

Wasserstofftechnik zur Energieautarkie BV Isny-Neutrauchburg Sanierung EH 70

Herz & Lang GmbH - Abteilungen, Stand 07/2022

Architektur	Bauphysik	Passivhaus	Ingenieurbau
Planung	Wärme/Feuchte	Beratung	Gutachten <ul style="list-style-type: none">• Bauschäden• Bauphysik• Holzbau
Bauleitung	Schall/Akustik	Berechnung	Holzbaustatik
Neu-, Altbau	Förderungen	Simulation	Brandschutz
Gesamtplanung	Nachhaltigkeit	Zertifizierung	Baumessungen
Holzbauplanung	Klimaschutz	Monitoring	
Regional	National	International	Regional



Klimaneutrales Bauen und Sanieren - Standpunkt H&L

1. Energieverluste reduzieren mit Dämmung und Wärmerückgewinnung (Grundlage: Passivhaustechnik)
2. Umstellung auf 100% erneuerbare Energien
3. Optimierung der Wärmeverteilsysteme
4. Erneuerbare Energien vor Ort bereitstellen, speichern, optimal, zeitnah nutzen und mit E-Mobilität kombinieren
5. Graue Energie einsparen (Baustoffe, Abbruch vermeiden)
6. Hohe Unabhängigkeit, bis zur Autarkie suchen (zB H2)



Klimaneutrales Bauen und Sanieren – Thesen

1. Je geringer der Energieverbrauch, desto höher ist die Unabhängigkeit von Energieformen und Lieferanten.
2. Regionale, ortsnah bereitgestellte, erneuerbare Energie ist nachhaltig die Günstigste.
3. Nur der Mix erneuerbarer Energien, kombiniert mit Speichern, macht unsere Versorgung zukunftsfähig.
4. Erneuerbare Energien vor Ort bereitstellen, speichern und optimal nutzen, mit E-Mobilität kombinieren, ist die günstigste Weise ein Gebäude zu betreiben.
5. 100% direktelektrische Gebäudesysteme für Heizung und Warmwasser sind unseriös, weil sie den „schmutzigsten“ Strom im Winter als Backup nutzen und davon ausgehen, daß der Strom kurzfristig und ganzjährig erneuerbar wird.
6. Graue Energie einsparen ist wichtig, dennoch hat sie im CO₂-Ausstoß auf den Lebenszyclus einen wesentlich geringeren Anteil als der Gebäudeunterhalt !
7. Energieautarke Gebäude sind Pilotprojekte und noch nicht massentauglich !
Prinzip: Wenig Energie verbrauchen und das mit minimalsten Verlusten !

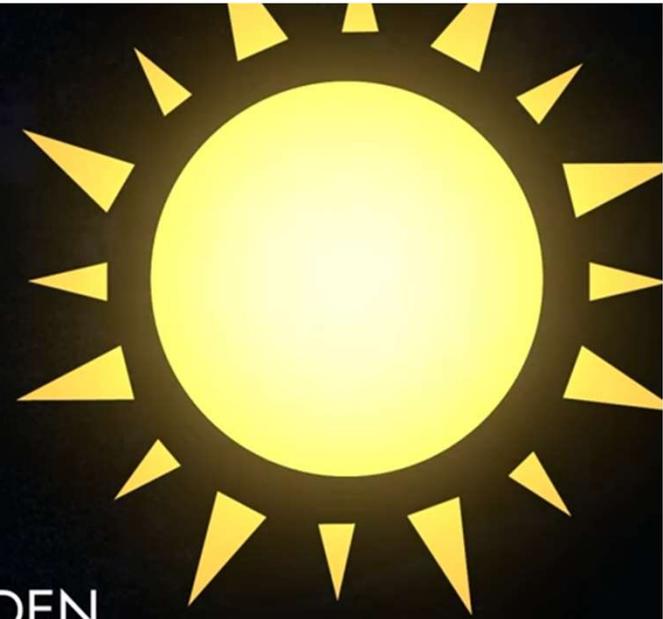


Grundsatz der effizienten Energienutzung

ERSTER HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK

ENERGIEERHALTUNGSSATZ

ENERGIE KANN NICHT VERNICHTET WERDEN.
ENERGIE KANN NICHT ERSCHAFFEN WERDEN.
ENERGIE KANN NUR VON EINER FORM
IN EINE ANDERE UMGEWANDELT WERDEN.

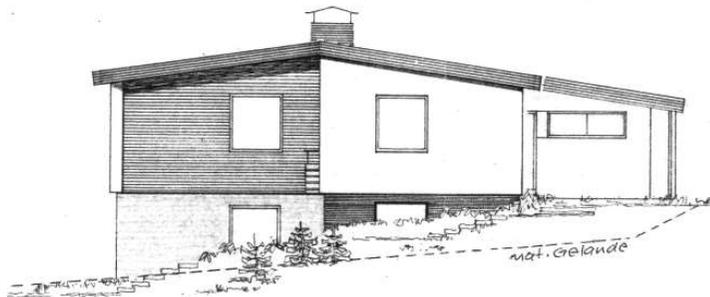
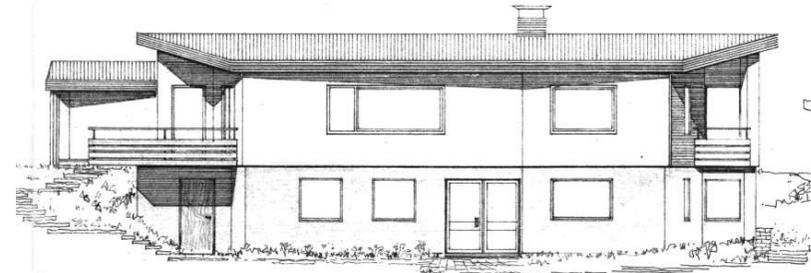
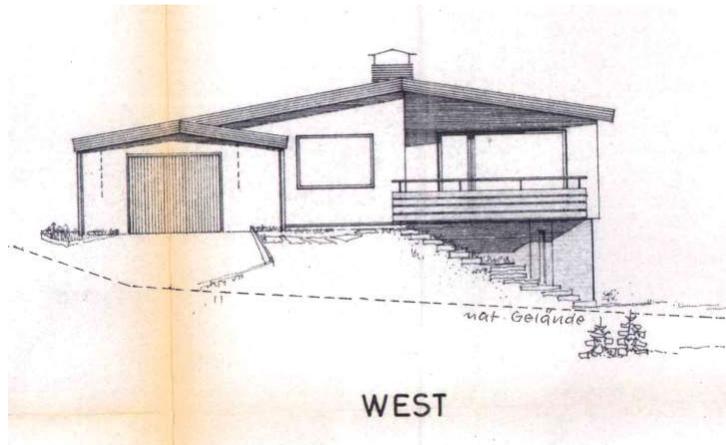


