

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 87 (1996)

Heft: 10

Artikel: Kleinwechselrichter für Photovoltaik-Insulanlagen im Vergleichstest

Autor: Durisch, Wilhelm / Leutenegger, Stephan / Urheim, Thomas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902325>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Photovoltaikanlagen, die netzunabhängig mit einem Energiespeicher betrieben werden, gewinnen mit der rasch fortschreitenden Batterietechnologie zunehmend an Bedeutung. Obwohl immer mehr Gleichstromverbraucher angeboten werden, besteht oftmals der Wunsch, herkömmliche 230-V-Verbraucher wie Heimwerker-, Haushalt- und Telekommunikationsgeräte, Sparlampen, Ladegeräte usw. ab Batteriespeicher zu versorgen. Dazu sind Kleinwechselrichter erforderlich, welche Batteriestrom bei Gleichspannungen von 12 bis 48 V in eine brauchbare «Netzspannung» umwandeln.

Kleinwechselrichter für Photovoltaik-Inselanlagen im Vergleichstest

Adresse der Autoren:

Dr. Wilhelm Durisch, Thomas Urheim,
Paul-Scherrer-Institut, 5232 Villigen PSI
Stephan Leutenegger, LEC, 8700 Küsnacht.

■ Wilhelm Durisch, Stephan Leutenegger und Thomas Urheim

Einleitung

In den letzten Jahren hat das Angebot von Kleinwechselrichtern stark zugenommen. Wie früher gezeigt wurde [1], können die dazu mitgelieferten Daten jedoch weit zu optimistisch sein. Deshalb sind zuverlässige neutrale Tests wichtig. Zu diesem Zweck wurde eine präzise Testanlage aufgebaut und 25 neuere Produkte etwas genauer unter die Lupe genommen. Nachfolgend werden die Testmethoden kurz beschrieben und die Resultate präsentiert. Sie sollen Hersteller und Vertreiber in ihren Bestrebungen unterstützen, gute Produkte auf den Markt zu bringen. Dem Solaringenieur sollen sie als Grundlage und Entscheidungshilfe dienen.

Testanlage/Prüflinge

Beim Konzipieren der Testanlage wurde einem praxisnahen Aufbau besondere Beachtung geschenkt. Bild 1 zeigt ihr Blockscha. Sie besteht im wesentlichen aus einem zertifizierten Power-Analyser

(Grundgenauigkeit 0,05%, Bandbreite 0 Hz bis 1 MHz), einer Gleichstromquelle und variablen Last sowie einem PC zur Steuerung des Messablaufs und Erfassung und Speicherung der gemessenen Daten. Als Stromquelle dienten vier Akkumulatoren (12 V/110 Ah). Durch geeignete Verschaltung konnte die erforderliche Spannung bereitgestellt werden. Um sie während eines Tests konstant zu halten, wurden die Akkus mit einem Netzgerät nachgeladen. Experimentelle Vorabklärungen haben gezeigt, dass das Nachladen keinen Einfluss auf die Messergebnisse hat. Als variable Last wurde eine Parallelschaltung von Glühlampen verwendet, also eine rein ohmsche. In Tabelle I sind die Prüflinge aufgelistet. Es handelt sich um ausgewählte einphasige Wechselrichter mit Eingangsspannungen von 12 bzw. 24 V und Ausgangsleistungen im Bereich von 100 bis 550 W. Von zwei Ausnahmen abgesehen, weisen alle Geräte rechteck- oder trapezförmige Ausgangsspannungen auf. Bei den beiden Ausnahmen handelt es sich um neuere Produkte mit sinusförmiger Ausgangsspannung.

Ergebnisse

Die in der Praxis am meisten interessierende Größe ist der Wirkungsgrad η . Wie in [4] dargelegt, hat er einen beachtlichen Einfluss auf die Gesteungskosten des Stroms, der in Inselanlagen produziert wird. In Tabelle I sind die wichtigsten Herstellerangaben und Testergebnisse zusammengestellt. Bei den aus den Tests ermittelten Wirkungsgraden handelt es sich um Höchstwerte, wie sie üblicherweise von den Herstellern angegeben werden. Ausnahmen machen hier die Hersteller Studer Solartechnik und ASP. Studer gibt einen Mittelwert innerhalb des Bereichs von 10

