu
Planungs- und Ausführungszeitraum	Gutachterwettbewerb 2001 6/2002 – 12/2004
Baukonstruktion	Holzkonstruktion auf Stahlbeton-Bodenplatte, Stahlbetonkern zur Aussteifung
Nettogrundfläche (NGF)	4.623 m ²
Nettogrundfläche (NGF), beheizt	4.315 m ²
Mittlere Raumhöhe (NRI/NGF)	4 m
Bruttorauminhalt (BRI)	25.160 m ³
A/V-Verhältnis	0,39 m ⁻¹

Baukörper eine Luftdichtigkeit von $n_{50}=0,6 \text{ h}^{-1}$, für den Gesamtkomplex $n_{50}=0,81 \text{ h}^{-1}$.

Abb 3: Grundriss

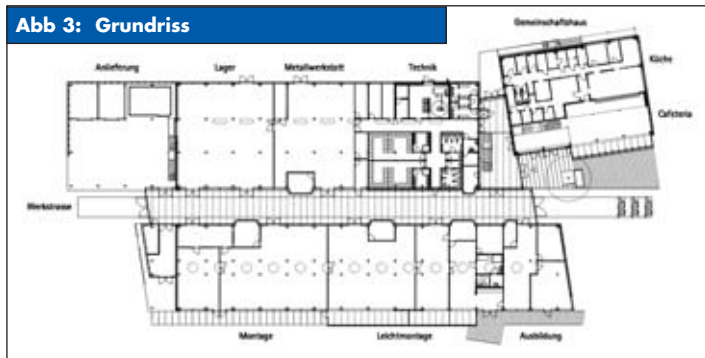
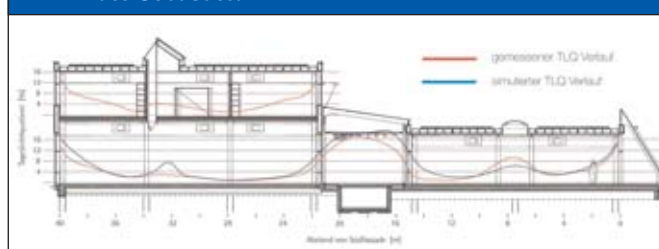


Abb 4: Der Verlauf des Tageslichtquotienten zeigt die Wirksamkeit der Maßnahmen zur natürlichen Belichtung des Gebäudes.



Vergleichende Lebenszyklusanalyse

Eine ökologisch-ökonomische Bilanzierung über den gesamten Lebenszyklus mit Hilfe des integralen Software-Programms LEGEP begleitete die Planung. Als grundlegende Alternativen wurde der geplante Holzbau in Niedrigenergiestandard verglichen mit einem konventionellen Massivbau nach EnEV-Standard. Kriterien waren Kosten, Energiebedarf und Umweltbelastungen durch Bau, Betrieb und Abbruch. Ein Kostenmehraufwand kleiner 6% für die Pla-

nung und Erstellung des Gebäudes als Holzbau verringert demnach die Belastung für die Umwelt deutlich – und dies sowohl für die Errichtungs- als auch für die Nutzungsphase. Der niedrige Energiebedarf und die Nutzung regenerativer Energiequellen schaffen bereits über einen kurzen Betriebszeitraum eine erhebliche Umweltentlastung im Vergleich zum konventionellen Gebäude, ebenfalls verbunden mit geringeren Energiekosten. Ausgehend von einer Energiepreissteigerung von

jährlich 5% wurde eine Amortisation der höheren Anfangsinvestition für 15 Jahre berechnet. Bei Baubeginn war die Bilanzierung noch nicht abgeschlossen, Abschätzungen flossen aber in Planungsentscheidungen ein. So sprach die Analyse der Herstellungenergie für Brettstapeldecken anstelle von Betondecken. Aspekte wie „Reinigung“ und „Wartung“ beeinflussten die Wahl der Oberflächenbehandlung mit Öl (gegen Lack) und des Bodenmaterials Linoleum.

