

Projekt Nullenergiehaus 1988-2013: Familienhaus Delzer im Inselbetrieb



Inhaltsübersicht

Gedanken des Bauherrn

Planung und Entwicklung am dynamischen Computersimulationsmodell

Übersicht des Gebäudes

Gebäude und Funktionskonzept ab 1988

Schema zur Stromversorgung

Veränderungen am Gebäude bis 2013

Der letzte Schritt zum Nullenergiehaus – ab 2013

Übersicht Innovative Ansätze und Lösungen

Gedanken des Bauherrn

1983-1988: Energie und Ressourcen sind ein Thema für Fachleute und Aktivisten in Birkenstocks. Wirtschaft und Industrie stecken auf diesem Gebiet noch in den Kinderschuhen, Förderungen gibt es keine. Ob sich der ganze Aufwand auch ausserhalb von Idealismus und Gewissen lohnen wird, ist ebenfalls unklar.

Die Planung und Entwicklung eines Nullenergiehauses in den Achtziger Jahren war ein belächeltes Vorhaben, dass im privaten Umfeld als ‚unnötig‘, im professionellen Umfeld als ‚unmöglich‘ angesehen wurde.

Wer von der Endlichkeit natürlicher Ressourcen und der ebenfalls endlichen Belastbarkeit unseres Planeten überzeugt war, tat gut daran im Rahmen seiner eigenen Möglichkeiten nach einer Lösung für nachhaltiges Wohnen und Leben zu suchen. Denn politische Lösungen brauchen viel Zeit. Flächendeckende Netzwerke alternativer Energiequellen brauchen noch mehr Zeit. Und ein Umdenken in der Bevölkerung ist ebenfalls ein langsamer Prozess, bei dem es gilt eine breite Mehrheit von einem umweltverträglichen Lebensstil zu überzeugen.

Hinter dem Entwurf des Hauses steht ausserdem der Gedanke, dass ein sparsamer Betrieb gewinnbringender ist als eine hohe Produktion von Solarenergie. Während die Produktion von Solarenergie im Winter schrumpft, bleibt die Einsparung konstant.

Wir, Dipl. Ing. technische Kybernetik Siegfried Delzer mit Christiane Delzer und den beiden Töchtern Simone und Alexandra, wollten eine zeitnahe, von uns individuell umzusetzende Möglichkeit – für die es erst mal keine langwierigen politischen Umwälzungen und das Engagement dritter braucht. Ein Anfang im Kleinen. Einfache Technik. Ein radikales Experiment. Aber mit der nötigen Behaglichkeit. Und Aussenwirkung.

Bereits 1983 wurden von Siegfried Delzer die ersten Computersimulationen für eine Hypokaustenheizung gemacht. In den folgenden Jahren entstand aus einzelnen Lösungsansätzen ein Gesamtkonzept, das 1988 bezugsfertig war. Es enthält gleich mehrere einzigartige, innovative Features. Ausserdem wurde es bewusst so konzipiert, dass die damals verwendeten, konventionellen Materialien und technischen Komponenten jederzeit durch neuere und effizientere Entwicklungen ersetzt werden konnten.

Diese Machart ermöglichte es dem Haus, sich von einem Niedrigenergiehaus im Inselbetrieb über ein -100% regenerativ Haus- zu einem Nullenergiehaus zu wandeln.

Selbst der Betrieb als Plusenergiehaus ist möglich, ohne dass ein Stromnetz den Stromüberschuss im Sommer aufnimmt, und im Winter bei erhöhtem Bedarf wieder zurückgibt.

