

Solarhaus Häni - Ruf Altnau



Florian Brune und Peter Dransfeld

Schlussbericht
2005

Auftraggeber:

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden
Bundesamt für Energie

Auftragnehmer:

Peter Dransfeld
dipl. Architekt Eth/Sia
Poststr. 9a
CH-8272 Ermatingen

Autoren:

Florian Brune und Peter Dransfeld

2005

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes «Rationelle Energienutzung in Gebäuden» des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Inhalt

Inhalt	02
Zusammenfassung	04
Pläne	07
Projekt: Bau und Konstruktion	10
Projekt: Energie und Haustechnik	12
Messprojekt	14
Ergebnisse: Beispiele Winter	16
Ergebnisse: Beispiele Sommer	18
Ergebnisse: Energieverbrauch	19
Ergebnisse: Komfort	20
Schlussfolgerungen	22
Messergebnisse	23
Publikationen	35
Beteiligte	36



Bild 1, Ansicht Süd-Ostfassade



Bild 2, Ansicht Detail Eingang

Zusammenfassung

Mit dem Solarhaus Hänni-Ruf in Altnau konnte ein Einfamilienhaus realisiert werden, das trotz ungünstiger Randbedingungen, was Ausrichtung und Lage betrifft, einen sehr niedrigen Jahresenergieverbrauch aufweist, der zu 100 % über erneuerbare Energien (Holz und Sonne) gedeckt wird. Mit einem Holzverbrauch von 7-8 Ster konnten zwar keine Rekordwerte, aber ein doch recht geringer Verbrauch erzielt werden, der, je nach Betrachtungsweise, auch Minergie- und Passivhausstandard erreicht oder unterschreitet. Die erprobten flach auf dem Dach liegenden Vakuumröhrenkollektoren haben sich bewährt und stellen eine gute Alternative zu aufgeständerten Flachkollektoren dar. Rundum konnten so die hohen Ansprüche an die Gestaltung des Gebäudes, sowie die hohen Ansprüche an Komfort und Energieverbrauch realisiert werden.



Bild 3, Detail Attikageschoss



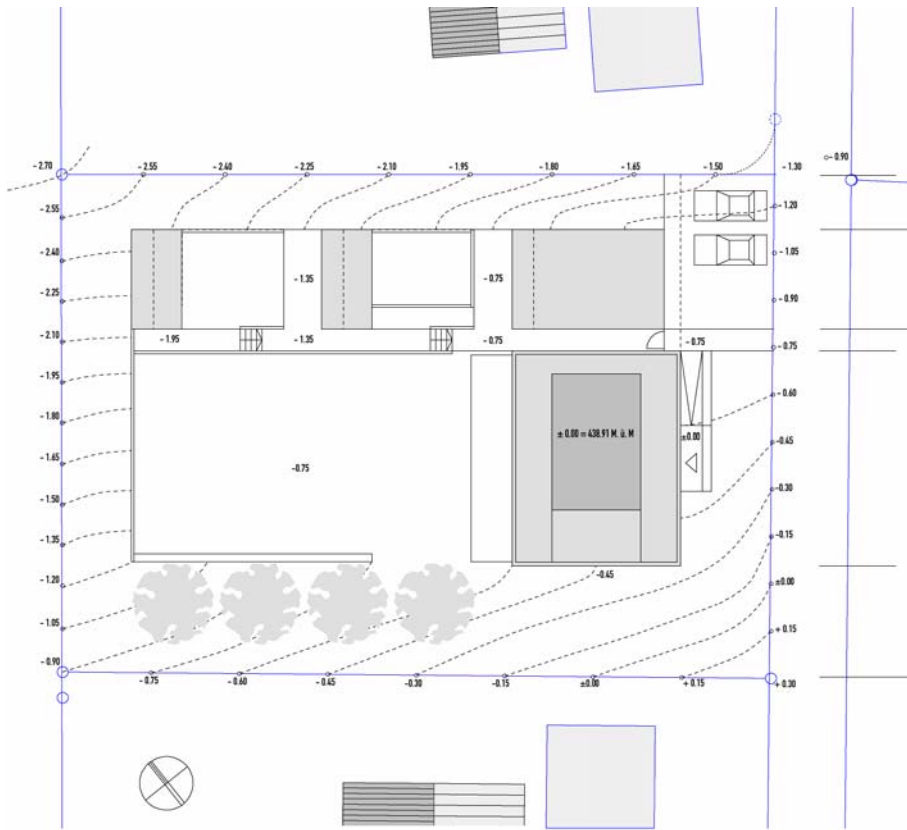
Bild 4, Detail Foyer



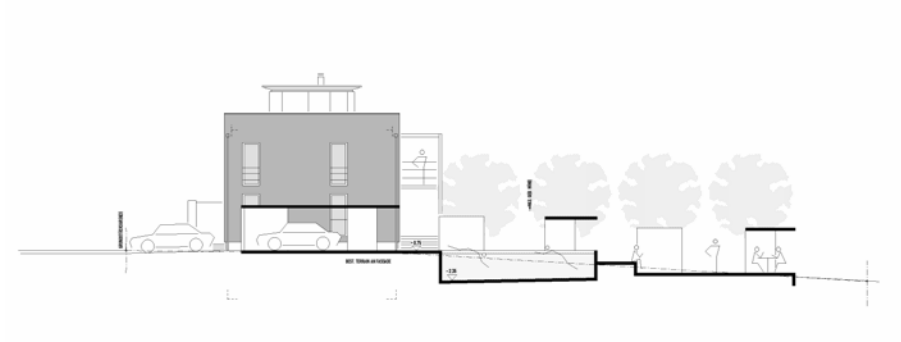
Bild 5, Detail Foyerofen



Bild 6, Detail Treppe



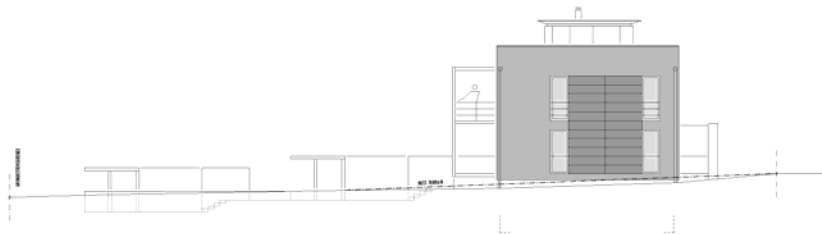
Lageplan



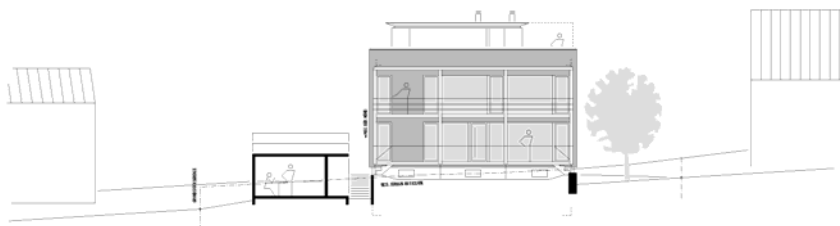
Ansicht Nord



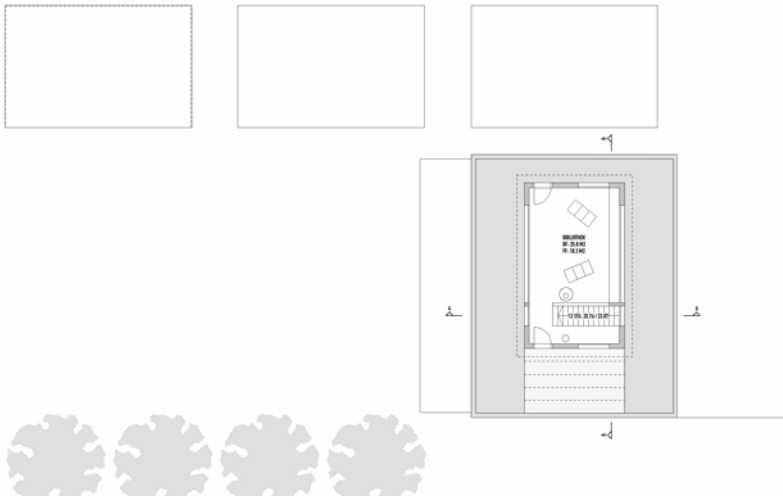
Ansicht Ost



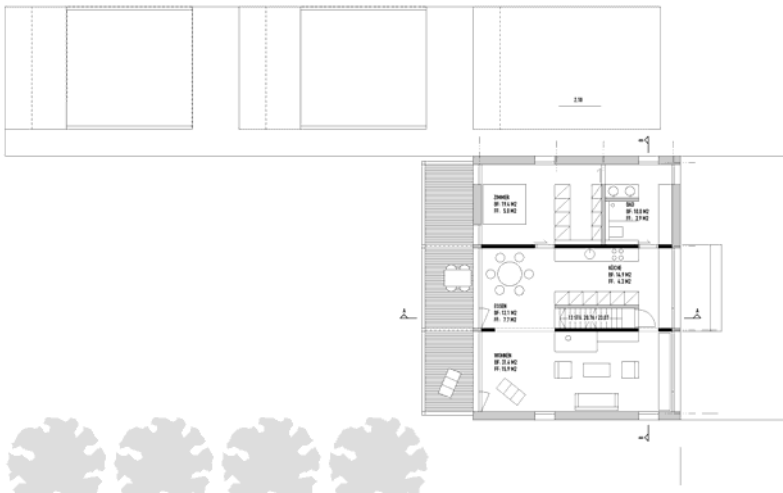
Ansicht Süd



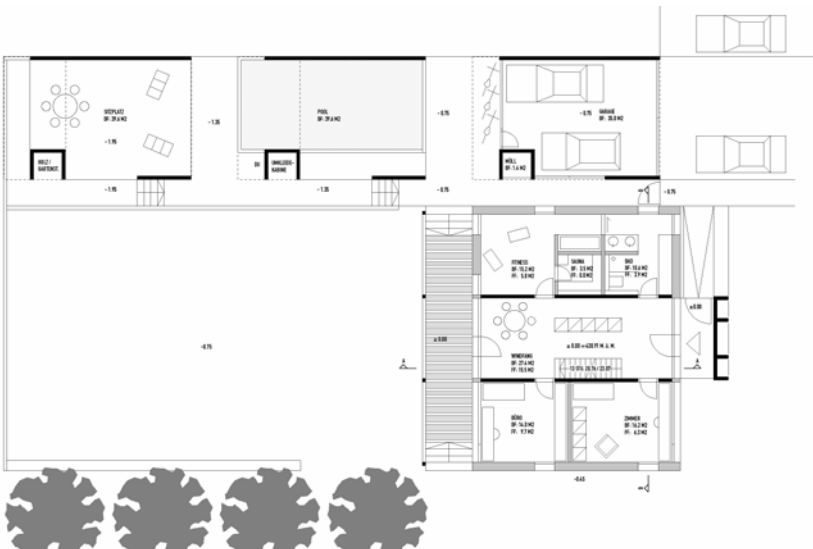
Ansicht West



Dachgeschoss



Obergeschoss



Erdgeschoss

Projekt: Bau und Konstruktion

In ruhiger Ortsrandlage in einem Neubaugebiet in Altnau sollte ein Einfamilienhaus entstehen, welches der Bauherrschaft komfortablen und exklusiven Wohn- und Arbeitsraum bietet. Zudem sollte das Gebäude lang-
lebig, nutzungsgerecht und architektonisch konsequent durchgestaltet sein und ein wegweisendes Energie-
konzept besitzen.