Agenda

1. Bestandsgebäude
2. EH 70 Sanierung Hülle
3. EH 70 Sanierung Technik
4. Zahlen-Daten-Fakten
5. Wasserstofftechnik im Detail

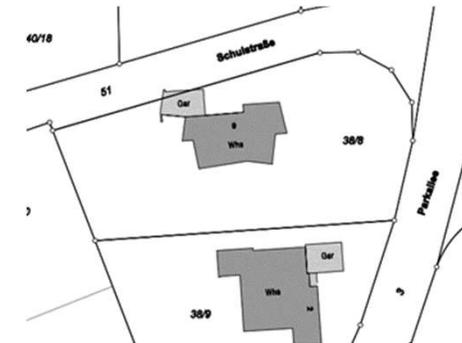


1. Bestandsgebäude, Massivbau 1967

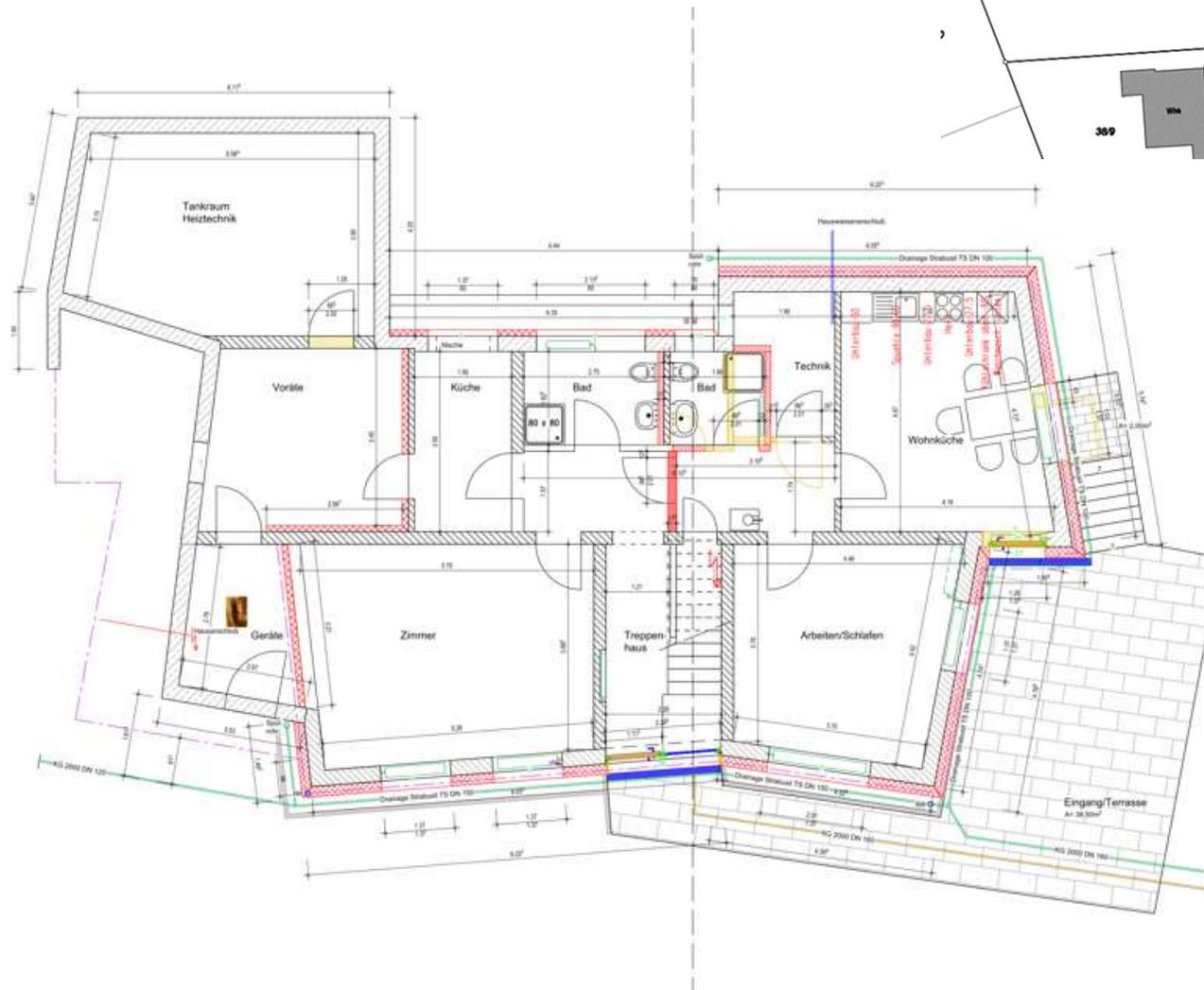


NORD

1. Bestandsgebäude, Lage, Umbau

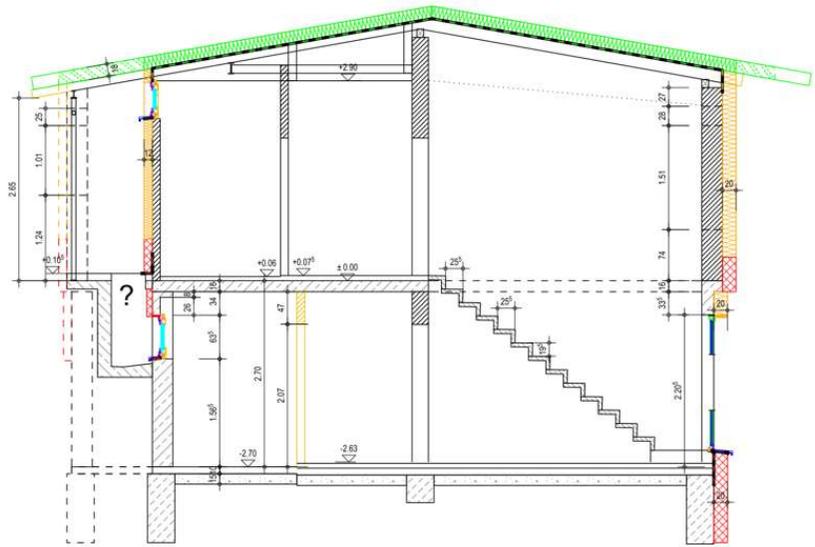


UNTERGESCHOSS



2. EH 70 Sanierung Hülle

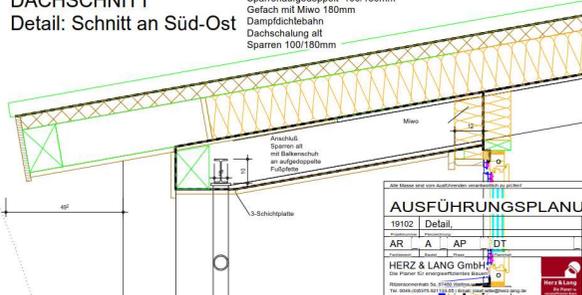
SCHNITT 1-1



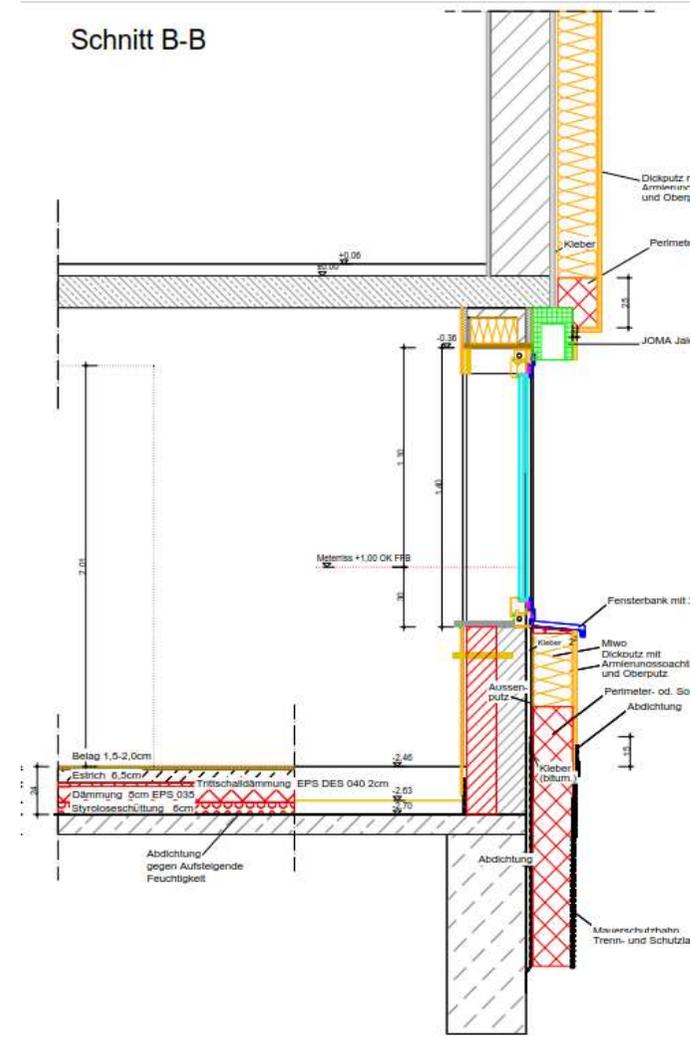
DACHSCHNITT
Detail: Schnitt an Süd-Ost

Externe Verklebung Bauteile JOMI-Matte
 Dachschalung 30mm
 Kontertafelung 60/60mm
 regensicheres Unterdach
 Holzweichfaser 60mm WL G 040
 Sparrenaufkopfpeil 100/190mm
 Gefach mit Miwo 180mm
 Dampfschleibahn
 Dachschalung all
 Sparren 100/180mm

Baudeckungsbezeichnung
 Dachneigung 5 - 15°



Schnitt B-B



2. EH 70 Sanierung Technik

- Umstellung der Wärmeerzeugung von Öl auf Wärmepumpe Sole
- Umstellung der Wärmeverteilung auf Niedertemperatur (FBH+Rad)
- Dach: Rückbau Solarthermie, neue PV-Anlage



3. EH 70 Sanierung

Norddach 5,6 kWp



Süddach 15,5 kWp



Garagendach (ohne Abbildung) 3,7 kWp

2. EH 70 Sanierung

Südfassade – 7,23 kWp



4. Zahlen-Daten-Fakten

- Hauptwohnung 160 m²
- Einliegerwohnung 50 m²