Übersicht über das Gebäude



Süd Seite mit Luftkollektor und fassadenintegrierten Flachkollektoren 10m²
Absorberfläche im Thermosyphonbetrieb

Gebäudekonzept

Einfamilienhaus mit Büro in
sonniger Hanglage
79541 Lörrach

200qm Wohnfläche

Wohnteil:
5 Zimmer/2 Bäder/Küche

Büro: 2 Zimmer/Bad



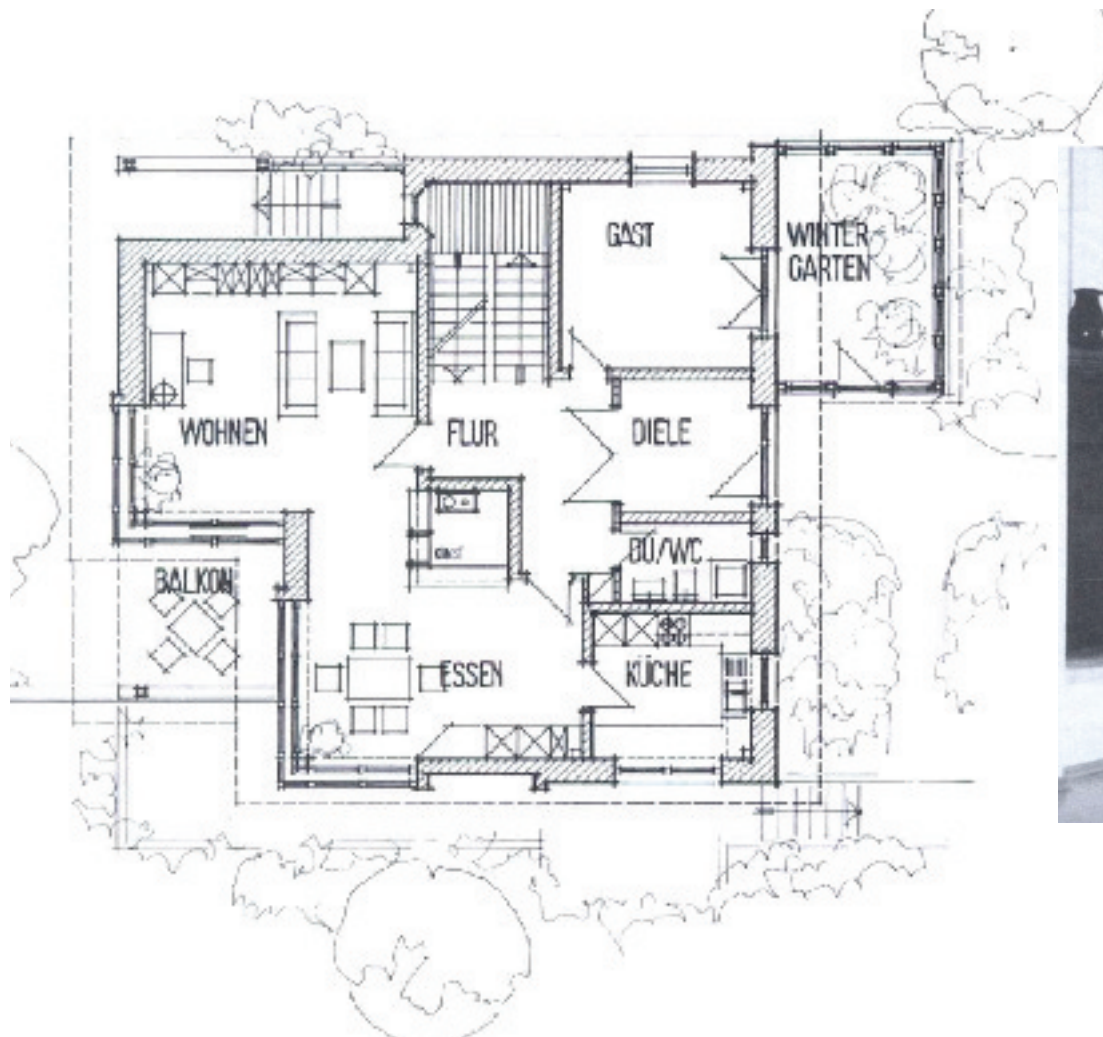
Blick Süd-Ost Seite (mit Abschattung durch Nachbarbebauung)