Die Position auf dem nach Norden hin abfallenden Grundstück ergab sich aus ortsbaulichen Überlegungen, die eine parallele Anordnung des Gebäudes zur Strasse bedingten. Das Gebäude schliesst so das Grund-
stück zur Strasse hin ab. Nach Westen hin öffnet sich der Garten zu den angrenzenden Obstwiesen hin.

Das Gebäude ist zweistöckig mit Kellergeschoss. Auf dem Dach des Hauptgebäudes befindet sich ein Atti-
kageschoss als Pufferraum, dieser kann temporär beheizt werden und bietet so den Bewohnern, vor allem in
den Übergangsjahreszeiten, eine attraktive Wohnraumerweiterung, die auf Grund ihrer Ausbildung, Lage und
Materialisierung einen Rückzugsbereich mit ganz eigenem Charakter darstellt. Vom begehbaren Flachdach
rund um das Attikageschoss kann man die grossartige Aussicht auf den Bodensee geniessen.

Die Kellerräume wurden massiv ausgeführt. Im Innern des Gebäudes befinden sich zwei massive Sichtbe-
tonwandscheiben, die bis in den Keller hinunterreichen. Unter dem mittleren Teil des Kellers wurde deshalb
gegen den Boden hin zusätzlich abgedämmt. Die temperierten Kellerräume sind sowohl nach aussen hin,
wie zu den unbeheizten Kellerräumen hin gedämmt.

Die Aussenwände des Gebäudes wurden in Holzelementbauweise (Dämmstärke 24 cm Zellulose) errichtet,
die sich um den Betonkern legen. Alle Decken, bis auf die im beheizten Mittelteil, wurden ebenfalls in Holz-
elementbauweise errichtet und bieten so die Möglichkeit in der Konstruktionsebene zu dämmen und so Wär-
mebrücken konsequent zu vermeiden. Die Decke zwischen Obergeschoss und Attikageschoss wurde eben-
falls ausgedämmt.

Das Gebäude wurde mit anthrazitfarbenen grossformatigen Faserzementplatten ummantelt. Die Fenster
wurden als Holz- bzw. Holzmetallfenster ausgeführt. Die Fensterrahmen bestehen zwar aus bewährten Pro-
dukten, bilden aber dennoch, dank konsequenter Detaillösung, kaum Wärmebrücken, während für die Ver-
glasung nahezu der beste auf dem Markt erhältliche Wärmeschutz gewählt wurde (U-Wert 0.5 W/(m²·K)). Ein
individuell auf die Bewohner zugeschnittener Innenausbau rundet das Gebäude ab.

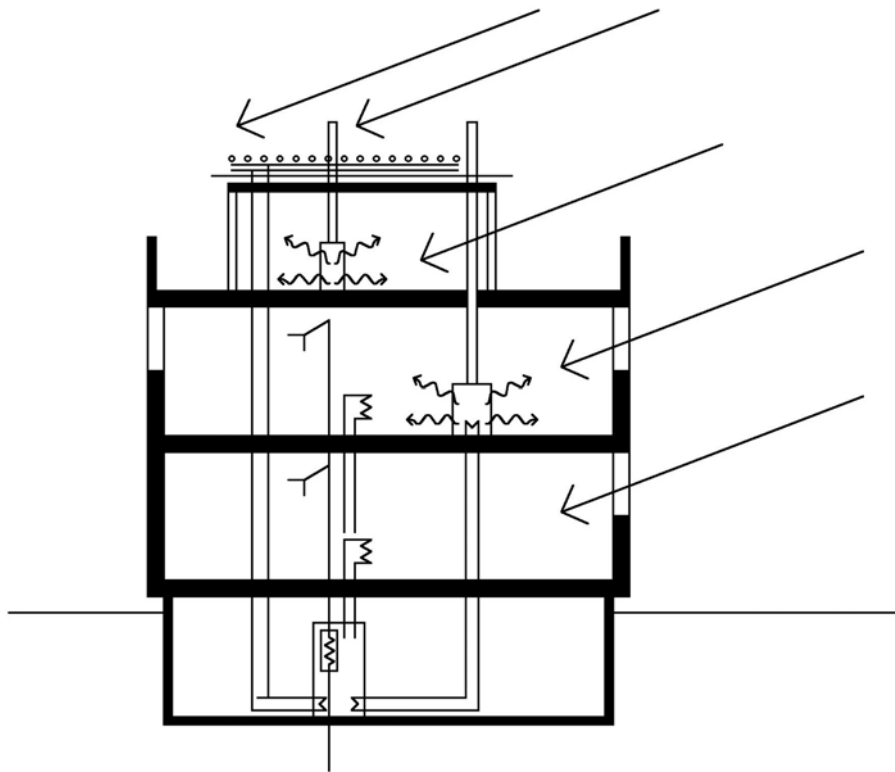


Fig. 1 Schema Haustechnik

Projekt: Energie und Haustechnik

Das Energiekonzept des Gebäudes folgt dem Grundprinzip von konsequenter Minimierung von Wärmeverlusten bei gleichzeitigem Erzielen von solaren Gewinnen über Fenster (kleiner Anteil) und über Vakuumröhren auf dem Dach.

Aufgrund der Ausrichtung des Gebäudes auf dem Grundstück (Abweichung zur Nord-Südrichtung von 45°) und der ungünstigen Nordhanglage war nicht mit hohen Direktgewinnen zu rechnen, so dass das Hauptaugenmerk auf eine kostengünstige und effiziente aktive Solarenergienutzung gelegt wurde, die zudem auch dem hohen gestalterischen Anspruch des Objektes gerecht werden musste.

Die Minimierung der Wärmeverluste wird über eine kompakte, sehr gut gedämmte, weitgehend wärmebrückenfreie und luftdichte Gebäudehülle erreicht (U-Werte Dach, Wand, Boden $0.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, Verglasung $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Der Dämmperimeter wurde konsequent um alle beheizten Räume inkl. des Speicherraumes im Keller gelegt. Das Attikageschoss wurde bewusst aus dem Dämmperimeter herausgenommen, um ein kompakteres Volumen zu erzielen. Es wird in den Wintermonaten nur stundenweise im Bedarfsfall über einen kleinen Holzofen beheizt.

Im Wissen, dass regelmässiges Stosslüften nötig ist, hat die Bauherrschaft bewusst auf eine Mechanische Lüftung verzichtet, da die Belegung des Gebäudes im Verhältnis zum grossen, offenen Volumen nicht sehr hoch ist. Zudem konnten bei Vorgängerbauten mit diesem Prinzip optimale Ergebnisse erzielt werden. Die Frischluftzufuhr basiert also ausschliesslich auf Fensterlüftung.

Da aus gestalterischen und baurechtlichen Gründen ein Aufständern von Flachkollektoren auf dem Flachdach nicht möglich war, kommen liegend auf dem Flachdach angeordnete Vakuumröhrenkollektoren zum Einsatz, die zu jeder Jahreszeit hohe Erträge liefern. Die Kollektoren haben sich bewährt und bieten so eine kostenneutrale Lösung zu aufgeständerten Flachkollektoren, die das optische Bild des Gebäudes nachhaltig verändert hätten.

Der Restwärmebedarf wird über einen handbeschickten Holzofen im Wohnbereich gedeckt, der im Bedarfsfall gefeuert werden kann und so sowohl direkt den Wohnraum, als auch den Speicher erwärmen kann. Das bietet den Vorteil nicht automatisch, sondern nach echtem Bedarf zu heizen, was Überkapazitäten, z.B. bei Ferienabwesenheit, von vornherein ausschliesst. Zudem bietet er als Stubenofen konzipiert, ein besonders angenehmes Strahlungsklima im Wohnungsmittelpunkt. Der Stubenofen wurde während des Winterhalbjahres ca. alle zwei Tage befeuert.

Die erzeugte Wärme aus Kollektoren und Holzofen wird in zwei im Keller platzierte 1'500 L Kombispeicher eingespeichert und dort im Bedarfsfall für Brauchwasser und Heizwärme abgerufen.

Die Wärmeverteilung erfolgt über eine Fussbodenheizung in allen beheizten Räumen, die Geschossweise über Fussbodenverteilerkästen regelbar ist. Auf eine raumtemperaturabhängige Steuerung wurde aufgrund des grossen zusammenhängenden Volumens verzichtet.

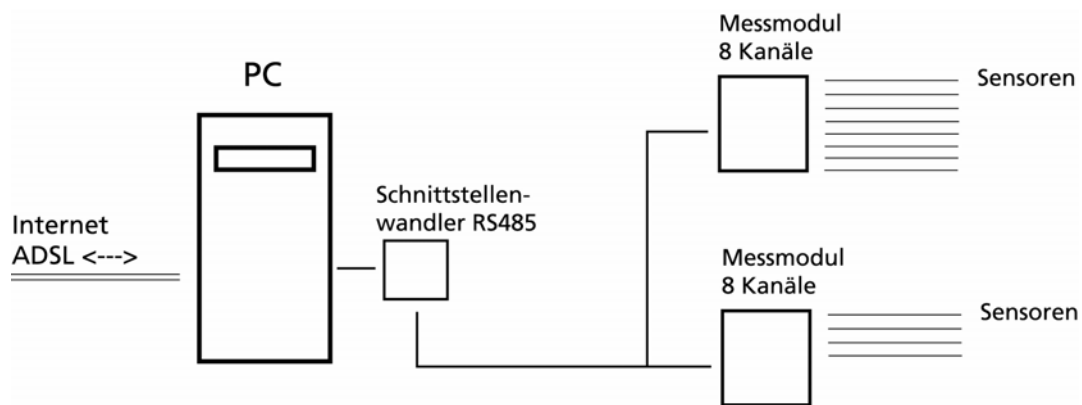


Fig. 2 Schema Messprojekt



Bild 7 Detail Messanlage

Messprojekt

Die einjährige Messung sollten Aufschluss geben über das thermische Verhalten des Hauses als Ganzes und seines Energiekonzeptes.

Zu diesem Zweck wurden gemessen:

- Raumtemperatur Attikageschoss 2. OG
- Raumtemperatur Wohnen 1. OG
- Raumtemperatur Büro EG
- Feuchtigkeit Wohnen 1. OG
- Speicher oben
- Speicher mitte
- Speicher unten
- Ofenrohr
- Messung elektrische Zusatzheizung (On - Off)
- Aussentemperatur Nord
- Globalstrahlung

Die Messungen wurden periodisch alle 5 Minuten durchgeführt. Ein zentral installierter Rechner speicherte die Daten und stellte sie dem Bauherrn Online zur Verfügung. Die Daten wurden täglich abgefragt und in Diagrammen aufbereitet. Nennenswerte Ausfälle des Systems waren nicht zu verbuchen.