- **Wohnfläche gesamt 210 m²**

- Sole Wärmepumpe – 8,0 kW für Heizung und BW
- **Wunsch des Bauherren, das Haus autark zu machen !**
- Gesamtstrombedarf von ca. 10.000 kWh pro Jahr



4. Zahlen-Daten-Fakten Bestand

Endenergie Öl (Wärme)	ca. 40.000 kWh/a
<u>Endenergie Strom (2 WE)</u>	<u>ca. 5.000 kWh/a</u>
Endenergie Summe	ca. 45.000 kWh/a
Spez. Verbrauch $45.000/210 =$	ca. 214 kWh/m².a

Klimabelastung (Emissionen nach GEG)

$$40.000 \times 0,31 + 5.000 \times 0,56 = \text{ca. } \mathbf{15.200 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

4. Zahlen-Daten-Fakten EH 70 + H2

Wärmepumpe Sole + Stromeffizienz + H2-Technik

Endenergie Wärme $14.000/3,5 = \text{ca. } 4.000 \text{ kWh/a}$

Endenergie Strom 2 WE = ca. 4.500 kWh/a

Betrieb PICEA = ca. 1.500 kWh/a

Endenergie Summe ca. 10.000 kWh/a

Spez. Verbrauch $10.000/210 = \text{ca. } 48 \text{ kWh/m}^2\text{.a (-78\%)}$

Klimabelastung (Emissionen nach GEG)

$40.000 \times 0,00 + 5.000 \times 0,00 = \text{ca. } 0,00 \text{ kg CO}_2\text{/a (-100\%)}$

ERSTER HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK

ENERGIEERHALTUNGSSATZ

ENERGIE KANN NICHT VERNICHTET WERDEN.
ENERGIE KANN NICHT ERSCHAFFEN WERDEN.
ENERGIE KANN NUR VON EINER FORM
IN EINE ANDERE UMGEWANDELT WERDEN.