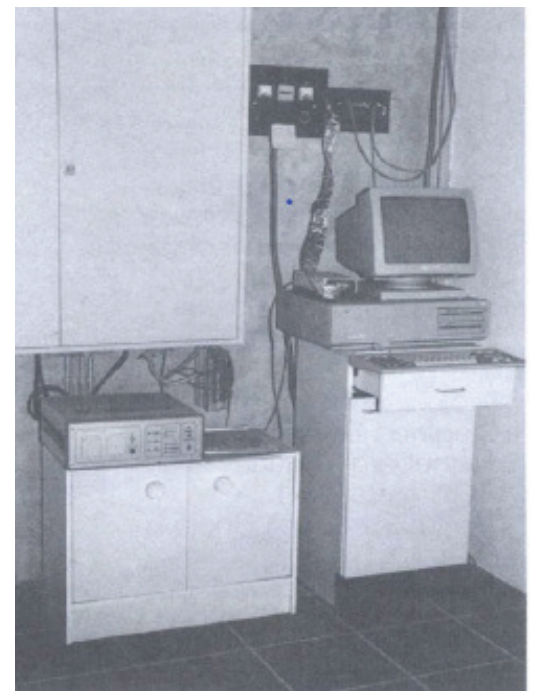
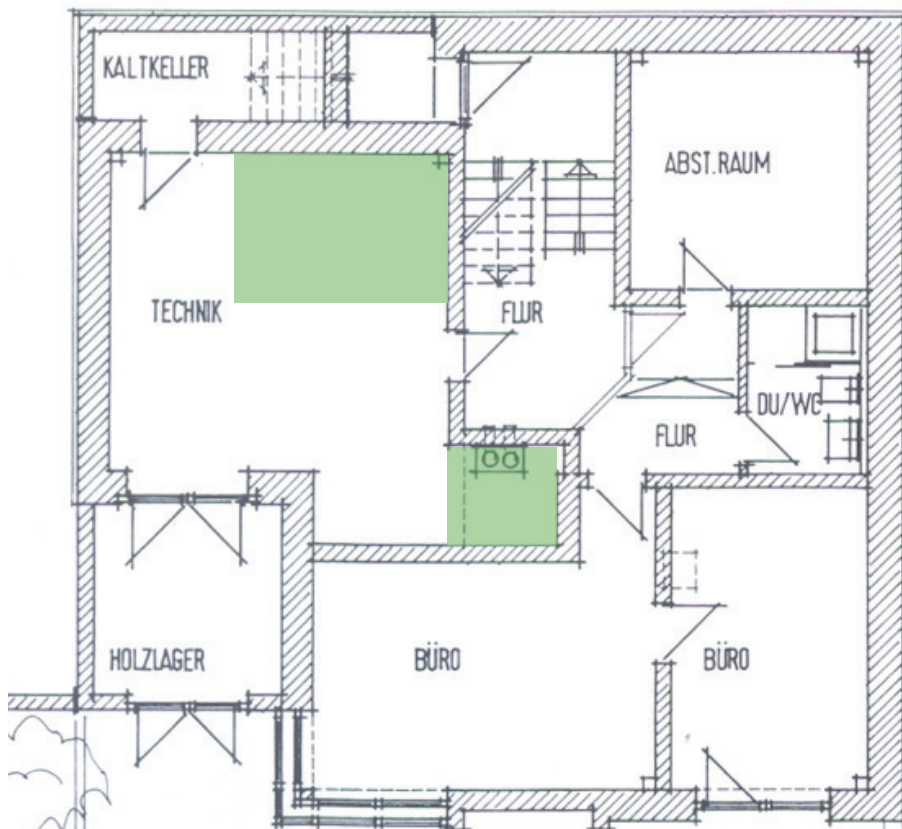
Ansicht Südseite mit Luftkollektor und fassadenintegrierter Solaranlage



Ansicht Westseite mit Luftkollektor



Grundriss EG mit Wohnbereich, zentral gelegen Kamin und Energieschacht



Grundriss Keller: für Haustechnik und Speicher genutzte Fläche (grün) und nach Süden orientiertes Büro