Der Holzverbrauch wurde durch den Bauherrn notiert.

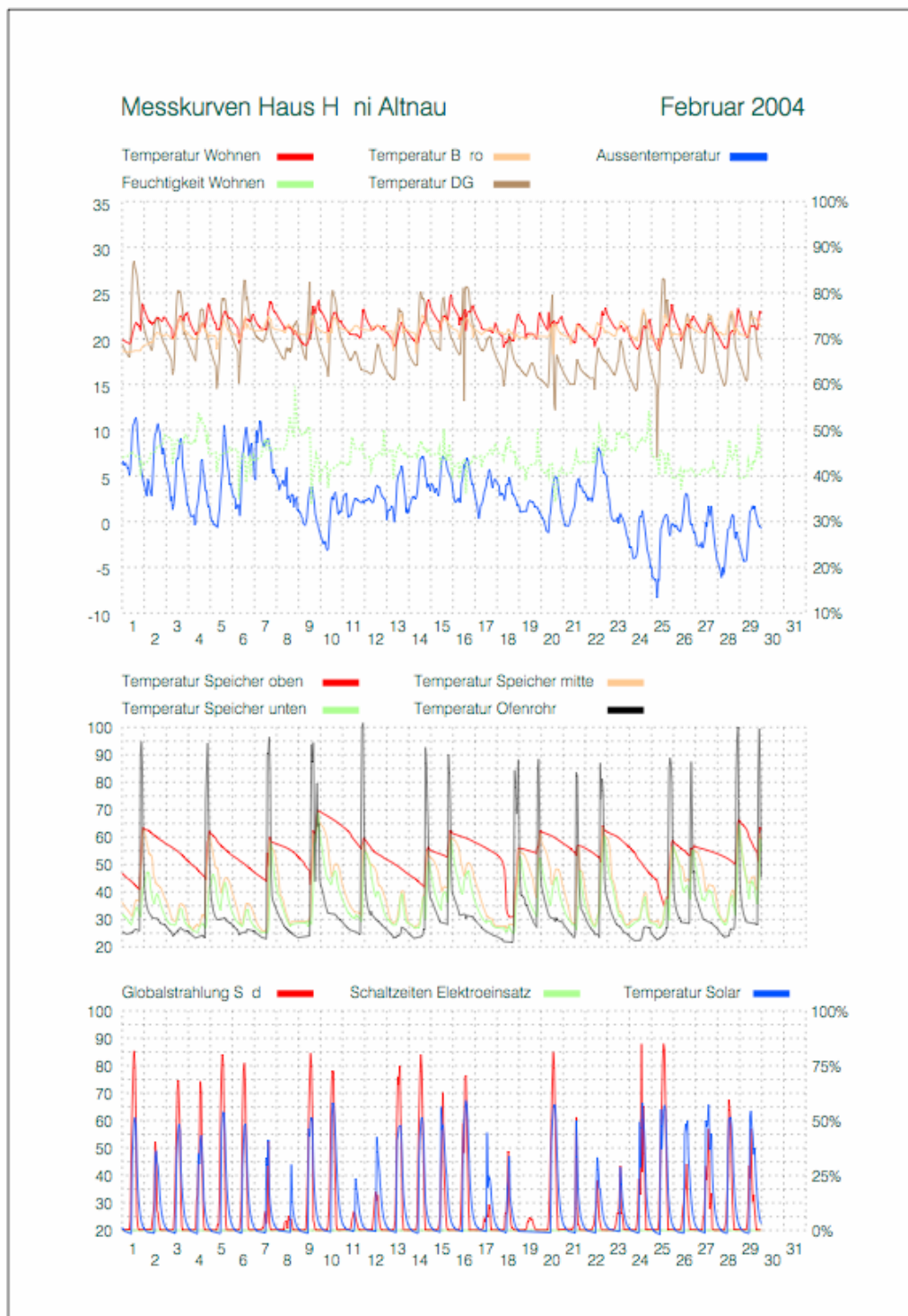


Fig. 3 Ergebnisse Beispielmonat Februar 2004

Ergebnisse: Beispiele Winter

Die am Beispielmonat Februar dargestellte, ziemlich sonnige Winterperiode zeigt die optimale Funktion der solaren Komponenten, sowie das Aufladen des Speichers unter idealen Bedingungen.

Raumluft

Die Raumluft im Wohnbereich, also Wohnen OG und Büro EG, liegt immer zwischen 18 und 25 °C. Im Bereich von wenigen Grad wird hier eine Abhängigkeit von der einfallenden Sonnenstrahlung bemerkbar. Wesentlich deutlicher wird dies bei dem ungeheizten und nur temporär genutzten Attikageschos (Temperatur DG), dessen Temperaturkurven stark schwanken und direkt mit der Sonneneinstrahlung zusammenhängen. Dies wurde hier aber bewusst in Kauf genommen, so dass Temperaturen von durchschnittlich 15 bis 27 °C hier tolerierbar sind. Die Feuchtigkeit im Wohnbereich liegt, bis auf wenige Ausreisser, immer zwischen 40 bis 50 %.

Wasserspeicher

Da durch die Fussbodenheizung dem Speicher kontinuierlich Wärme entzogen wird, ist eine Inbetriebnahme des Ofens alle zwei bis drei Tage nötig. Alle drei Speichertemperaturen sind dann soweit gefallen, dass der Ofen befeuert werden muss. Der gesamte Speicher wird bei diesem Vorgang auf ca. 60 - 70 °C erwärmt. In den folgenden Tagen fällt die Speichertemperatur wieder ab. Deutlich wird hierbei der Einfluss der Sonnenstrahlung auf die mittlere und untere Speichertemperatur. Diese beiden steigen bei Sonneneinstrahlung um ca. 5 bis 10 K an. Die obere Speichertemperatur fällt linear ab.

Klima und Ofen

Bei Temperaturen durchschnittlich um den Gefrierpunkt und sonnigem Wetter wurde der Ofen im Februar 15 mal befeuert.

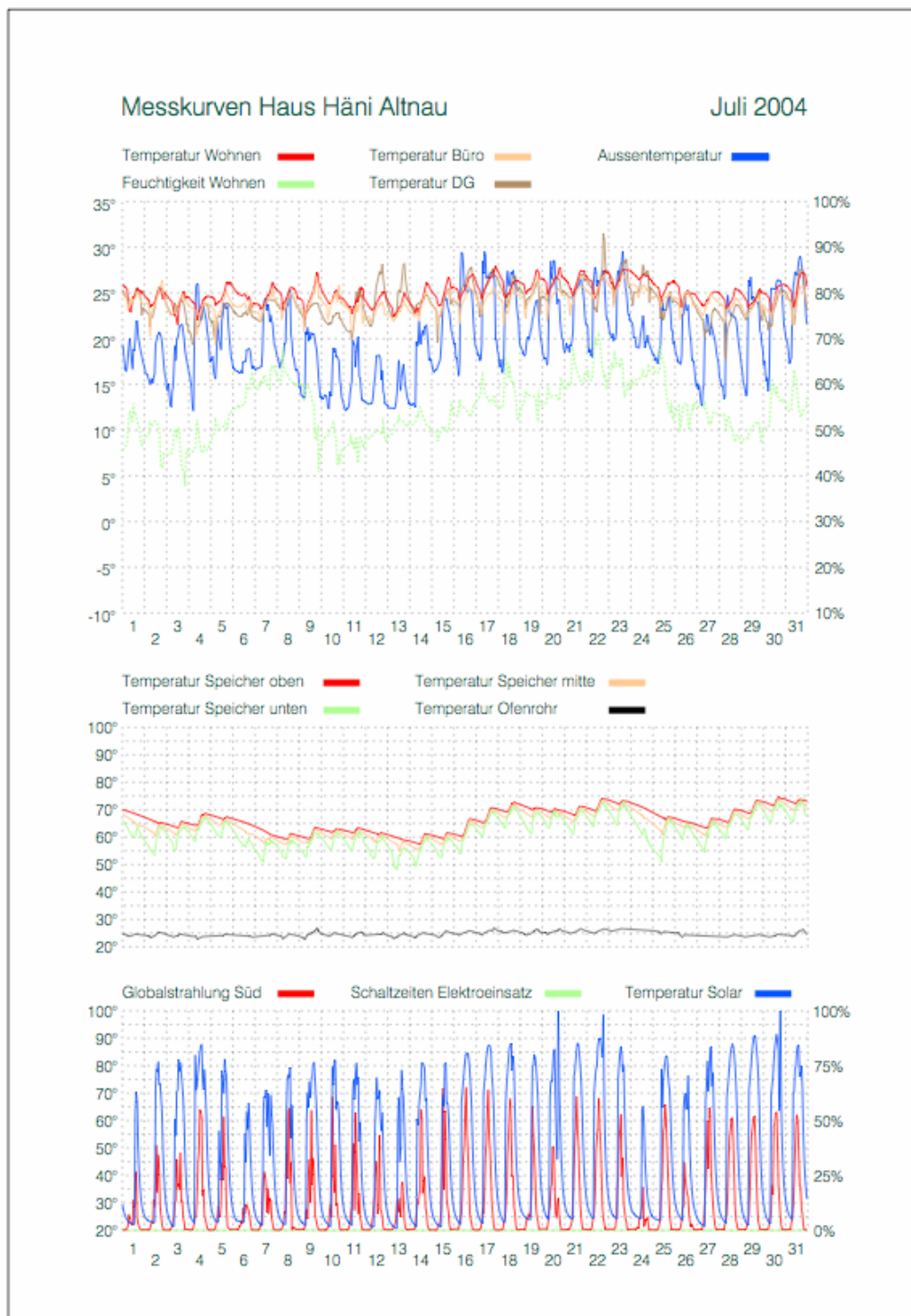


Fig. 4 Ergebnisse Beispielmonat Juli 2004

Ergebnisse: Beispiele Sommer

Die am Beispielmonat Juli dargestellte hochsommerliche Periode zeigt das optimale Funktionieren der Verschattung des Dachgeschosses.

Raumluft

Die Raumluft im Wohnbereich, also Wohnen OG und Büro EG, liegt immer zwischen 20 und 27 °C. Dank täglichem Lüften und Nachtauskühlung kann so ein hervorragender Komfort erzielt werden. Auch im Attikageschoss bewegen sich die Temperaturwerte, dank konsequenter Verschattung, sowie Lüften und Nachtauskühlung zwischen 20 bis 27 °C. Die Feuchtigkeit im Wohnbereich liegt immer zwischen 40 bis 70 %.

Wasserspeicher

Während des Sommers kann nur eine geringfügige Schichtung im Speicher beobachtet werden. Die obere und mittlere Temperatur schwanken hier zwischen 60 bis 75 °C. Die untere Temperatur schwankt, aufgrund der Energieentnahme zur Erwärmung des Pools, um ca. 10 K mehr. Ein Sieden des Wassers konnte nicht beobachtet werden.