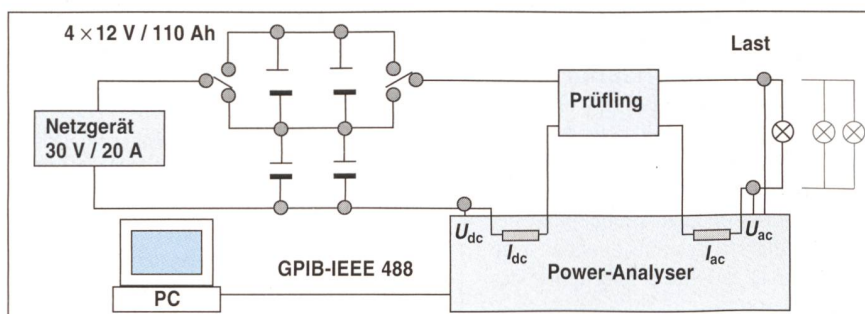


Bild 1 Blockscha der Wechselrichter-Testanlage.

| Typ | Hersteller bzw. Vertreiber | Herstellerangaben | | | | Testresultate | | |
|-----------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|--------------------|---------------------------------|
| | | U_{EIN} (V) | P_{NENN} (W) | η (%) | Preis (Fr.) | η (%) | P_0 (W) | U_{AUS} (V) bei P_{NENN} |
| Mastervolt 12/150 | Tritec, 4123 Allschwil | 10–15 | 100 | etwa 90 | 267 | 90 | 1,52 | 230 |
| Mastervolt 12/250 | Tritec, 4123 Allschwil | 10–15 | 200 | etwa 90 | 384 | 91 | 1,89 | 230 |
| Mastervolt 12/400 | Tritec, 4123 Allschwil | 9–15,5 | 400 | etwa 90 | 802 | 87 | 1,18 | 230 |
| Mastervolt 24/250 | Tritec, 4123 Allschwil | 20–30 | 200 | etwa 90 | 467 | 86 | 0,84 | 225 |
| Mobitronic 810-012 PP | Hobytronic, 3414 Oberburg | 10–15 | 100 | 90 | 198 | 91 | 2,60 | 219 |
| Sunwave SW 350/12 | Studer, 3877 Granges (VS) | 10,6–15 | 350 | 91 ¹⁾ | 790 | 94 | 0,30 ¹⁾ | 224 |
| Sunwave SW 350/24 | Studer, 3877 Granges (VS) | 21,2–30 | 350 | 91 ¹⁾ | 860 | 95 | 0,30 ¹⁾ | 225 |
| Sunwave SW 600/24 | Studer, 3877 Granges (VS) | 21,2–30 | 600 | 92 ¹⁾ | 1200 | 95 | 0,32 ¹⁾ | 224 |
| Voltcraft 100/12 | Hobytronic, 3414 Oberburg | 10,5–14,4 | 100 | etwa 80 | 179 | 90 | 1,23 | 230 |
| Top Class Domino TC12 | ASP, 8637 Laupen | 10,5–16 | 400 | 87 ¹⁾ | 852 | 89 | 0,48 ¹⁾ | 220 |
| Top Class Domino TC24 | ASP, 8637 Laupen | 21–32 | 440 | 90 ¹⁾ | 852 | 92 | 0,48 ¹⁾ | 223 |
| EA SRX PB 200/12 | Apical, 8603 Schwerzenbach | 10–15 | 100 | 90 | 197 | 87 | 1,5 | 214 |
| Mascot 9150 / 12V | Apical, 8603 Schwerzenbach | 12–15 | 110 | 80 | 246 | 88 | 2,08 | 213 |
| Mascot 9150 / 24V | Apical, 8603 Schwerzenbach | 22–31 | 140 | 80 | 279 | 89 | 1,31 | 225 |
| Nr. 15 | Anon. | 20–30 | 140 | 90 | 280 | 90 | 2,56 | 225 |
| Nr. 14 | Anon. | 10–15 | 140 | 90 | 350 | 90 | 3,26 | 225 |
| Nr. 19 | Anon. | 11–16 | 120 | 90 | 149 | 88 | 3,97 | 208 |
| Nr. 12 | Anon. | 10–15 | 100 | 87–93 | 248 | 89 | 1,77 | 175 |
| Nr. 17 | Anon. | 20–30 | 100 | 90 | 248 | 87 | 0,96 | 220 |
| Nr. 16 | Anon. | 20–28 | 110 | 90 | 225 | 90 | 2,42 | 220 |
| Nr. 9 | Anon. | 10–15 | 150 | 90 | 285 | 92 | 2,63 | 221 |
| Nr. 32 | Anon. | 10–15 | 150 | 90 | 368 | 88 | 1,3 | 230 |
| Nr. 3 | Anon. | 10–15 | 350 | 85–90 | 798 | 85 | 1,3 | 225 |
| Nr. 6 | Anon. | 20–30 | 150 | 90 | 368 | 90 | 1,2 | 232 |
| Nr. 4 | Anon. | 20–30 | 500 | 85–90 | 798 | 87 | 3,79 | 230 |