Ein hocheffizientes Gebäude in Hülle und Technik, Basis Sanierung mit Passivhauskomponenten (EnerPHit) kann energieautark und ganzjährig klimapositiv werden !

Zusatzkosten H2 >100.000.- Euro/Einheit je 1.000 kWh (H2-Speicher)

Wirtschaftlichkeit abhängig von den Kosten (Investition, Förderungen, Unterhalt)

Ganzheitliche Planung Hülle+Technik+Betrieb = Für Passivhausplaner Standard !

Weiter zur Wasserstofftechnik Bauherr, DI (Elektrotechnik) Andreas Schulz



Energieautarkie mit Wasserstoff – ein Modell für die Zukunft?

Andreas Schulz, Isny-Neutrauchburg



Das Haus vor dem Umbau (Dezember 2019)



Baujahr 1967 – Wohnfläche ca. 200 m² – 5 Personen – Öl Zentralheizung

Daten vor Umbau

(z.T. Schätzwerte)

Heizung:	38 000 kWh/a
<u>Warmwasser:</u>	<u>2 000 kWh/a</u>
Wärmebedarf:	40 000 kWh/a
<u>Haushaltsstrom:</u>	<u>5 000 kWh/a</u>
End-Energieverbrauch:	<u>45 000 kWh/a</u>

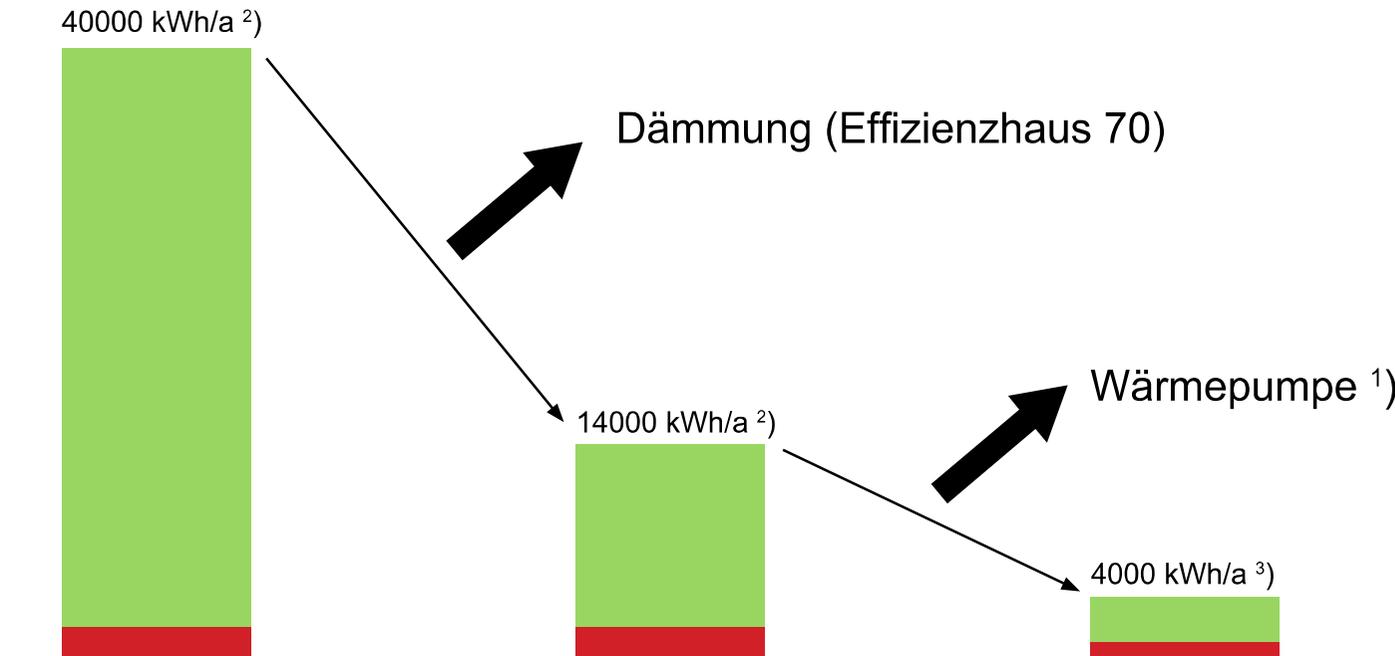
Ziele für Umbau

- Sanierung statt Neubau (Minimierung „graue“ Energie¹⁾)
- Ganzjährige Energieautonomie

¹⁾ Energie, die zum Bau benötigt wird

Reduzierung End-Energiebedarf um 90%

Vor Sanierung



¹⁾ Jahresarbeitszahl (JAZ) 3,5: Mit 1 kWh elektrischer Energie werden 3,5 kWh Wärme aus der Tiefe (122m) gewonnen

²⁾ Thermisch

³⁾ Elektrisch

Heizung

Gesamter End-Energiebedarf (100% el.) (Schätzwert)

10000 kWh/a



¹⁾ Annahme: Energiespargeräte verringern den Bedarf um 500 kWh/a

▶ Die Heizung mit Wärmepumpe führt zur Verdopplung des Bedarfs an elektrischer Energie

Haus nach Umbau (Februar 2022)