Klima und Ofen

Der Ofen bleibt im Sommer selbstverständlich ausser Betrieb. Im März wurde der Ofen sieben Mal, im April und Mai jeweils zwei Mal befeuert. Die Aussentemperaturen schwankten im Juli zwischen 15 bis 30 °C.

Ergebnisse: Energieverbrauch

In der einjährigen Messperiode ist der Ofen an insgesamt rund 100 Tagen befeuert worden. Insgesamt wurden ca. 7-8 Ster Holz verfeuert, was bezogen auf die Energiebezugsfläche von 245 m² folgenden tiefen Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser ergibt.

Energiekennzahl Heizung und Warmwasser

$$E = 63 \text{ kWh/m}^2\text{a} \text{ oder } E = 227 \text{ MJ/m}^2\text{a}$$

Seit Abschluss der Messperiode ist das Haus bis zur Erstellung dieses Berichtes während eines weiteren Winters bewohnt und beobachtet worden. Auch im zweiten Winter kam die elektrische Nachheizung nur vereinzelt zum Einsatz und der Holzverbrauch lag so tief wie im ersten Winter (7 Ster).

Ergebnisse: Komfort

Komfort Sommer

Es hat weder im Hochsommer noch im Spätsommer – bei flacher Sonnenstrahlung – ernsthafte Überhitzungen gegeben. Selten stieg die Raumtemperatur über 25 °C, nur ganz kurz erreichte sie 27 °C. Bedingungen für dieses erfreuliche Ergebnis, das auch subjektiv von der Bauherrschaft bestätigt wurde, waren konsequente Beschattung, besonders des Attikageschosses, sowie regelmässiges Nachtlüften, was beides ohne Schwierigkeiten erfolgte.

Komfort Winter

Auch der winterliche Komfort war ausgezeichnet, dies bei 18 °C bis 23 °C in den Arbeitszimmern im Erdgeschoss und bei 18 °C bis 25 °C im bewohnten Obergeschoss. Das Attikageschoss wurde im Winter nur temporär genutzt und im Bedarfsfall über den kleinen Holzofen auf komfortable Temperaturen aufgeheizt. Die Temperatur sonst lag dort zwischen 15 °C und 25 °C, abhängig von der Sonneneinstrahlung.

Jahresenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser (kWh/m²a)

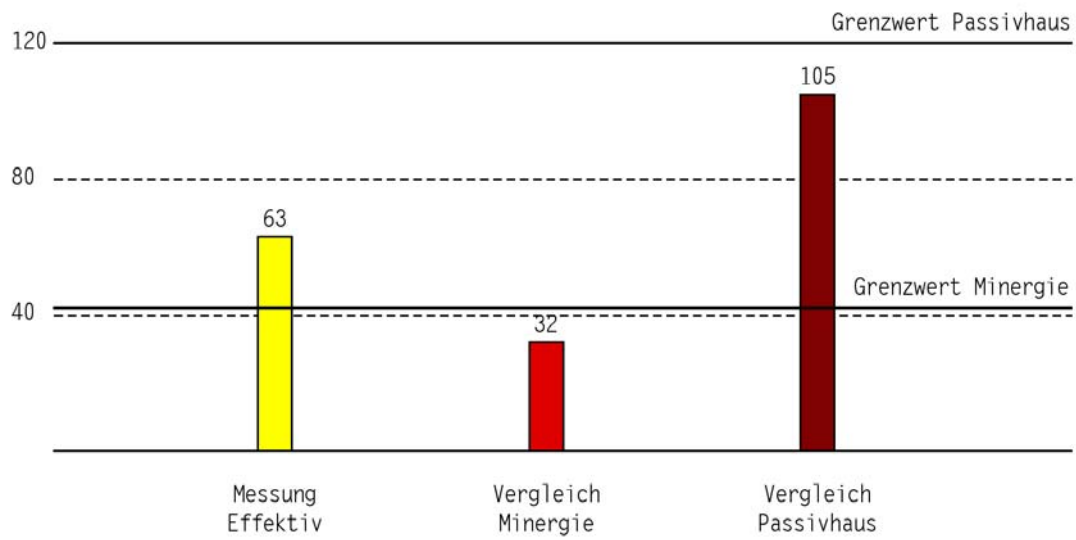


Fig. 5 Gewichteter Jahresenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser

Schlussfolgerungen

Mit einem Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser von ca. 7-8 Ster, was einem effektiven Jahresenergiebedarf von 63 kWh/m²a entspricht, konnte das Gebäude, trotz der ungünstigen Randbedingungen, auf einem sehr hohen Energiestandard realisiert werden. Da der Energiebedarf ausschliesslich aus Sonne und Holz gedeckt wird, unterschreitet der gewichtete Jahresenergiebedarf sogar Minergie- (32 kWh/m²a) und Passivhausstandard (104 kWh/m²a). Obwohl die flach auf dem Dach liegenden Vakuumröhrenkollektoren nicht, wie ursprünglich geplant, direkt nach Süden ausgerichtet wurden, ist ihr Ertrag zufrieden stellend. Dank den grossen Speichern und der Nutzung der Solarenergie im Sommer zur Poolerwärmung konnten die Kollektoren das ganze Jahr hindurch Gewinn bringend betrieben werden und haben sich somit als kostengünstige und effiziente Methode der Sonnenenergienutzung bewährt. Der Komfort im Gebäude ist das ganze Jahr über hervorragend, auch sind die Bewohner mit dem Bedienkomfort und der Häufigkeit der Inbetriebnahme des Ofens zufrieden.

Trotzdem konnte das angestrebte Ziel von 5 Ster Holz Jahresenergieverbrauch nicht ganz erreicht werden. Dies liegt sicher zum Teil an der noch mangelnden Bauaustrocknung des Gebäudes. Die Ausgangsidee der Wärmeverteilung war, dass sich in dem grossen offenen Gebäude die Wärme auf natürliche Weise verteilt, sodass eine raumweise Regulierung der Temperatur nicht nötig ist. Bewusst wurde deshalb auf eine Einzelraumregulierung der Fussbodenheizung über Thermostatventile verzichtet, was temporär zu einem Beheizen von weniger genutzten Räumen geführt hat bzw. zum zusätzlichen Heizen des Wohnbereichs, der schon durch den Holzofen erwärmt wurde.