Planung am dynamischen Computersimulationsmodell:

Das Gebäude wurde bereits in der Planungsphase mit einem selbst entwickelten Computerprogramm (DK Solar, die Grundlage für das heutige DK Integral) dynamisch simuliert. Dabei wurden die Temperaturverläufe im Haus, Temperatur in den Bauteilen, Transmissionswärmeverluste, solare Gewinne, die Hypokaustenheizung mit Luftkollektoren und Gesamtenergieverbrauch unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens wirklichkeitsnah dargestellt und überprüft. Unser Haus dürfte eines der ersten (wenn nicht das Erste) Gebäude sein, dass anhand einer dynamischen Gebäudesimulation auf Energiebedarf und Behaglichkeit mit all seinen Wechselwirkungen hin simuliert und optimiert wurde. Die Simulationsergebnisse sind die Grundlage der Fassade/Gebäudehüllen Gestaltung.

Gebäude und Funktionskonzept ab 1988

Die Gebäudehülle ist eine Kombination aus dickem Mauerwerk als Wärmespeicher, großflächigen Kastenfenstern (40m^2) als Warmlufterzeuger und einer in die Fassadenfläche integrierten thermischen Solaranlage zur Brauchwassererwärmung. Die Dachkonstruktion besteht aus einer gedämmten Holzkonstruktion mit Hinterlüftung.

Die Stromversorgung funktioniert als stabiles 24Volt Netz, ohne Umformer direkt über die PV Zellen. Der Verzicht auf viele Wandler macht das System stabil und effizient. Die gesamte Lichttechnik ist dem entsprechend mit 24V DC Halogenlampen (heute ersetzt durch LED) ausgeführt.

Dach: Sichtbalken mit Schalung, Dachpappe, Abstandshölzer gekreuzt 20cm, 16cm Steinwolle, dampfdurchlässige Folie, Ziegel

0,21 W/m² K

Wand: 55cm Ziegelmauerwerk Poroton

0,27 W/m² K

im Bereich der fassadenintegrierten Kollektoren 36cm Poroton

Kastenfenster: als Luftkollektor verbaut

1,25 W/m² K

Fenster: 2fach Isolierverglasung

2,50 W/m² K

Bodenplatte: Betonplatte 5cm Styrodur, 4cm Styropor

0,8 W/m² K

Zentraler Energieschacht

Im Zentrum des Hauses steht ein Energieschacht mit den Maßen 80 x 80 x 900 cm.

In dem Schacht ist ein Luft-Wasser-Wärmetauscher eingebaut, über den die Heizenergie umgeschlagen wird. Im Ladebetrieb entzieht der Wärmetauscher der Luft im Schacht die Wärme und überträgt sie an den Wasserkreislauf des Speichers. Die Wärme stammt in der Regel aus den Kastenfenstern, die als Luftkollektoren arbeiten. Alternativ kann auch Wärme aus dem Kachelofen oder Abwärme aus dem Stromerzeuger genutzt werden. Da beide aber nur bei unmittelbarem Bedarf genutzt werden, fällt hier nur wenig oder sogar gar keine Restwärme an.

Der Wärmetauscher lässt sich auch im Heizbetrieb einsetzen - der Energiefluss hat dann die entgegengesetzte Richtung. Die Wärme gelangt dann aus dem 5 m³ grossen Speicher über den Wärmetauscher in den Energieschacht und über die Hypokauste an die Wohnräume.

Häufig heizt der Luftkollektor die Wohnräume direkt. Dann strömt die warme Luft aus den Kastenfenstern in den Energieschacht und von da in die Hypokauste. Sowohl die Kastenfenster als auch die Hypokauste sind ein- und ausgangsseitig mit Luftklappen ausgerüstet.

Die geringen Verluste des Hauses und die Energiegewinnsysteme, kombiniert mit dem 5-m³- Speicher, machen zusätzliches Heizen erst nach einigen sehr kalten und gleichzeitig sonnenarmen Tagen notwendig.