Daten Solaranlage

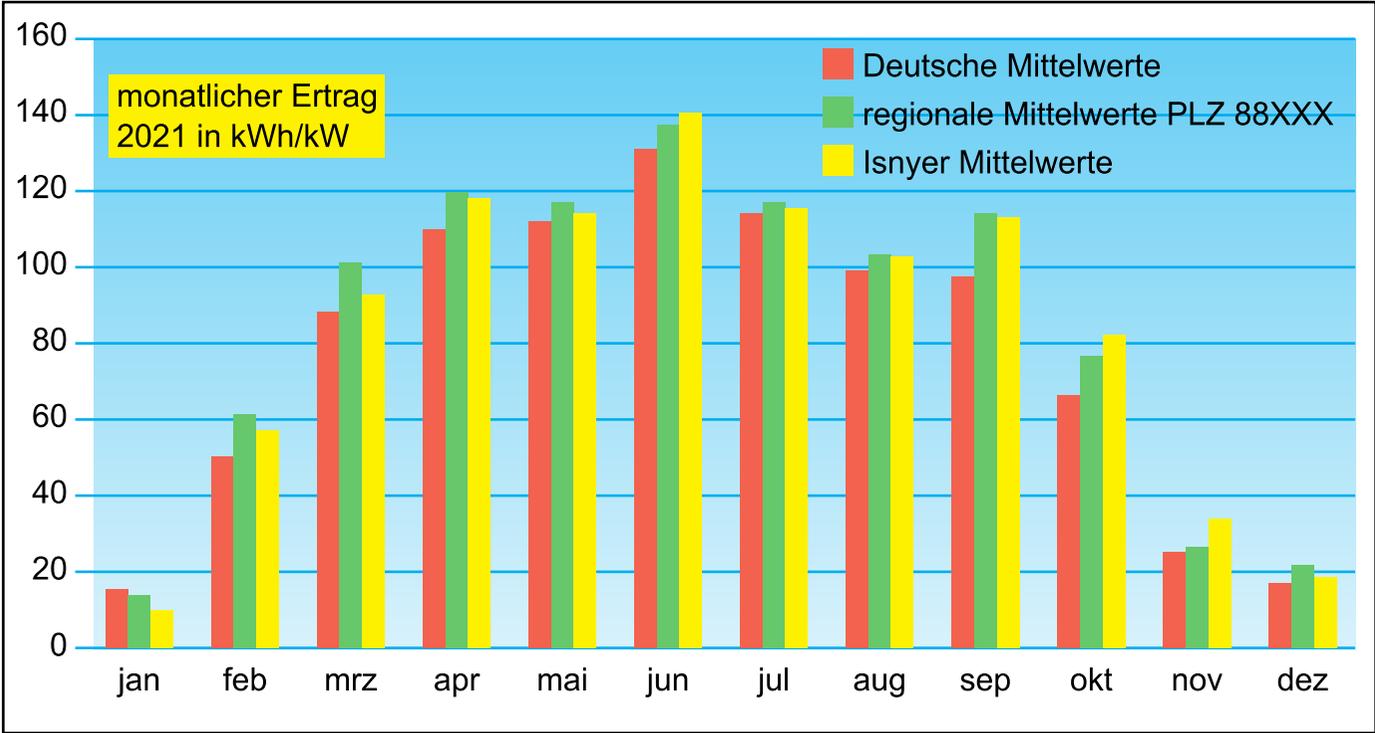
Peak-Leistung: 32 kWp

Erfahrungswert Isny (REFI): Mit 1 kWp können 1000 kWh elektrische Energie pro Jahr erzeugt werden

Gesamt-Energie-Erzeugung:	32 000 kWh/a
<u>Gesamt-Strombedarf Haus:</u>	<u>10 000 kWh/a</u>
Überschuss:	<u>22 000 kWh/a</u>

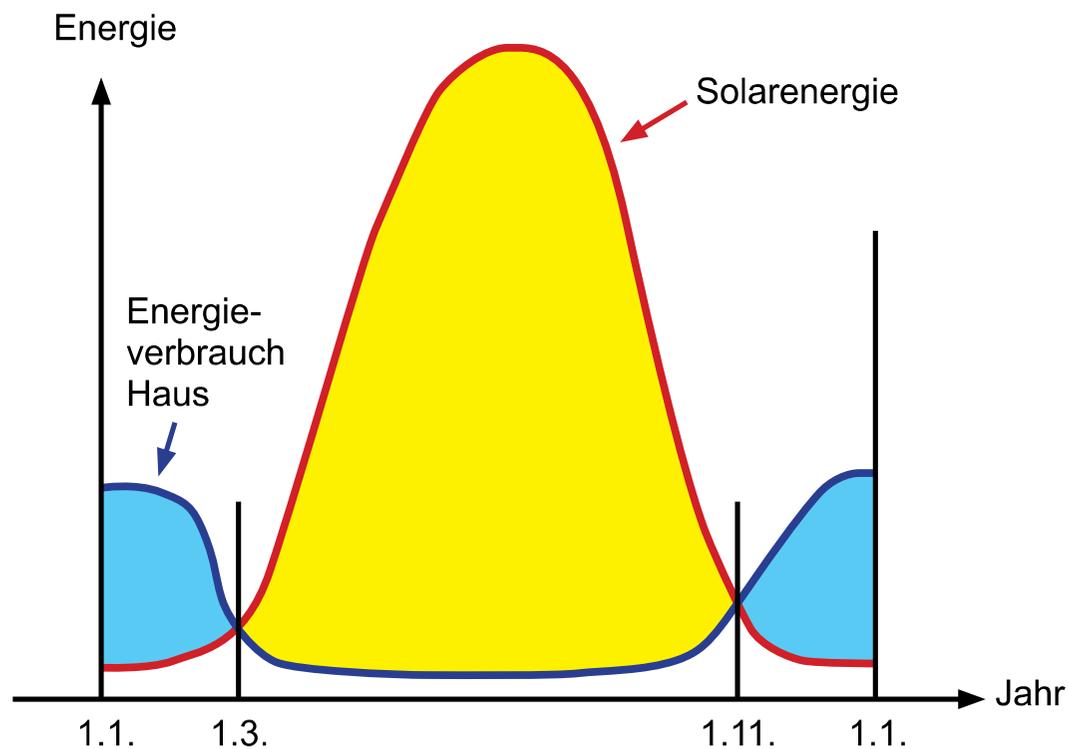
Monatliche Solarerträge in Isny 2021

(Quelle REFI)



Kritische Monate: November – Februar
(unter Umständen 3 Monate geschlossene Schneedecke)

Simulation (Prinzipdarstellung)



■ Energie-Überschuss im Sommer (März – Oktober): ca. 24 000 kWh

■ Fehlende Energie im Winter (November – Februar): ca. **2 000 kWh**

► Solaranlage auf Winter-Ertrag optimieren

Energie-Lücke Winter: Alternativen

- Kleinwindkraft-Anlage (in Neutrauchburg zu wenig Wind)
- Netzstrom (kommt im Winter nicht aus dem Allgäu)
- Warmwasserspeicher (für thermisch ca. 5.000 kWh sind 50 000 l erforderlich)
- Batterie
- Wasserstoff-Speicher