► Heizung und Lüftung

Zur Heizwärmeerzeugung dienen eine Grundwasserwärmepumpe sowie ein Pelletkessel, der auch Holzabfälle der Schreinerie verwerten kann. Die Heizwärmeverteilung erfolgt in erster Linie über eine Fußbodenheizung bzw. über Deckenstrahlplatten, die in der nordseitigen Werkstatt aufgrund des Gabelstaplerbetriebs gewählt wurden. Zum Wärmeabtransport im Sommer werden beide Systeme mit vom Grundwasser natürlich gekühlten Wasser durchströmt. Das Gebäude wird mechanisch be- und entlüftet. Ein Grund dafür sind die zum Teil erheblichen Raumtiefen. Zusätzlich zur mechanischen Lüftung haben die Mitarbeiter überall die Möglichkeit, bei Bedarf Fenster bzw. Lüftungsklappen in der Fassade zu öffnen. Um eine separate Lüftungsanlage für den Speisesaal zu vermeiden, drosseln Volumenstromregler während der Pausen die

Luftmenge in den Werkstätten und leiten die Zuluft ins Gemeinschaftshaus. Eine Besonderheit im Winterbetrieb ist, dass die Zuluft über die Werkstätten durch verstellbare Schiebeöffnungen in die ungeheizte Werkstraße strömt und dort durch einen zentralen Kanal abgesaugt und über zweifache Wärmetauscher an die Außenluft abgegeben wird. Gleichzeitig wird die ansonsten unbeheizte Werkstraße über die warme Abluft temperiert. Solare Gewinne in der Werkstraße sind ebenfalls für die Wärmerückgewinnung von Nutzen. Während des Sommers ist vorgesehen, alle Fenster geschlossen zu halten und ausschließlich mechanisch zu lüften, solange die Außentemperaturen über den Raumtemperaturen liegen. Dafür kann die Zuluft über das Grundwasser gekühlt werden. Ist es draußen kühler, soll über Fenster gelüftet

Abb 5: Die Werkstraße wird durch die warme Abluft der Werkstätten und solare Gewinne indirekt beheizt.



werden. In überhitzungsgefährdeten Bereichen wie der Werkstattstraße bzw. der südorientierten Schrägverglasung von Speisesaal und Werkstätten gibt es Lamellenfenster mit Motorantrieb, die sich automatisch öffnen, wenn es im Raum zu warm wird. Auch die Lüftungsklappen sowie die Oberlichter öffnen automatisch.

► Energiekonzept: Systemkomponenten

System	Komponenten	Details
Heizung	Wärmepumpe	Grundwasser-Wärmepumpe (dreistufig) für Grundlast; elektrische Leistungsaufnahme 8,2 kW, Heizleistung 54,3 kW, Leistungszahl 6,6 – 6,7
	Pelletkessel	für Spitzenlast, Warmwasser Heizleistung 140 kW
	Pufferspeicher	2 x 750l
	Fußbodenheizung	Systemtemperatur im Heizfall max. 45°C/37°C
	Deckenstrahlplatten	Systemtemperatur im Heizfall 60°C/45°C
Warmwasserbereitung	Pelletkessel	Warmwasserspeicher: Werkstätten 300 l; Gemeinschaftshaus 500 l (Vorwärmung durch Kleinkälteanlagen der Küche)
Lüftung / Kühlung	mechanische Lüftung	Werkstätten, Büros, Speisesaal: Volumenstrom 10.000 m³/h Wärmerückgewinnungsgrad 70% (doppelte WRG)
		Küche Volumenstrom 8.450 m³/h Wärmerückgewinnungsgrad 62%
	Fensterlüftung	manuell bzw. über motorisch gesteuerte Klappen / Lamellenfenster
	Kühlung	über Wärmetauscher durch Grundwasser in Fußbodenheizrohren, Deckenstrahlplatten und Kühlregister der Lüftungsanlage
Belichtung	natürliche Belichtung	Büros: TWD-Oberlichter Werkstätten: TWD-Oberlichter, Lichtkuppeln bzw. Licht-Kamine
	Sonnenschutz	Büros / Werkstätten (Süd): außenliegend, feststehend PV-Anlage bzw. VSG-Glas mit farbiger Folieneinlage, Lichttransmissionsgrad ca. 10%
		Schrägverglasungen (Süd): außenliegend, bewegliche Stoffbahnen Dach Werkstraße: innenliegend; bewegliche, lichtdurchlässige Stoffbahn; zentral sensorengesteuert
	Kunstlicht	Büros: direkt/indirekt strahlende Pendelleuchten über leuchtenintegrierten Sensor oder vom Nutzer selbst abgeschaltet Werkstätten: Leuchten über leuchtenintegrierte Sensoren abgeschaltet
Regelung	Zentrale GLT	sämtliche Sensoren für den Betrieb der Wärmeerzeugungs- und RLT-Anlagen angeschlossen
Stromerzeugung	PV-Anlage (Netzinspeisung)	auf Sheddach: 132 m²; 35° Neigung; 16 kW peak; Stromertrag >950 kWh/m²a
		als Sonnenschutz: 66 m²; 10° Neigung; 8 kW peak; Stromertrag >880 kWh/m²a

Abb 6: Lichtkuppeln und TWD-Oberlichter bringen Tageslicht tief in die Werkstätten



Geschlossene Loggien vor den Büros leiten aufgrund ihrer Kamin-Wirkung die warme Luft der Werkstraße über das 1. Obergeschoss hinaus. So vermeidet man, dass diese Wärme bei geöffneten Fenstern in die Büros gelangt. Die Lüftungsloggien sind über gedämmte Innentüren von den Büros zu erreichen. Auf Wunsch kann im Winter bei geöffneten Türen die in der Werkstraße durch Sonneneinstrahlung aufgeheizte Luft direkt in die Büros fließen.