Luftkollektor

Die Kastenfenster, die auch als Luftkollektor dienen, haben eine s/o (Vormittagssonne) und eine s/w (Nachmittagssonne) Orientierung. Der Luftkollektor hat eine Gesamtfläche von 40m², der Luftraum zwischen den 2fach-Isolierverglasungen innen und aussen misst 20cm (gesamt U-Wert 1,25 W/m² K). Das an der Innenseite des Kastenfensters installierte Rollo hat einen Mehrfachnutzen: es verhindert Blendung bei starker Sonneneinstrahlung und wirkt als Solarabsorber für den Luftkollektor.

Die Zuluft- und Abluftklappen der Fensterkollektoren werden durch den Auftrieb im Kastenzwischenraum bewegt. Bei keinem oder zu geringem Auftrieb schließen sich die Klappen aufgrund ihres Eigengewichtes. Ein einfacher Mechanismus, der eine aufwändige Steuerung unnötig macht und Wartungsarbeiten erspart.

Hypokauste in Böden und Wänden

Ein weitflächiges, geschlossenes System von Hohlräumen durchzieht Böden und Wände. Gespeist wird diese hypokaustenartige Hüllflächenheizung mit warmer Luft von 25 bis 30 °C aus dem Energieschacht. Die Flächenheizung erlaubt niedrige Raumtemperaturen und damit geringe Transmissionswärmeverluste. Zudem ist die Temperatur des Mediums niedrig, was die Wirkungsgrade des Luftkollektors, der Sonnenkollektoren und des Speichers verbessert. Die Strahlungswärme der Bauteile empfinden wir ausserdem als besonders angenehm.

Kachelofen als ergänzende Wärmequelle

Der Kachelofen im zentral angeordneten Wohnbereich ergänzt im Winter die solare Wärmegewinnung. Mit etwa 5 Ster Mischholz, die einem Primärenergieinhalt von rund 8000 kWh entsprechen, entstehen 6400 kWh Nutzwärme. Neben dem beheizen der Wohnräume kann der Kachelofen auch genutzt werden, um die Hypokausten mit Wärme zu versorgen oder den Speicher zu laden. Es gibt eine direkte Verbindung zum Energieschacht: die kalte Luft am Fuß des Energieschachts strömt in das Luftregister den Kachelofens, erwärmt sich dort, und wird dann knapp zwei Meter höher wieder in den Schacht geleitet.

PV Anlage

Die PV Anlage wurde in den ersten Jahren immer weiter aufgerüstet, und deckt den gesamten Strombedarf für Wohnen und Bürobetrieb zu 90% ab. Der zeitweise Stromüberschuss wird in eine 24V Gabelstaplerbatterie eingespeist, falls diese voll ist in Form von Wärme an die Lagerräume abgegeben. Die PV Anlage liefert ausserdem den Gleichstrom für den Wechselrichter, der die 230 Volt Wechselstrom entsprechend dem Strombedarf erzeugt.

Kraft-Wärme-Kopplungsanlage

Ein Dieselmotor, der wahlweise mit Heizöl, Biodiesel oder normalem Pflanzenöl betrieben werden kann, arbeitet als alternativer Stromlieferant, wenn der Ertrag der PV Anlage und die gespeicherte Energie nicht ausreichen. In den 80er Jahren lag die Laufzeit etwa bei 1500 h/Jahr (2000kWh/a). Das kompakte KWK Aggregat wird serienmäßig zur Ausstattung von Segelbooten produziert. Es ist lärmarm und im Betrieb, nach Anpassung an die höheren Temperaturen des Kühlmediums, verlässlich.

Funktionssicherheit und Effizienz durch Netzzuordnung

Geeignete Verbraucher (Licht, Wasserpumpe etc.) hängen direkt am Gleichstrom, und haben eine hohe Betriebssicherheit und geringe Verluste, durch den Verzicht auf Wandler. Für die Wechselstromverbraucher (Personalcomputer) wird der Strom mit einem Trapezwechselrichter GWR 1000At umgewandelt. Die Abwärme des Motors fließt über einen Abgas-Wasser-Wärmetauscher ebenfalls in die Brauchwassererwärmung.