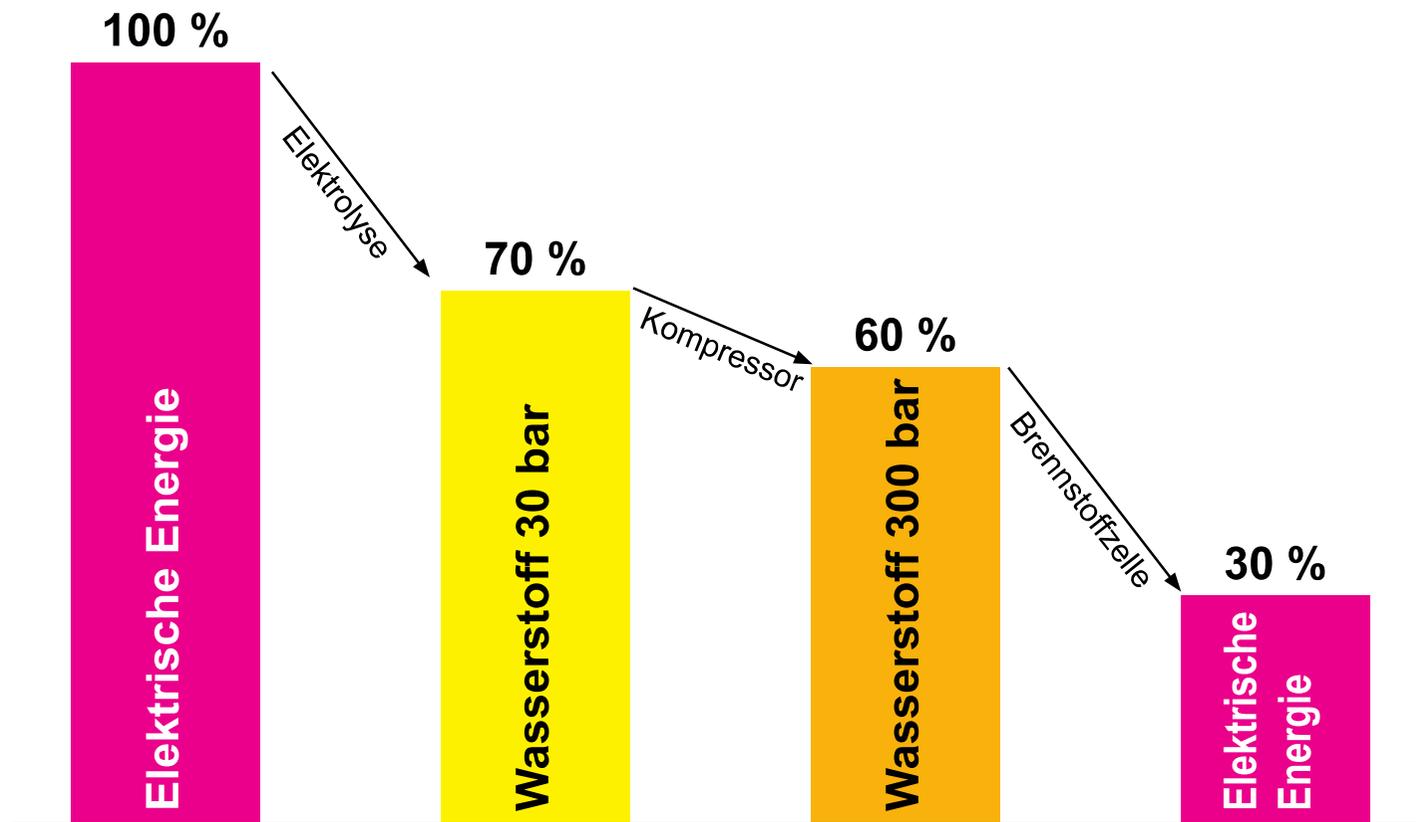


Vergleich: Batterie – Wasserstoff

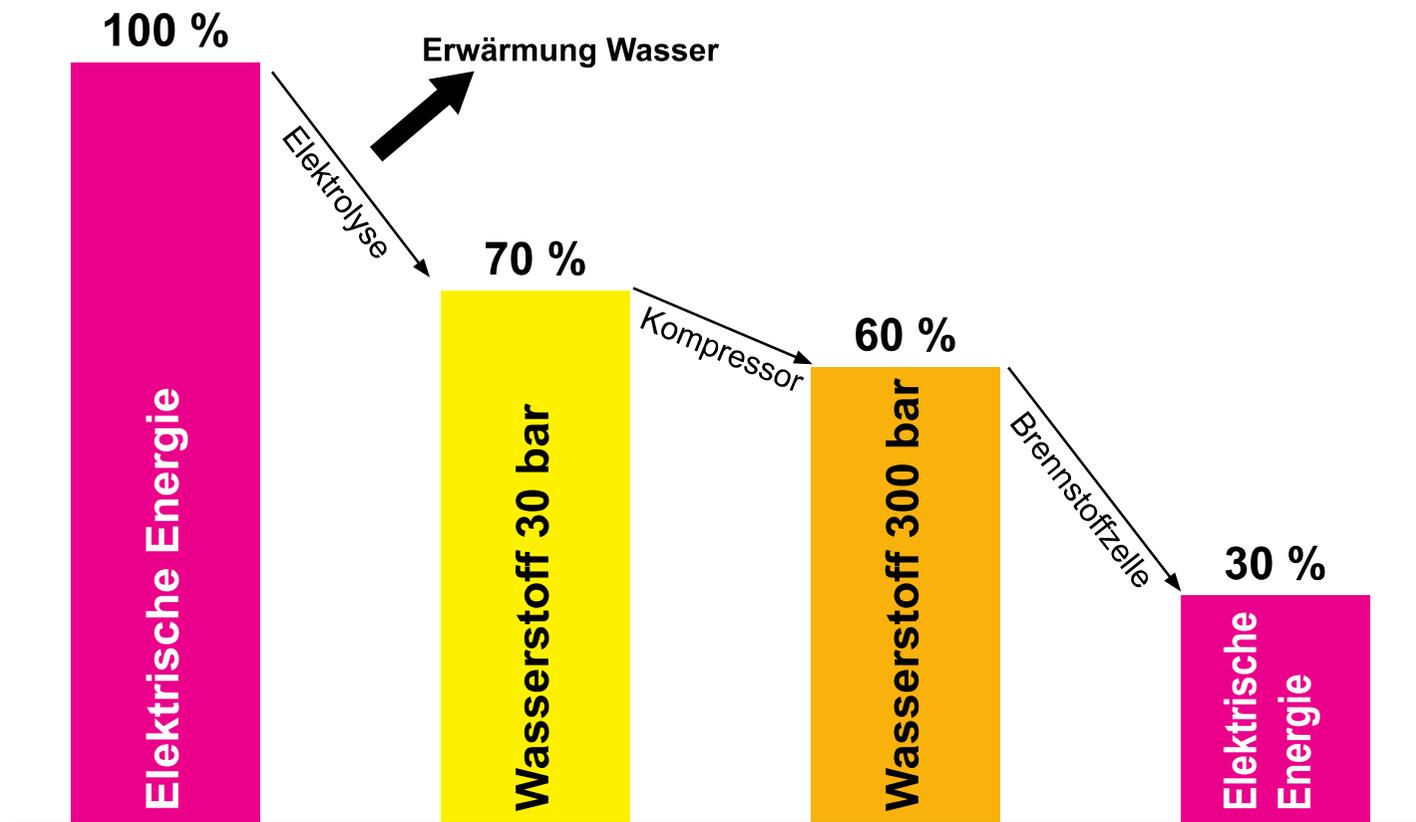
(Quellen: www.homepowersolution.de, www.voltstorage.com)