Messergebnisse

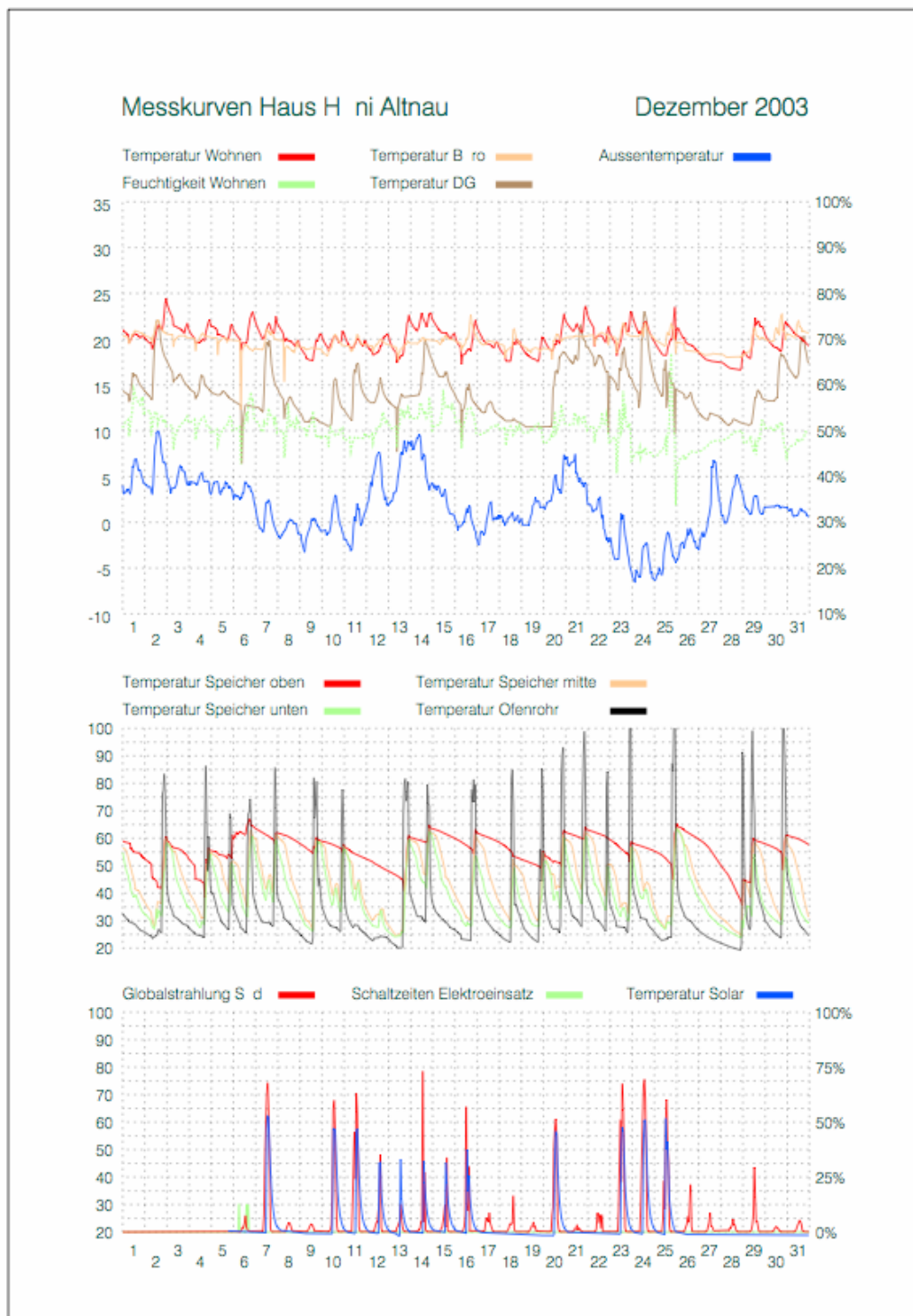


Fig. 6 Messkurven Dezember 2003

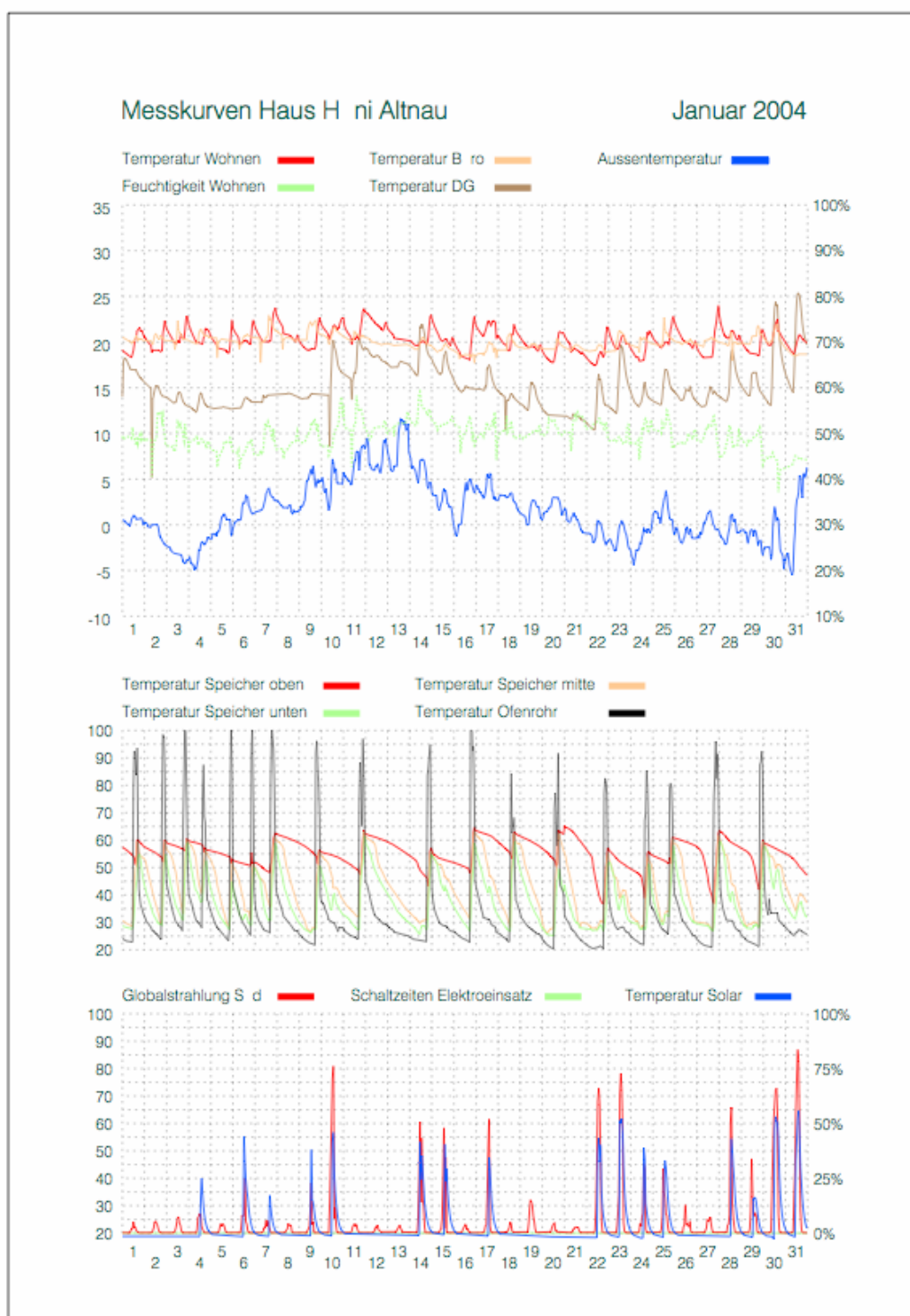


Fig. 7 Messkurven Januar 2004

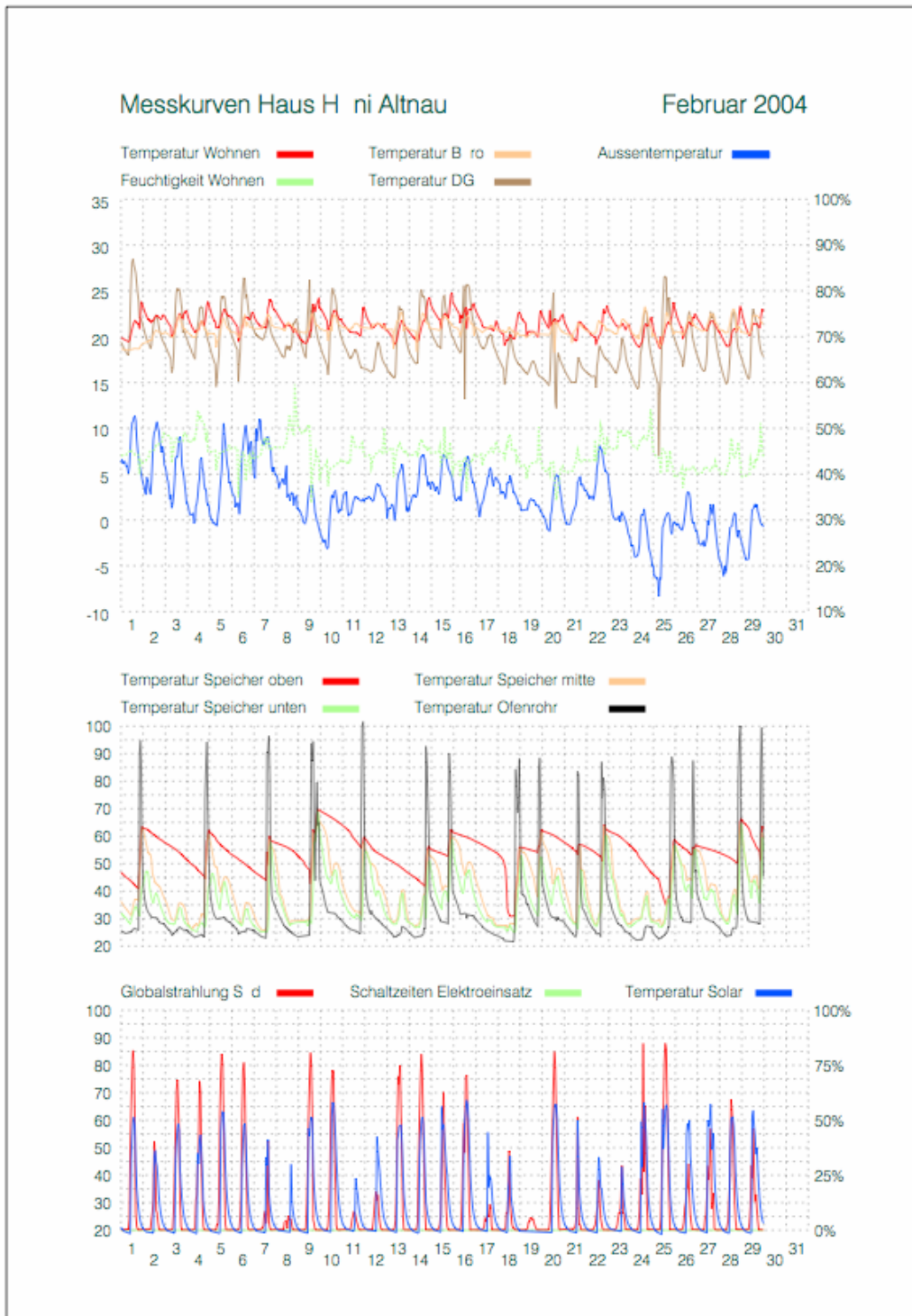


Fig. 8 Messkurven Februar 2004

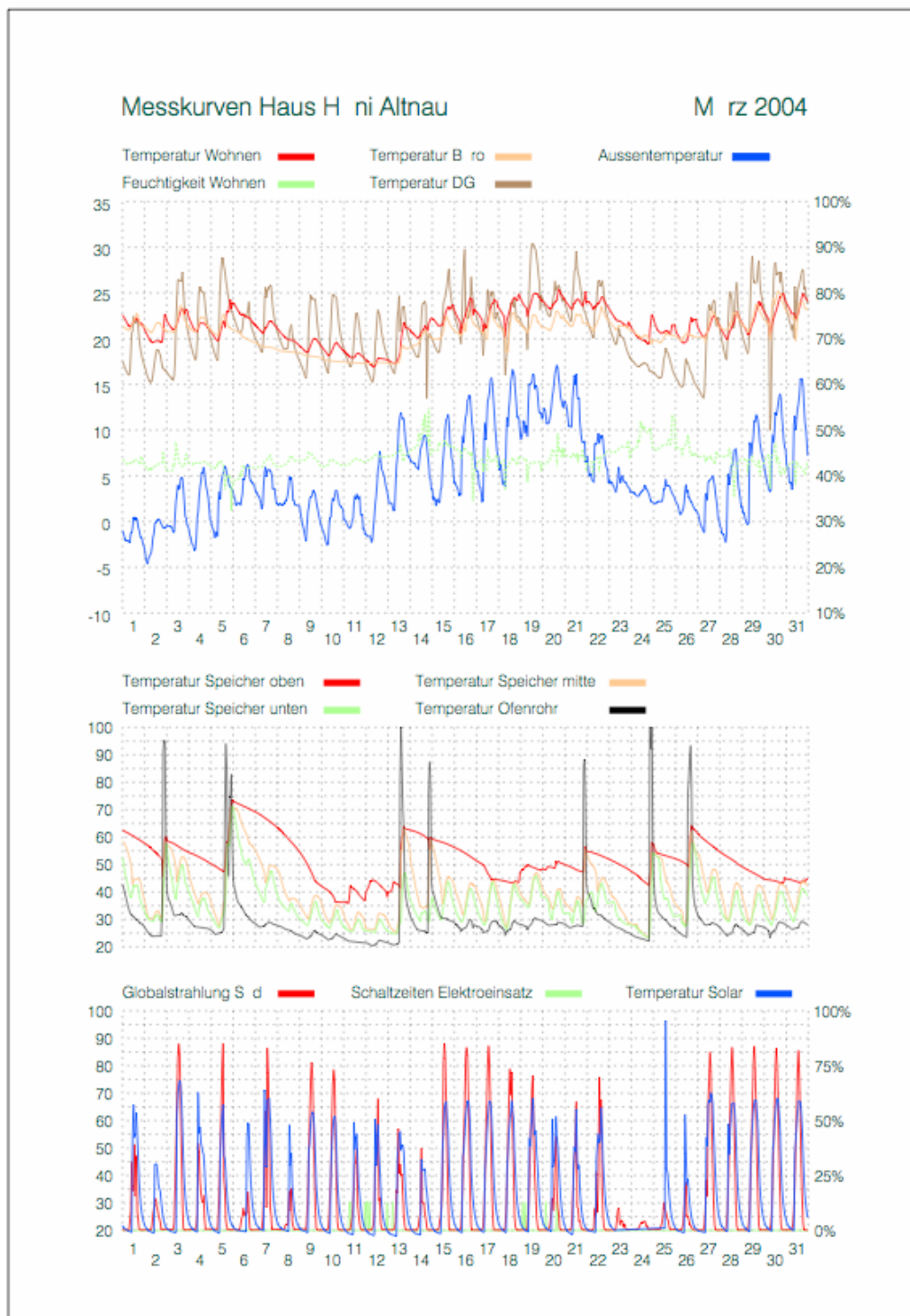


Fig. 9 Messkurven März 2004

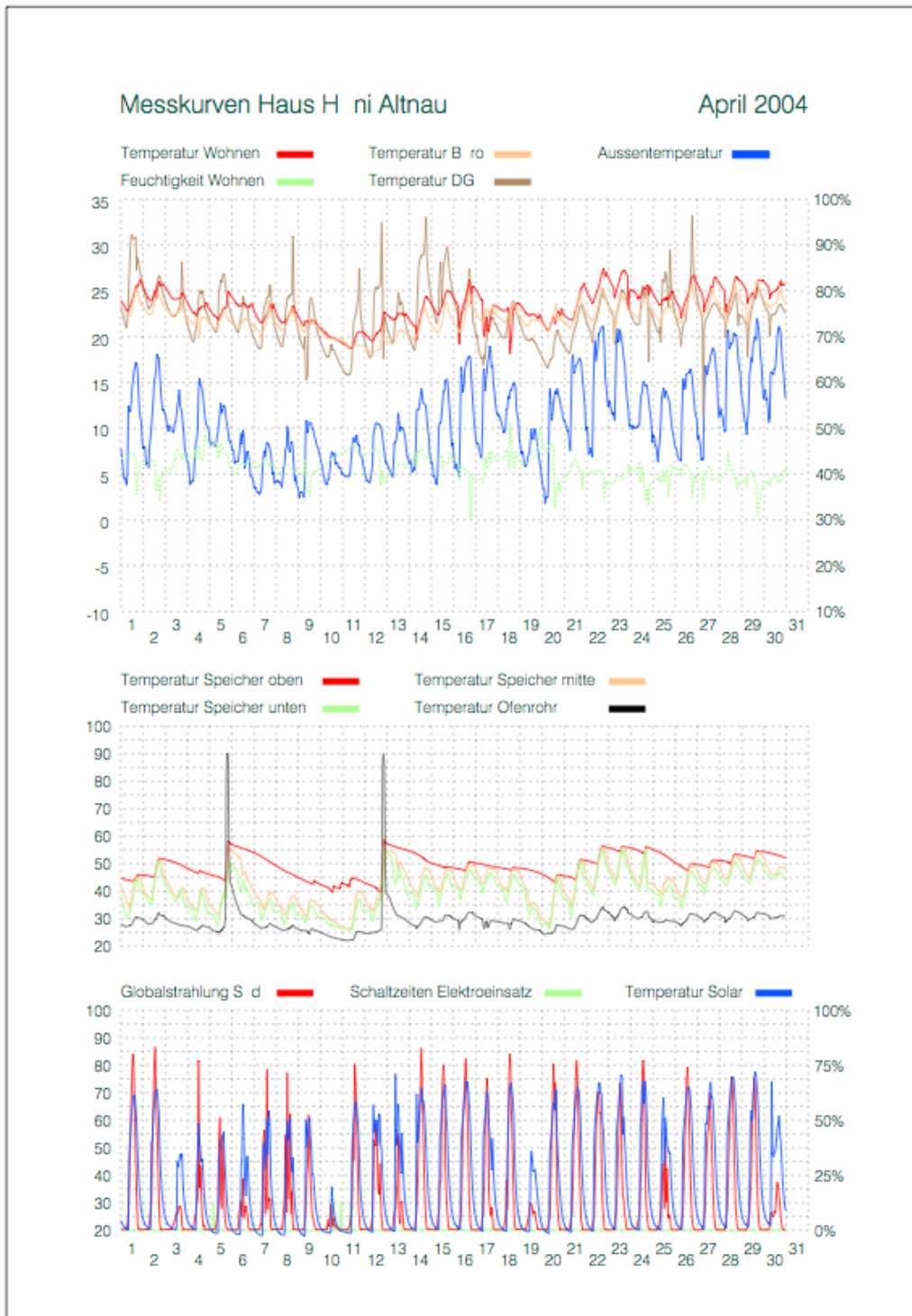


Fig. 10 Messkurven April 2004

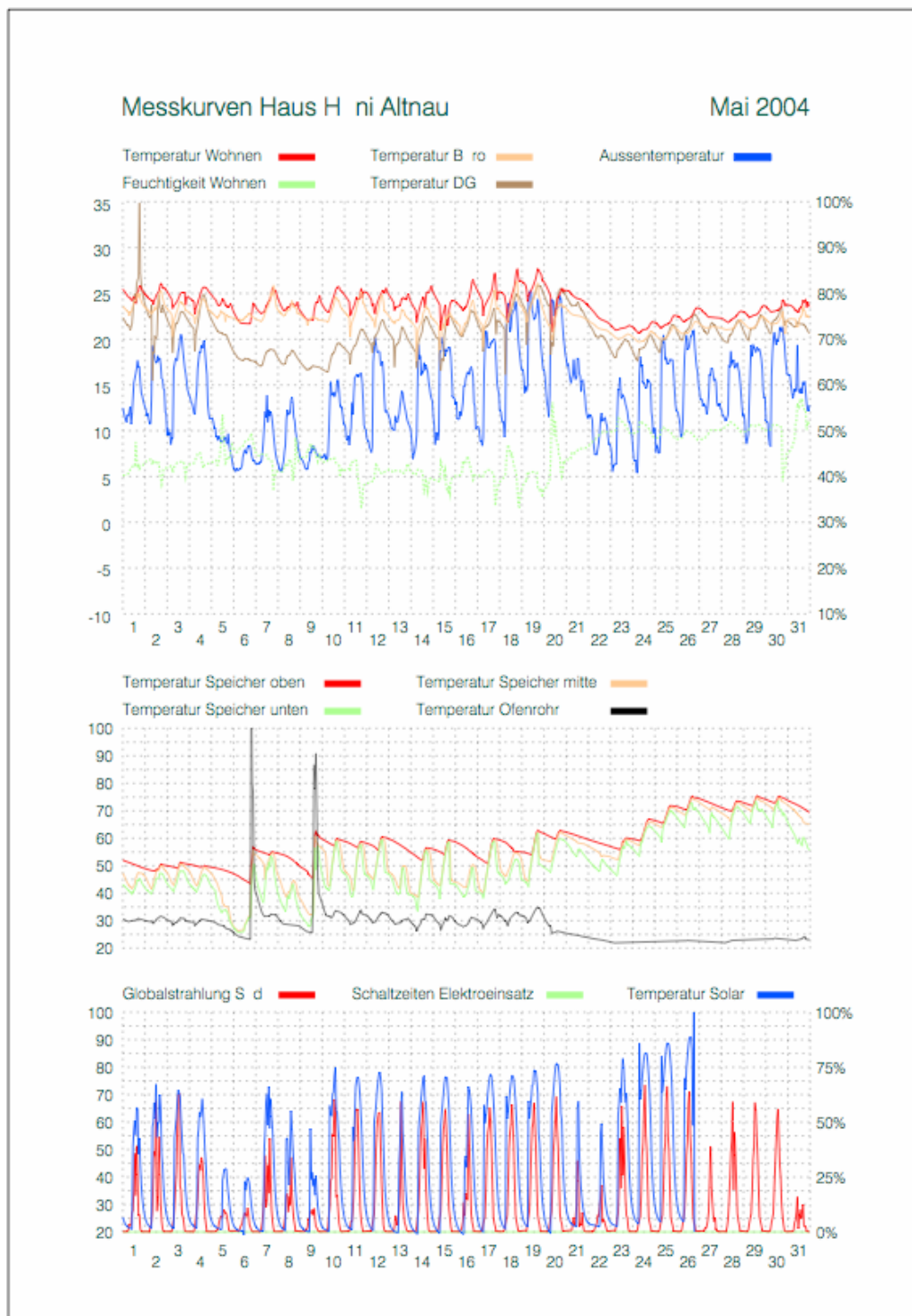


Fig. 12 Messkurven Mai 2004

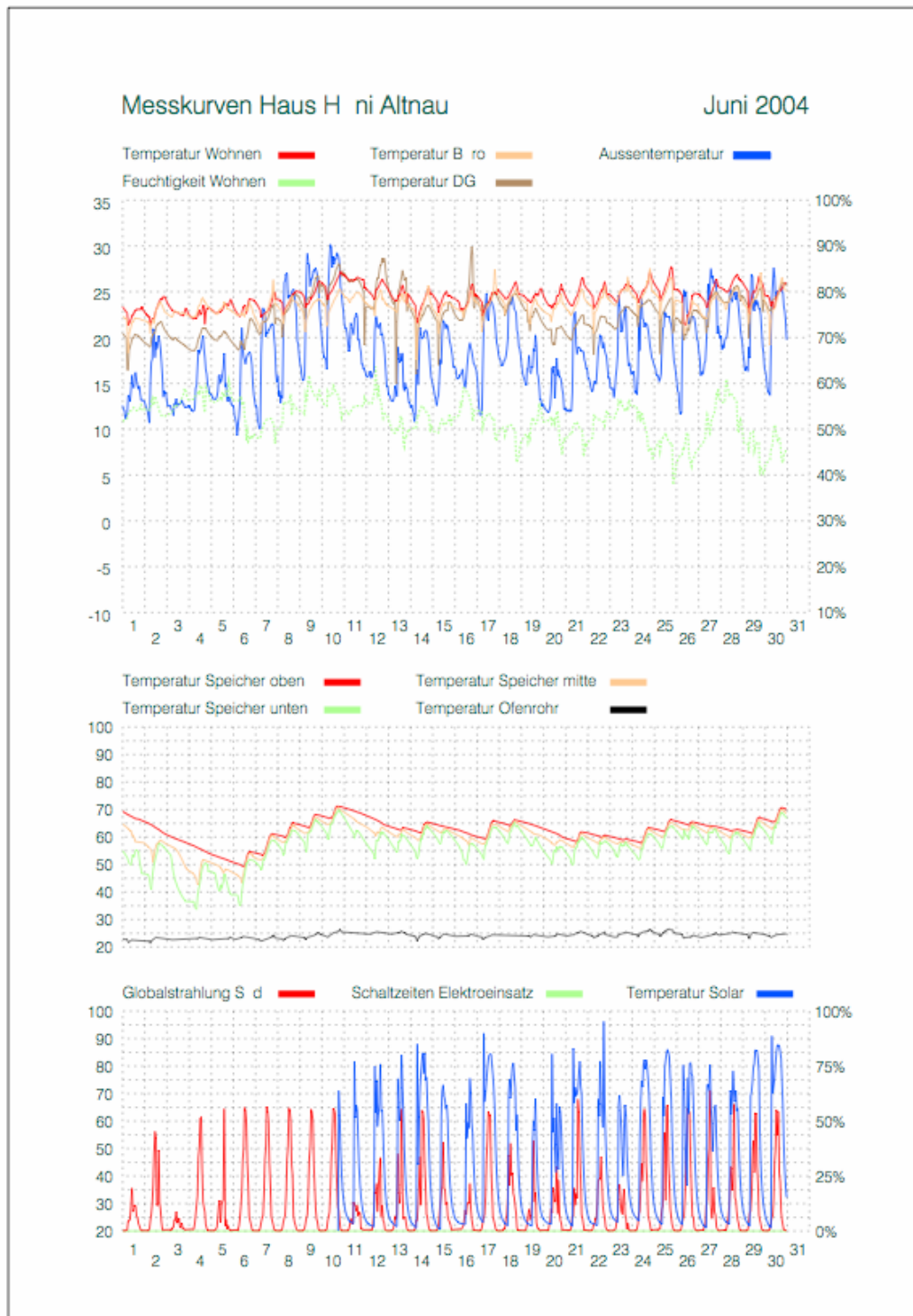


Fig. 13 Messkurven Juni 2004

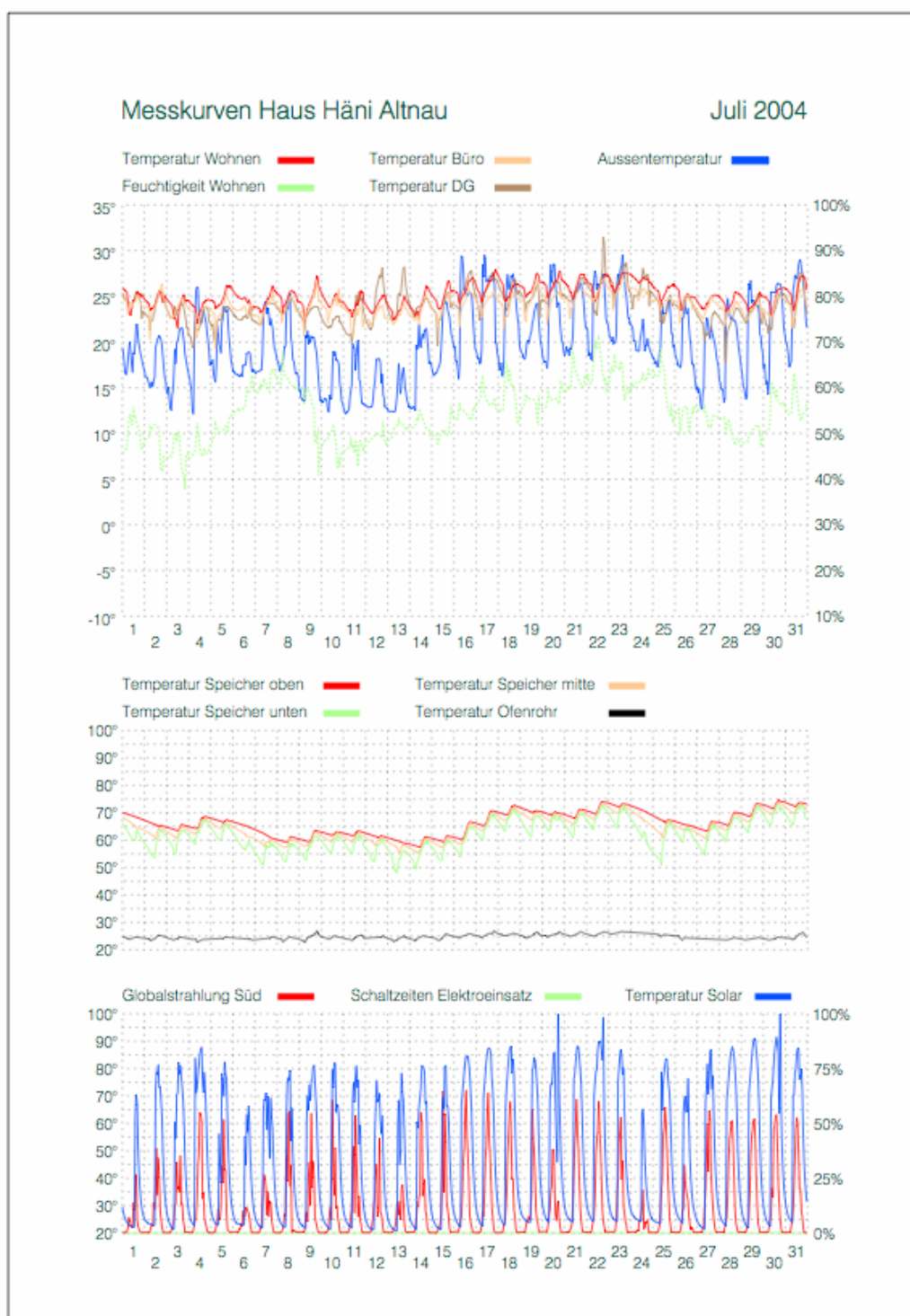


Fig. 14 Messkurven Juli 2004

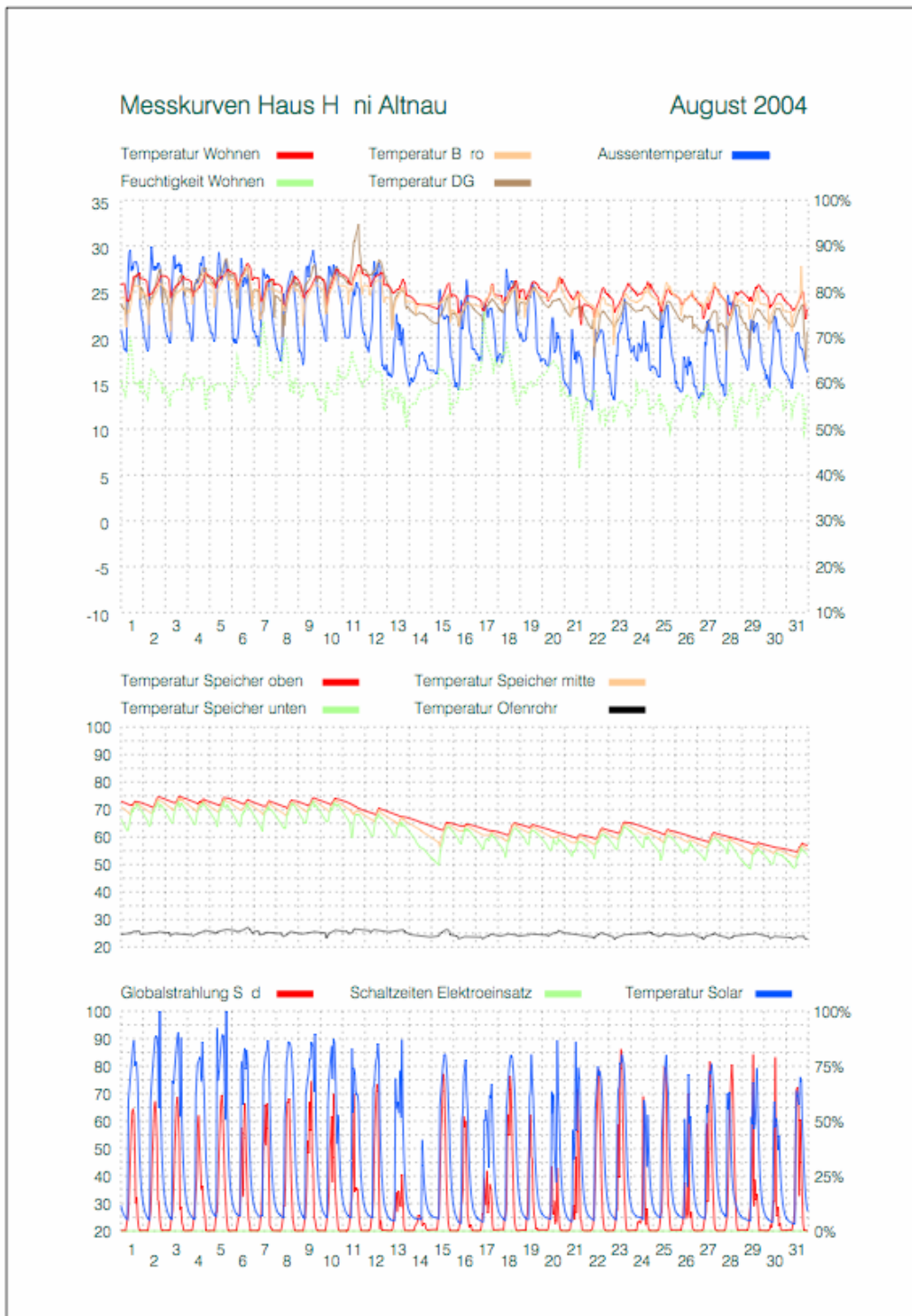


Fig. 15 Messkurven August 2004