Tabelle I Charakteristische Daten und Testresultate ausgewählter Kleinwechselrichter (¹⁾ siehe Text).

bis 100% der Nennleistung an, der zwangsläufig niedriger als der Höchstwert ist. ASP gibt den Wirkungsgrad bei einer bestimmten Ausgangsleistung an, so dass er nur zufällig mit dem Höchstwert übereinstimmt, meist aber tiefer ist. Bei den Produkten Voltcraft und Mascot sind die Herstellerangaben bezüglich Wirkungsgrad unklar. Die gemessenen Werte liegen höher, als die Angaben vermuten lassen. In Tabelle I sind auch die Stand-by-Verluste P_0 angegeben. In Inselanlagen sind sie von besonderer Bedeutung. Bei den Geräten von Studer und ASP werden sie durch besondere Vorkehrungen extrem tief gehalten. Neben dem maximalen Wirkungsgrad und Stand-by-Verlust der einzelnen Geräte sind auch ihr Wirkungsgrad und ihre Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Ausgangsleistung gemessen worden. Bilder 2 und 5 zeigen zwei typische Beispiele. Daraus ist die in Tabelle I aufgeführte Spannung U_{AUS} bei Nennleistung ermittelt worden. Erfasst wurden auch die Frequenz der Ausgangsspannung sowie die Oberschwingungsdaten bis zur 50. Harmonischen, und zwar über den gesamten Leistungsbereich. Bilder 3 und 6 zeigen beispielhaft die Spektren der Oberschwingungsspannungen ausgangsseitig zweier ausgewählter Produkte. Schliesslich konnte aus den Oberwellenmessungen noch der zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung in guter Näherung

bestimmt werden (Bilder 4 und 7). In Tabelle I sind auch Resultate von Produkten aufgeführt worden, deren Hersteller und Lieferanten nicht genannt werden wollten. Aus Platzgründen können hier keine weiteren Ergebnisse präsentiert werden. Sie sind jedoch auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

Neuere Ergebnisse von vier grösseren Inselwechselrichtern im Leistungsbereich von 600 bis 2000 W sind in [5] zu finden. Messungen an Kleinwechselrichtern konnten in der einschlägigen Literatur keine gefunden werden. Für Netzbundwechselrichter sei auf [2, 3] verwiesen.

Folgerungen/Ausblick

Wie aus Tabelle I und früheren Untersuchungen [1] hervorgeht, ist die Bandbreite des Wirkungsgrades der verschiedenen Produkte schmaler geworden (85–95%) und eine Tendenz zu höheren Werten feststellbar. Einige neuere Geräte weisen auch im Teillastbetrieb erstaunlich hohe Wirkungsgrade auf. Die Ausgangsspannung bei Nennleistung ist jedoch oft zu tief und in einem Fall sogar unter 200 V. Generell sind aber die Produktespezifikationen präziser geworden. Der spezifische Preis variiert im Bereich von Fr. 1.20 bis Fr. 2.70 pro Watt. Gegenüber früher wurde vor allem bei den Sinuswechselrichtern eine signifi-

kante Preisreduktion erzielt. Ihre spezifischen Kosten sind heute vergleichbar mit jenen von guten Rechteck- und Trapezwechselrichtern. Hier ist jedoch zu bemerken, dass nicht für jede Anwendung ein Sinuswechselrichter erforderlich ist. Es gibt viele Anwendungen, für die auch billigere Rechteck- oder Trapezwechselrichter genügen.