	Raumbedarf für 2000 kWh	Wirkungsgrad ohne Abwärmenutzung	Wirkungsgrad mit Abwärmenutzung
Batterie Blei-Gel	90 m ³	ca. 90 %	–
Batterie Redox-Flow	270 m ³	ca. 70 %	–
Wasserstoff	16 m ³	ca. 30 %	ca. 90 %

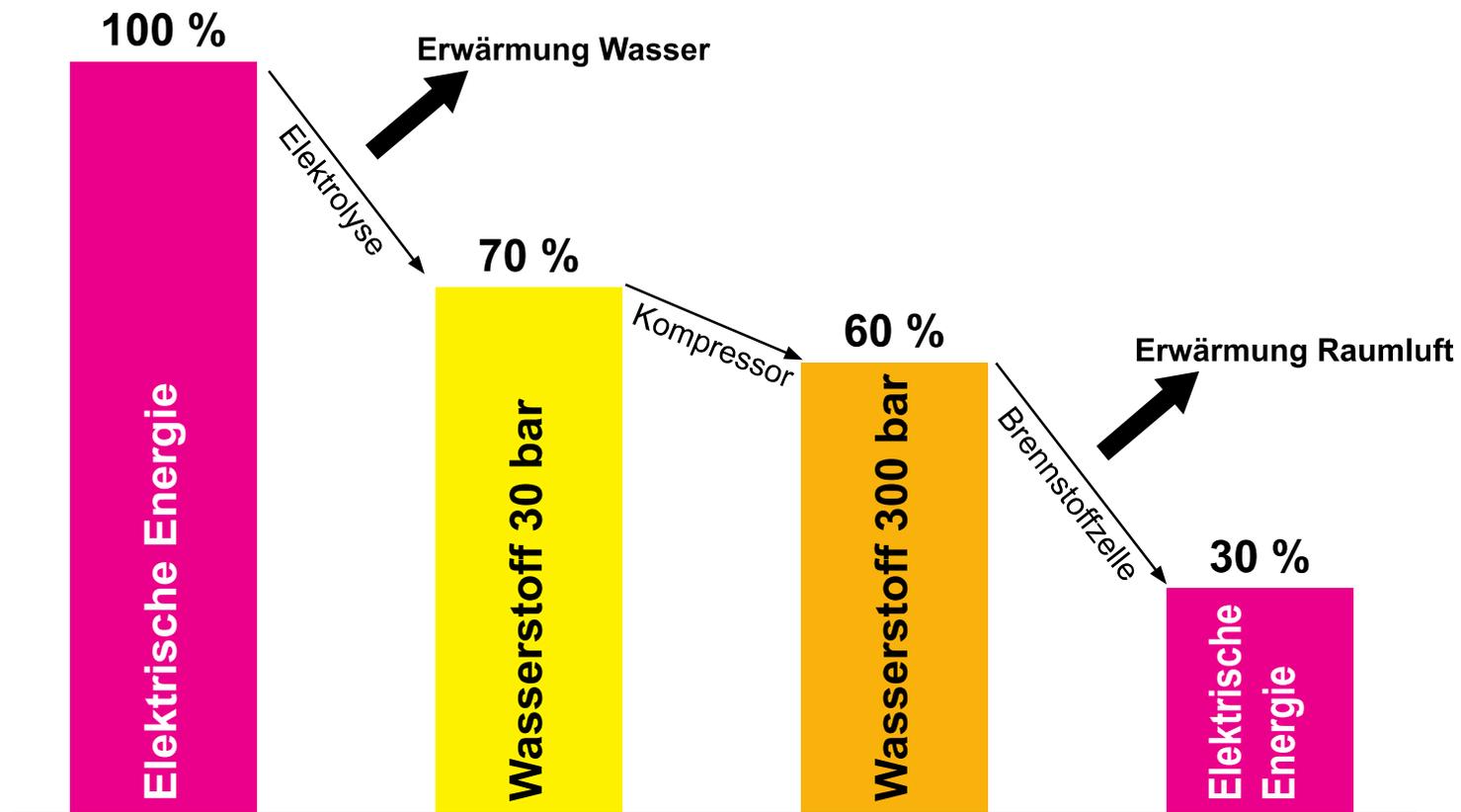
Wirkungsgrad Wasserstoff



Wirkungsgrad Wasserstoff



Wirkungsgrad Wasserstoff



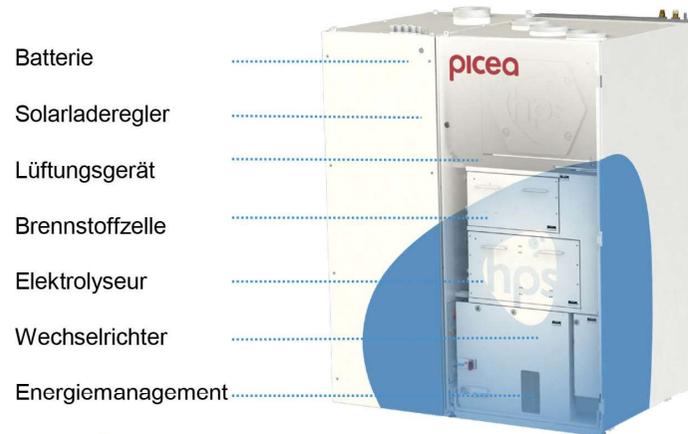
Picea-Anlage



ZWEI HAUPTKOMPONENTEN SORGEN FÜR VIEL LEISTUNG AUF GERINGER STELLFLÄCHE

Energiezentrale und Wasserstoff-Langzeitspeicher (erweiterbar)

Energiezentrale



- Höhe: 1,85 m, erforderlich 2,10 m
- Breite: 1,50 m
- Tiefe: 1,00 m
- Gewicht: ca. 2,2 t

Wasserstoff-Langzeitspeicher

Wasserstoffspeicher XL
(300 kWh)

Integrierter Verdichter



Optionale Erweiterungen

- Wasserstoff-Speicher XL: ● H x B x T: 2,00 x 1,00 x 1,00 m
● Gewicht: ca. 1,8 t

- Für die gesamte Energieversorgung des Hauses sind 2 Picea-Anlagen erforderlich

Speicher Dimensionierung

Wasserstoff: **1.800** kWh (max. möglich: 3000 kWh)

2.400 kWh Option 2023/24 (100% Autarkie)

Batterie: **50** kWh

WW-Speicher: **900** Liter (60°C)



Funktionsprinzip Picea (Rechner gesteuert)

Sommer

1. Direktverbrauch Solarstrom
2. Ladung Batterie
3. Erzeugung Wasserstoff aus Wasser (Elektrolyse) 30 bar
Wasserstoff wird bei 300 bar im Freien gespeichert
4. Abwärme der Elektrolyse = Wärme für den Brauchwasserspeicher
5. Überschussstrom Einspeisung ins öffentliche Netz

Winter

1. Direktverbrauch Solarstrom
2. Entladung Batterie
3. Rückspeisung Wasserstoff (Reduktion 300 auf 30 bar)
Umwandlung Wasserstoff in elektrischen Strom (Brennstoffzelle)
4. Kühlung der Brennstoffzelle = Abwärme für die Komfort-Lüftung
5. Strombezug aus dem öffentlichen Netz (2021/22 ca. 5%)

Kosten Wasserstoffanlage

(ohne Fotovoltaik, ohne Planungskosten, Preisstand 2020, gerundete Werte)

1 Picea-Anlage mit 300 kWh-Speicher	64 000 €
2 zusätzliche 300 kWh-Speicher	20 500 €
Installation und Fundament	2 000 €
1 Anlage	86 500 €

Förderung Brennstoffzelle KfW	-12 500 €
1 Anlage	74 000 €
2 Anlagen (inkl. Rabatt)	143 000 €

Ohne zusätzliche Investitionen in PV (Dach+Fassade)

Wartungsvertrag 10 Jahre inkl. Erneuerung Batterie und Brennstoffzelle nach ca. 5 Jahren: 500 € pro Jahr und Picea-Anlage