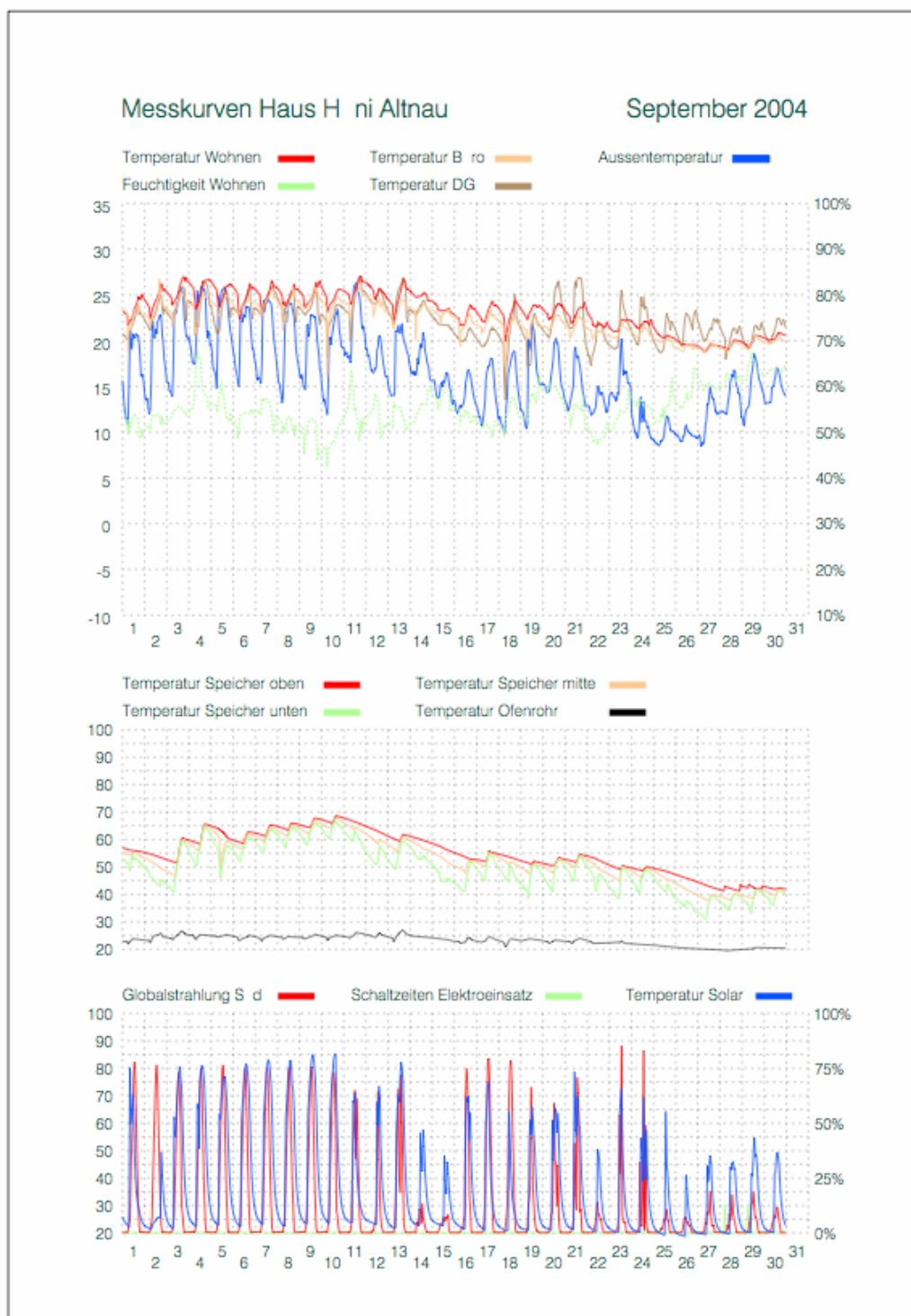


Fig. 16 Messkurven September 2004

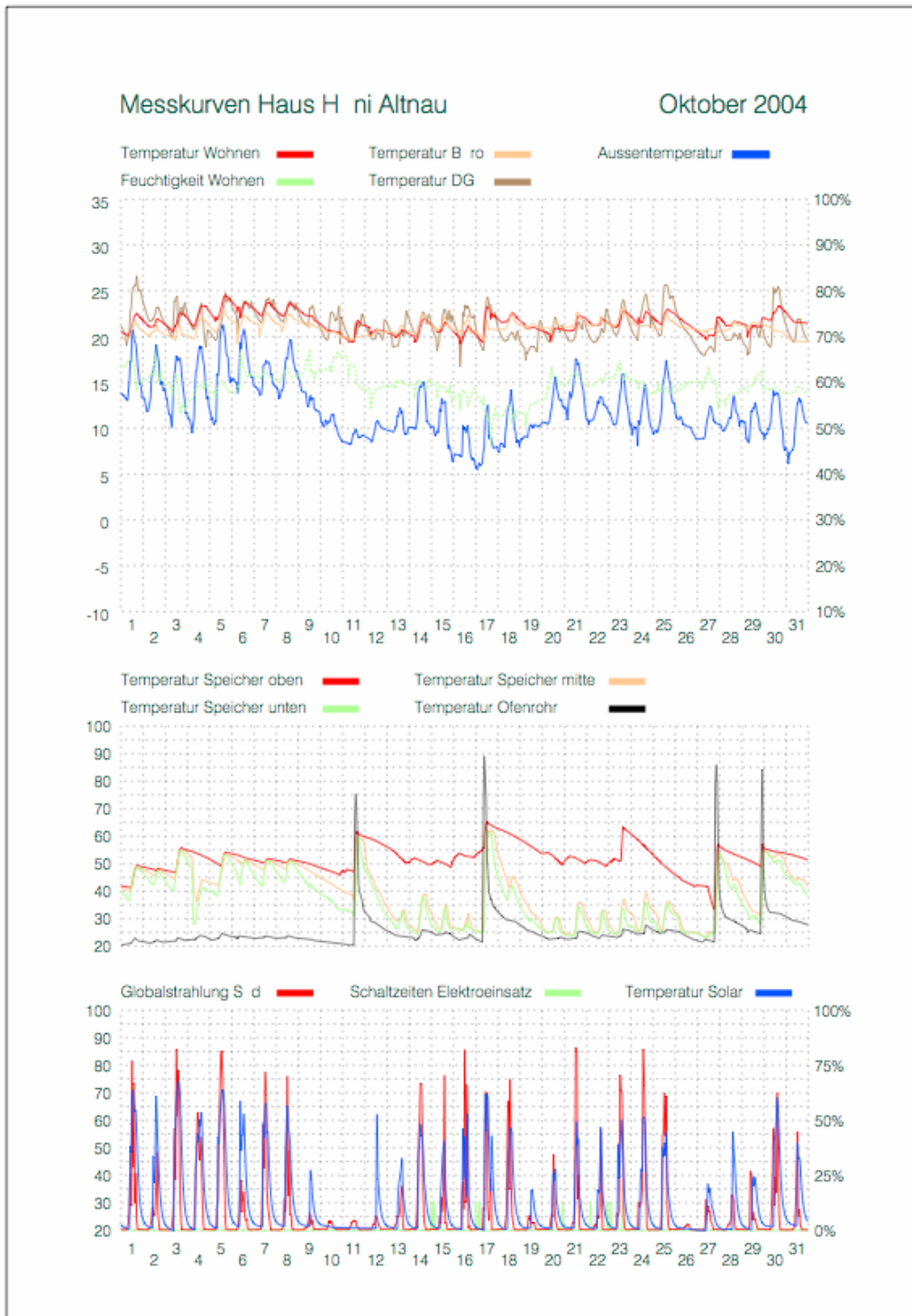


Fig. 17 Messkurven Oktober 2004

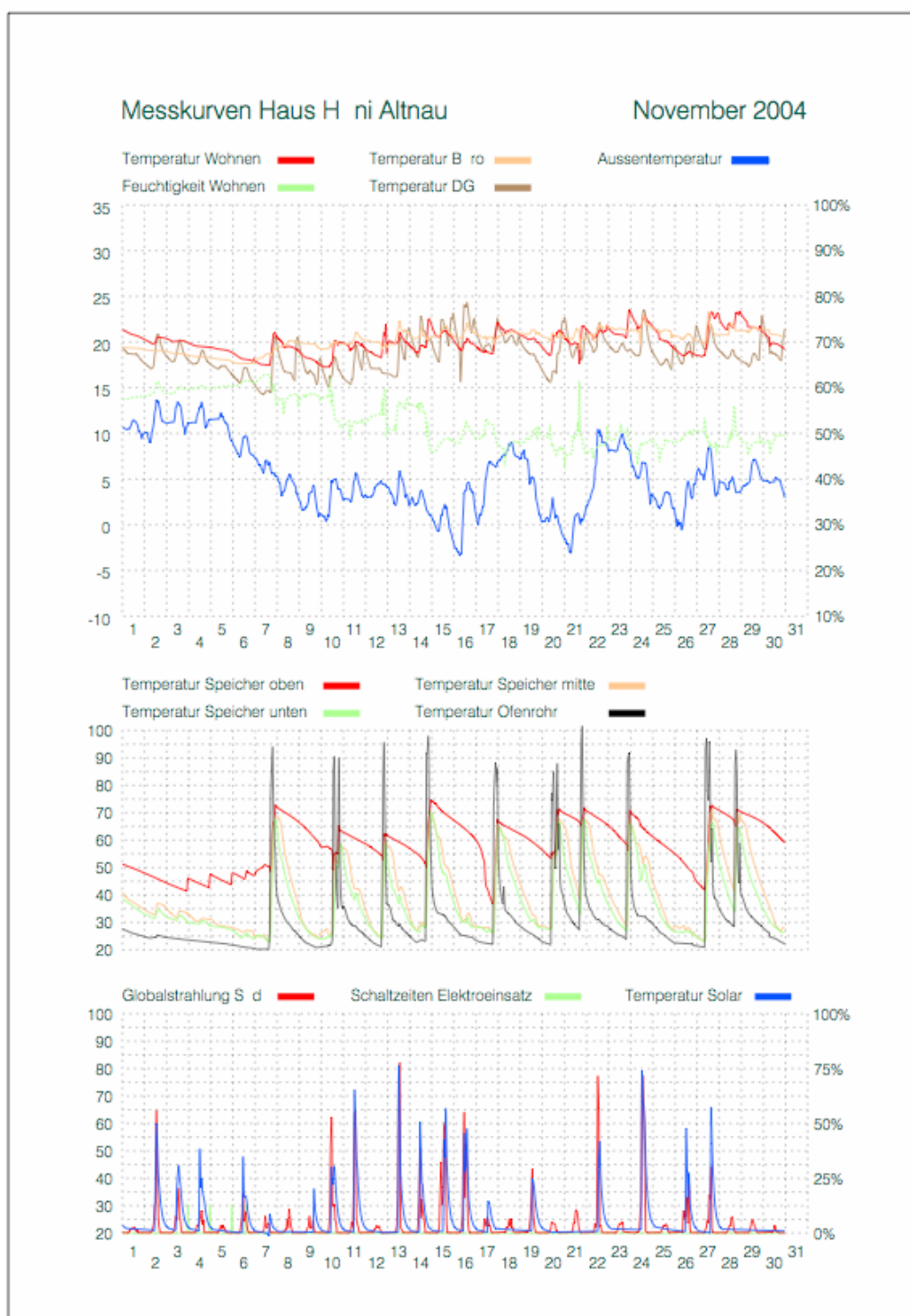


Fig. 18 Messkurven November 2004

Publikationen

Zu den Vorgängerbauten:

Häuser ohne Heizung als Herausforderung (P. Dransfeld)
Sonderdruck Artikelserie 2001-2002 SIA THURGAU

Niedrigenergiehäuser mit minimaler Haustechnik (P. Dransfeld)
Tagungsband STATUS-Seminar EMPA Dübendorf/Zürich

Die 'Swissbox' - Solarhaus in Ermatingen (Chr. Gunsser)
Gunsser: Individuelles Bauen mit System, DVA, München

Solarhaus Höhiblick Herisau (P. Dransfeld)
Schlussbericht Pilot- und Demonstrationsobjekt, Ermatingen