Thermische Solaranlage

Die thermische Solaranlage lädt den 850 Liter Pufferspeicher für das Brauchwasser und erreicht so einen Deckungsgrad von ca. 80 %.

PV ANLAGE 24 VOLT DC
BIS 2012: 1700 WATT
SEIT 2013: 3400 WATT

24 VOLT DC NETZ

LICHT, PUMPEN, ETC.
REGELUNGSTECHNIK

GABELSTAPLER
BATTERIE
24V/600AH

SPANNUNGS-
AUSGLEICH,
SPEICHER+QUELLE

WECHSELRICHTER

24VOLT DC/
230V WECHSELSTROM
3.9 kW

230VOLT AC NETZ

RECHNER,
KÜHLSCHRANK,
TV, RADIO,
GESCHIRRSPÜLER
KOCHEN...
230V, 3.9kW

KRAFTWÄRMESKOPPLUNG
24V 60-210 AMPERE
LÄUFT 50-150STUNDEN/JAHR

BIODIESEL, HEIZÖL, PFLANZENÖL

Veränderungen am Gebäude bis 2013

Generell wurde die Technik im Haus immer zu Ende genutzt. Dahinter steckt der Gedanke der Gesamtenergiebilanz, die den Verbrauch endlicher Rohstoffe zur Erzeugung neuer Produkte sowie die Energie zur Herstellung neuer Produkte berücksichtigt.

Folgende Technik wurde im Lauf der Jahre durch leistungsstärkere Modelle ersetzt:

- anstelle des Trapezwechselrichters arbeitet jetzt ein Sinuswechselrichter mit hohem Wirkungsgrad
- Die erste Gabelstapler Batterie 600Ah/24V wurde inzwischen ersetzt, die zweite Batterie hat eine voraussichtliche restl. Lebensdauer Batterie 5 Jahre (17 Jahre gesamt)
- das Dieselaggregat wurde im Jahr 2000 ausgetauscht und hat bei aktuellem Gebrauch eine Restlebensdauer von 20-30 Jahren. Anfallende Arbeiten sind der jährlicher Ölwechsel, sowie alle 5 Jahre ein Filterwechsel.

Wir leben seit 25 Jahren in diesem Haus mit der 2. Technikgeneration. Die langen Nutzungszeiten sind hauptsächlich der Einfachheit der Systeme zu verdanken.

Veränderungen am Gebäude – der letzte Schritt zum Nullenergiehaus - ab 2013

Wenn die aussenliegenden Fenster durch die inzwischen regulär verfügbare 3fach Verglasung ersetzt werden, kann das nächste Ziel „**Nullenergiehaus**“ erreicht werden. Der Austausch der Fenster ist – mit dem Gedanken der Gesamtenergiebilanz - nach der Restnutzungszeit vorgesehen.