Auch Inselwechselrichter sollen gängige Störschutzverordnungen einhalten. Um Funkstörungen nahegelegener Geräte, wie Radios und Fernseher, durch Wechselrichter zu reduzieren, können gleichstrom- wie verbraucherseitig Filter verwendet werden. Eingangsseitige Filter können auch erforderlich sein zur schonenden Entladung des Batteriespeichers (Erhöhung seiner Lebensdauer). Zu ihrer Auslegung dürften die gemessenen und gespeicherten Oberschwingungsdaten von besonderem Interesse sein. Die elektromagnetische Verträglichkeit konnte im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht näher abgeklärt werden und soll spezialisierten Prüfstellen, wie der Ingenieurschule Burgdorf [2, 3] vorbehalten bleiben. Aus Zeitgründen nicht untersucht werden konnte auch das Verhalten bei Überlast sowie bei induktiven, kapazitiven und asymmetrischen Lasten. Hier bleibt zu hoffen, dies in einem Folgeprojekt nachholen zu können, in welchem auch Neuprodukte und leistungsstärkere Geräte mit-

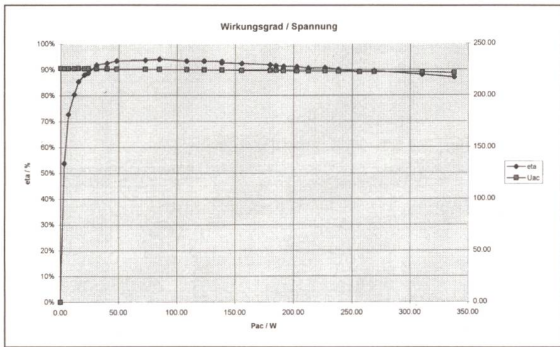


Bild 2 Wirkungsgrad und Ausgangsspannung des Studer-Wechselrichters SW350/12 in Funktion der Ausgangsleistung.

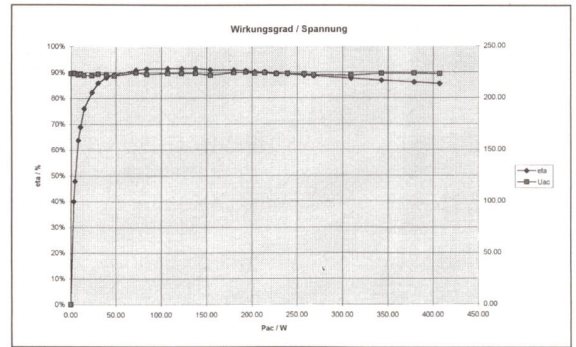


Bild 5 Wirkungsgrad und Ausgangsspannung des ASP-Wechselrichters Domino TC24 in Funktion der Ausgangsleistung.

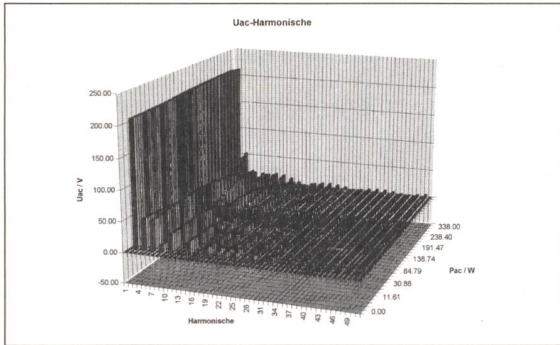


Bild 3 Oberschwingungsspannungen, ausgangsseitig in Funktion der Ordnungszahl und Ausgangsleistung (SW350/12, Bild 2).

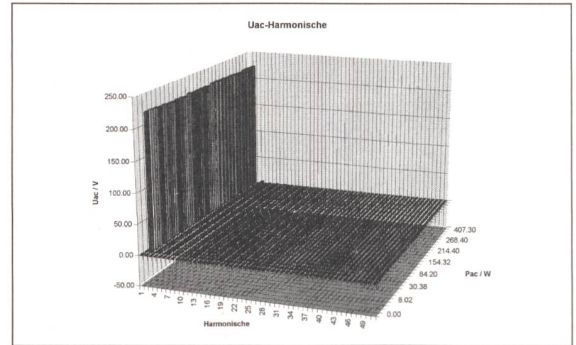


Bild 6 Oberschwingungsspannungen, ausgangsseitig in Funktion der Ordnungszahl und Ausgangsleistung (Domino TC24, Bild 5).