► Betriebserfahrungen

Das Gebäude erreicht im Betrieb der ersten zwei Jahre gute Energiekennwerte, wenn auch noch nicht die Planungswerte (Abb 7). Dies liegt unter anderem daran, dass Anlagenbetrieb und Gebäudenutzung nicht immer mit den Planungs- und Simulationsannahmen übereinstimmen. Beispielsweise belegt der über das gesamte Jahr nahezu konstante Stromverbrauch für die Beleuchtung der Werkstätten, dass die Nutzer eine höhere Beleuchtungsstärke wünschen, als nach Arbeitsstättenrichtlinie erforderlich, denn dieser Wert würde im Sommer auch ohne Kunstlicht problemlos eingehalten. Für verschiedene technische Problempunkte sind Lösungen entwickelt, die im Laufe des Jahres 2007 umgesetzt werden sollen.

- An kalten Sommertagen und in den Übergangszeiten speist die Wärmepumpe die Fußbodenheizung. Gleichzeitig ist der Pelletkessel nur für die Warmwasserbereitung in Betrieb und zeigt deshalb einen schlechten Wirkungsgrad. In Zukunft wird die Wärmepumpe dann komplett abgeschaltet.
- Die Steuerung der Lamellenfenster steht bisher nur in Zusammenhang mit der Innentemperatur. Dadurch gelangt im Sommer häufig zu warme Außenluft ins Gebäude. Im Lüftungsverhalten zeigt sich analog, dass die Fenster auch dann geöffnet werden, wenn die Außentemperatur über der Innentemperatur liegt. Eine

„Lüftungsampel“ in der Werkstraße soll nun anzeigen, ob die Fassadenklappen geöffnet oder geschlossen werden sollten.

- Der bewegliche Sonnenschutz für den Bereich Südriegel/ Speisesaal funktioniert nicht ausreichend: Momentan wird er vorwiegend manuell bedient, eine Kopplung an die Globalstrahlung wurde nicht realisiert. Nun soll der Sonnenschutz automatisch geregelt werden mit einer Möglichkeit zur manuellen Nachregulierung. Zusätzlich wird für Tage mit tief stehender Sonne der ursprünglich geplante innenseitige Blendschutz nachgerüstet.
- Die südorientierten Werkstätten werden u. a. aufgrund der vorgenannten Sachverhalte im Sommer zu warm. Zusätzlich wurde die in der Planungsphase vorgesehene thermische Abtrennung des Sonnenraumes (Schrägverglasung vor Südriegel) mit einer Glaswand auf Bauherrenwunsch nicht ausgeführt, wäre aber ganzjährig von Vorteil für das Raumklima. Vorerst sollen an „Extremtagen“ im Sommer die Lüftung, Fußbodenkühlung und Deckenstrahlplatten im Dauerbetrieb laufen.

Abb 7: Energiekennwerte bez. auf NGF beheizt

	Planung	Betriebsjahr 2006
Heizwärme (Vorgabe EnBau: < 40 kWh/m²a)	37 kWh/m²a	42 kWh/m²a
Warmwasser	7 kWh/m²a	4 kWh/m²a
Endenergie (Wärmeerzeugung + Strom TGA) (Vorgabe EnBau: < 70 kWh/m²)	52 kWh/m²a	71 kWh/m²a
Primärenergie (Vorgabe EnBau: < 100 kWh/m²a)	82 kWh/m²a	124 kWh/m²a
PV-Ertrag Endenergie	22.000 kWh/a	21.539 kWh/a
Primärenergiebilanz incl. PV-Ertrag*	67 kWh/m²a	102 kWh/m²a

* Primärenergiefaktor PV: 3

► Fazit, Ausblick

Die Behinderten-Werkstätten in Lindenberg bieten ein gutes Beispiel für die Berücksichtigung und konsequente Umsetzung energetischer Aspekte von Anfang an sowie zu vertretbaren Kosten. Dabei wurde aber nie das eigentliche Ziel aus den Augen verloren, nämlich die Räume auf die Ansprüche der Nutzer und ihre speziellen Bedürfnisse auszurichten. Die begleitend durchgeführte Lebenszyklusanalyse unterstreicht den ganzheitlichen Blickwinkel der Planung.