Übersicht Innovative Ansätze und Lösungen

1. Die Heizung der Räume erfolgt über Hypokausten, durch die warme Luft aus den Kastenfenstern oder aus dem Energieschacht strömt. Zur Bewegung der warmen Luft wird der natürliche Auftrieb genutzt. Für die Verteilung in die Räume an der Nordseite werden zur Effizienzsteigerung zusätzlich kleine Lüfter genutzt.
2. Im zentralen Energieschacht ist ein Wärmeaustausch zwischen Kachelofen, Luftkollektoren, thermischer Solaranlage und Kraftwärmekoppelung realisiert.
3. Besonderheiten Kastenfenster/Luftkollektoren:
 - der in den Kastenfenstern integrierte Sonnenschutz/Blendschutz ist im geschlossenen Zustand der Absorber für den Luftkollektor. Im offenen Zustand geht die solare Strahlung direkt ins Gebäude
 - Im Winter wird die warme Luft aus den Kastenfenstern in den Energieschacht und von dort in die Hypokausten umgelenkt. Im Sommer kann bei hohen Umgebungstemperaturen die Luft direkt nach aussen geführt werden, damit das Gebäude möglichst kühl bleibt.
4. Besonderheiten thermische Solaranlage für Brauchwasser und Heizungsunterstützung:
 - ist ausschließlich mit Wasser gefüllt und direkt mit dem Heizungswärmetauscher verbunden.
 - Die Zirkulation zwischen Solarkollektoren und Speicher erfolgt ohne Pumpen, ausschließlich über thermischen Auftrieb.
 - Der fehlende Frostschutz im Vergleich zu Wasserglykol Systemen wird nur bei Bedarf ersetzt: über ein Ventil fließt ca. 15°C warmes Wasser in die Absorber.
 - Dieser kleine Energieaufwand für den Frostschutz ermöglicht es das ganze Jahr über die deutlich bessere Effizienz von Wasser gegenüber der Wasserglykol Mischung zu nutzen.
5. Die senkrecht in die Fassade integrierten Solarkollektoren überhitzen im Sommer nicht und haben einen höheren Wirkungsgrad im Winter: sie sind dauerhaft Schneefrei und verschmutzen weniger. Die Wärmeverluste auf der Rückseite der Kollektoren werden direkt dem Gebäude zugeführt.
6. Der Kachelofen liefert die Restwärme für die Heizung und ist so in dem System integriert, das neben der direkten Raumheizung für Wohnzimmer und Esszimmer über den Energieschacht das gesamte Gebäude mit Warmluft beheizt werden kann.
7. Da warme Luft immer nach oben steigt, entsteht eine Luftschichtung im Gebäude. Über ein Rohr und ein Gebläse im Energieschacht wird die Warme Luft wieder von oben nach unten ins Kellergeschoss transportiert, um einen Ausgleich zu schaffen.
8. Die Hypokauste Heizung und die Luftkollektoren mit dem Energieschacht bilden eine geschlossenes System, das unanfällig für Verschmutzungen ist. Die Fenster der Luftkollektoren können zwar geöffnet werden, durch die zusätzlichen Fenster in den Räumen hinter dem Luftkollektor müssen sie aber nicht zur Raumlüftung verwendet werden.
9. Das Gebäude hat ein Gleichspannungs- und Wechselspannungsnetz. Das GSN hat 24 Volt DC und wurde mit dem verpolungssicheren Schweizer Steckersystem ausgestattet. Die Energiespeicherung für den Strom ist mit 24V Bleibatterien realisiert. Die Wechselspannung wird über den Sinuswechselrichter erzeugt, welcher mit Strom aus dem 24 Volt Netz gespeist wird.

Die KWK (Kraft Wärme Kopplung) ist eine ideale Ergänzung für die Solarenergie Nutzung. Bei Sonnenschein wird Solarstrom und Solarwärme erzeugt, falls die Sonne nicht scheint und die Strom und Wärme Speicher fast leer sind, liefert die KWK Strom und Wärme.

10. Energiemanagement: es werden alle solaren Gewinne sinnvoll genutzt. Überschüsse bei Strom und Wärme werden für die Heizung der Lagerräume eingesetzt, falls kein Energiebedarf für Heizung und Brauchwasser vorhanden ist, und alle Speicher bereits gefüllt sind.

11. Das monolithische Mauerwerk aus Ziegel wurde bewusst ausgewählt damit für einen späteren Zeitpunkt Systeme wie Transparente Wärmedämmung sinnvoll nachgerüstet werden können.

12. Bei Aussentemperaturen $< 5^{\circ}\text{C}$ wird der Kühlschrank direkt über die Aussenluft gekühlt. Neben dem geringeren Stromverbrauch wird über die kalte und trockene Luft auch eine sehr gute Lagerqualität erreicht.

13. Für Toilettenspülung und Gartenbewässerung wird Regenwasser genutzt. Das Wasser wird mit einer Gleichspannungspumpe 24V DC direkt vom Gleichspannungsnetz transportiert.