- ▶ Wirtschaftlichkeit ist erst bei deutlich höheren Energiepreisen erreichbar
Geschätzte Grenzkosten ab 1,00 Euro/KWh Strom

Ergebnisse

(Stand 3/22)

- ▶ Energieautonomie wurde 2020/21 zu 95% erreicht, 100% sind möglich (Optimierungen, Option Nachrüstung Speicher)
- ▶ Keine laufenden Kosten für Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom
- ▶ Neuartiger, spezieller Mietvertrag erforderlich
Flatrate 200.- Euro Nebenkosten Haus+Energie+E-Auto (8 Monate)
- ▶ Im Sommer reicht der Überschuss-Strom für ein E-Auto mit durchschnittlicher Fahrleistung



Klimaneutrales Bauen und Sanieren

Lessons learned – Erfahrungen und Ausblick

1. **Neue Konzepte erfordern Pioniere und Idealisten**, die den Mut und die Überzeugung aufbringen, Dinge zu tun, die sich betriebswirtschaftlich noch nicht und unter Umständen nie rechnen werden. Die Wasserstofftechnik könnte sich vergleichbar entwickeln wie die Fotovoltaik von Beginn dieses Jahrtausends. Voraussetzung: Effiziente Gebäude, mehr Wettbewerb und bessere Förderungen
1. Der **Energieerhaltungssatz** geht davon aus, daß **nicht direkt genutzte Energie, nicht verloren geht** ! Bei der Wasserstofftechnik entstehen jeweils hohe Verluste in der Umwandlung der Energieformen (Sonne-Strom-Wasserstoff-Strom-Wärme). Im Gebäude können diese Verluste optimal zur Wärme (Brauchwasser oder Zuluft) genutzt und damit die Verluste minimiert werden. Im Gegensatz zum Verkehr, können diese **Verluste in Gebäuden sehr gut genutzt** und hohe Wirkungsgrade erreicht werden.
2. Ein **wesentlicher Teil der Lösung** und des Erfolgs war, dass das Gebäude mit **Passivhaus-Technologien** (Dämmung, Fenster, Wärmebrücken, Luftdichtheit, Komfortlüftung) auf den bestmöglichen Standard optimiert und damit **>75% des Verbrauchs eingespart** wurde. Ein weiterer wesentlicher Teil, war die **optimale Nutzung der geringen Strommenge** der Brennstoffzellen, **über die sehr gute Leistungszahl der Wärmepumpe**.

Ein Passivhaus zu bauen, nahezu autark zu versorgen = Für Idealisten empfehlenswert !

Die Entwicklung steht noch am Anfang !

Hinweis: Der Planungs- und Koordinierungsaufwand ist enorm – Nichts für Handwerker + Heimwerker !