Abb 8: Baukosten (brutto) nach Kostenfeststellung inkl. Photovoltaik-Anlagen

	KG 300	KG 400
Baukosten pro BRI	183 Euro / m ³	83 Euro / m ³
Baukosten pro NGF	999 Euro / m ²	452 Euro / m ²
Gesamtbaukosten	4.616.086 Euro	2.093.374 Euro

Einige ökologische Ansätze gestalteten die Baugenehmigung langwierig. Beispielsweise stellte eine leichte Kontamination des Grundwassers den Einsatz der Wärmepumpe in Frage: Es war zwar erlaubt, das Wasser für die Wärmepumpe zu nutzen, aber behördliche Auflagen untersagten, es danach wieder in das Grundwasser zurückzuführen. Das Wasser wird nun in einen nahe gelegenen Bach geleitet.

Die aufwändige Planungsphase hat sich gelohnt: Das Gebäude zeigt im Betrieb gute Energiekennwerte. Aufgrund der technischen Feinheiten bedarf es einer gewissen Anlaufzeit, bis die Haustechnik so einreguliert ist, dass ein reibungsloser Betrieb möglich ist. Diese Anfangsschwierigkeiten hat man aber inzwischen weitgehend im Griff. Dass die Planungswerte im Regelbetrieb nicht erreicht werden, liegt zum Teil daran, dass die Ausführung sich von den ursprünglichen Annahmen unterscheidet und verschiedene Einstellungen der Gebäudetechnik noch optimierbar sind. Auch ist das Nutzerverhalten nicht vollständig kalkulierbar. Speziell am Problem der sommerlichen Überwärmung des Südflügels muss noch gearbeitet werden. Ideen dazu gibt es aber schon. Trotzdem ist das wichtigste Anliegen erreicht: Die Nutzer nehmen das Haus gut an und fühlen sich wohl. Besonders hervorgehoben wird die angenehme Atmosphäre, die die hellen, großzügigen Räume vermitteln.

Der Bauherr ist sehr zufrieden mit seinem ökologisch konsequenten Gebäude und überlegt, ob er die Erweiterung angehen und das Konzept durch eine solarthermische Anlage für die Warmwasserbereitung Werkstatt/ Küche im Sommerbetrieb noch ergänzen soll.

► PROJEKTADRESSEN

Bauherr / Nutzer / Objektadresse

- Lebenshilfe für Behinderte e.V.
Frank Reisinger
Lauenbühlstr. 67
88161 Lindenberg im Allgäu

Architektur

- Lichtblau Architekten BDA
Florian Lichtblau
Wendelin Lichtblau
Alexander Reichmann
Soeltlstraße 14, 81545 München

Energiekonzept / Gebäudetechnik

- Ingenieurbüro Hausladen GmbH
Josef Bauer
Cornelia Jacobsen
Hausen 17, 85551 Kirchheim

Monitoring

- Technische Universität München
Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik
Prof. Dr. Gerhard Hausladen
Martin Ehlers
Fabian Ghazai
Arcisstraße 21, 80333 München

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Voss, K.; Löhnert, G.; Herkel, S. u.a.: Bürogebäude mit Zukunft. Konzepte, Analysen, Erfahrungen. FIZ Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.) Berlin: Solarpraxis, 2006. 282 S. + CD-ROM, 2., überarb. Aufl., ISBN 978-3-934595-59-0, 49,00 Euro
- FIZ Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.): Tageslichtnutzung in Gebäuden. BINE Themeninfo I/05

Internet

- www.enob.info
- www.enbau.info

Abbildungsnachweis

- Abb. 1, 3, 5, 6: Lichtblau Architekten
- Abb. 4: TU München

Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-Dokument unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.

PROJEKTORGANISATION

Bundesministerium
für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projektträger Jülich (PTJ)
Forschungszentrum Jülich GmbH
Markus Kratz
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0335007 T, Q

IMPRESSUM

ISSN
0937 – 8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Nachdruck
Nachdruck des Textes nur zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares; Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

Autorin
Dorothee Gintars

BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter www.bine.info und per Newsletter zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Kontakt

Haben Sie Fragen zu diesem **projektinfo**? Wir helfen Ihnen weiter:

Tel. 0228 92379-44

 **BINE**
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

kontakt@bine.info
www.bine.info