Beschatten und Dämmen mit einem Modul
Broschüre Energie Innovation Energie 2000 Infoenergie, Aarau

Solarhaus Höhiblick Herisau (P. Dransfeld)
Beitrag zum Tagungsband STATUS-Seminar Zürich

Solarhäuser Höhiblick Herisau und Hundwiler Höhe)
Broschüre Prix Lignum, Schweizer Holzbaupreis, LIGNUM, Zürich

(Solarhäuser Höhiblick Herisau und Hundwiler Höhe)
Graf: Das Passivhaus - Wohnen ohne Heizung, Callwey, München

Wohnhaus in Herisau (Schweiz)
DETAIL Zeitschrift für Architektur 3/99, München

Pilotprojekt am Sonnenhang (M.de Lainsecq)
Das Einfamilienhaus, Zürich 5/99

Berghaus auf der Hundwiler Höhe (Schweiz)
DETAIL Zeitschrift für Architektur, München

Zum Neubau EFH Solarhaus Häni-Ruf, Altnau

6 Solarhäuser im Vergleich (F. Brune, P. Dransfeld)
Tagungsband STATUS-Seminar EMPA Dübendorf/Zürich

Beteiligte

Mitwirkende im Zusammenhang mit dem Energiekonzept:

Bauherr	Martin Häni und Sabine Ruf, Altnau
Architektur + Energiekonzept	Peter Dransfeld, Ermatingen
Bauingenieur	Näf + Partner, Arbon Markus Krattiger, Happerswil
Holzbau	Brunner, Waldshut-Tiengen
Ofen	Burkart + Sohn AG, Kreuzlingen
Heizungsinstallationen	Richard Brägger, Kreuzlingen
Vakuumröhrenkollektor	Fabr. Holinger Solar, Liestal Typ Microtherm SK 18 F
Messprojekt	EMT, Energy Management Team, Ermatingen

Herzlichen Dank den genannten, sowie allen nicht erwähnten Personen, Behörden und Firmen für ihren Beitrag zu dem gelungenen Ergebnis.