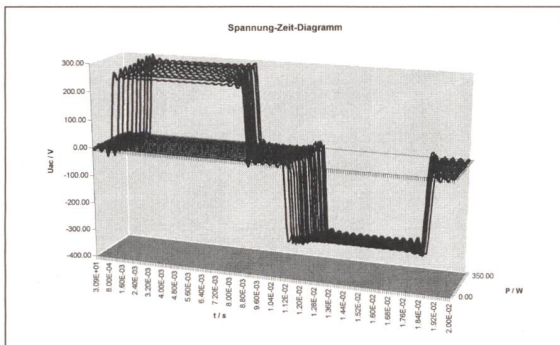


Bild 4 Spannungsverlauf, ausgangsseitig in Funktion der Ausgangsleistung (SW350/12, Bild 2).

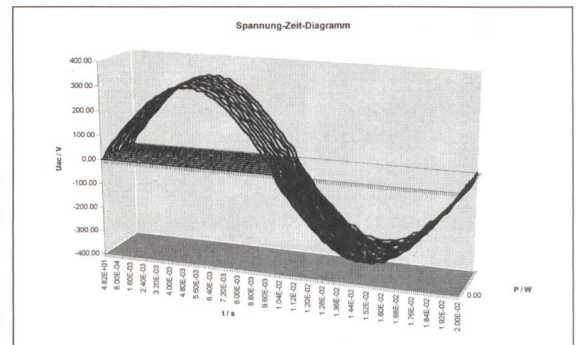


Bild 7 Spannungsverlauf, ausgangsseitig in Funktion der Ausgangsleistung (Domino TC24, Bild 5).

erfasst werden sollten. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, den Kreis zufriedener Photovoltaik-Anwender zu vergrößern. Der Trend zu höherem Komfort mit Photovoltaik-Iselanlagen hält an und damit auch die Nachfrage nach geeigneten Inselwechselrichtern.

Hinweis: Die vorliegenden Testergebnisse wurden mit grosser Sorgfalt erarbei-

tet. Da aber Fehler nie ganz ausgeschlossen werden können, muss jede Haftung im juristischen Sinn für allfällige Schäden bei Benutzung der Ergebnisse abgelehnt werden.

Verdankung

Die Autoren danken den Herstellern und Vertreibern von Kleinwechselrichtern für die gute Zusammenarbeit.

Literatur

[1] Durisch, W., Bulgheroni, W.: Leistungsfähigkeit einiger Wechselrichter für nichtnetzgekoppelte Photovoltaik-Kleinkraftwerke. Bulletin SEV/VSE 10/1993, S. 53-57.
 [2] Häberlin, H., Kaeser, F., Liebi, Ch., Beutler, Ch.: Results of recent performance and reliability tests of the most popular inverters for grid connected PV systems in Switzerland. Proc. 13th EU PV conf. Nice 1995, p. 585-590.
 [3] Häberlin, H., Kaeser, F., Liebi, Ch., Beutler, Ch.: Resultate von neuen Leistungs- und Zuverlässigkeitstests an Wechselrichtern für Netzverbundanlagen, Elfte Symposium Photovoltaische Solarenergie 1996, Staffelstein, BRD, Tagungsband, S.89-94.
 [4] Durisch, W., Bühlmann, M., Kesselring, P., Morisod, R.: Photovoltaik in den Alpen - Betriebserfahrungen und Stromkosten, Bulletin SEV/VSE 6/1988, S. 311-317.
 [5] Stumpf, A.: Messungen an Inselwechselrichtern, Zehntes Symposium Photovoltaische Solarenergie 1995, Staffelstein, BRD, Tagungsband, S. 565-570.

Petits onduleurs pour des installations photovoltaïques en îlot

Les installations photovoltaïques exploitées indépendamment du réseau moyennant un accumulateur d'énergie gagnent en importance, et ce en raison du rapide progrès réalisé par la technologie des batteries. Bien que le nombre d'appareils de consommation à courant continu aille en augmentant, il n'en existe pas moins souvent le besoin de disposer d'appareils de consommation (230 V) courants pouvant être alimentés à partir d'accumulateurs. Il faut pour cela utiliser des petits onduleurs transformant l'électricité de la batterie (tension continue de 12 à 48 V) en une «tension de réseau» utilisable. L'offre d'appareils de ce type a fortement augmenté au cours des dernières années.