

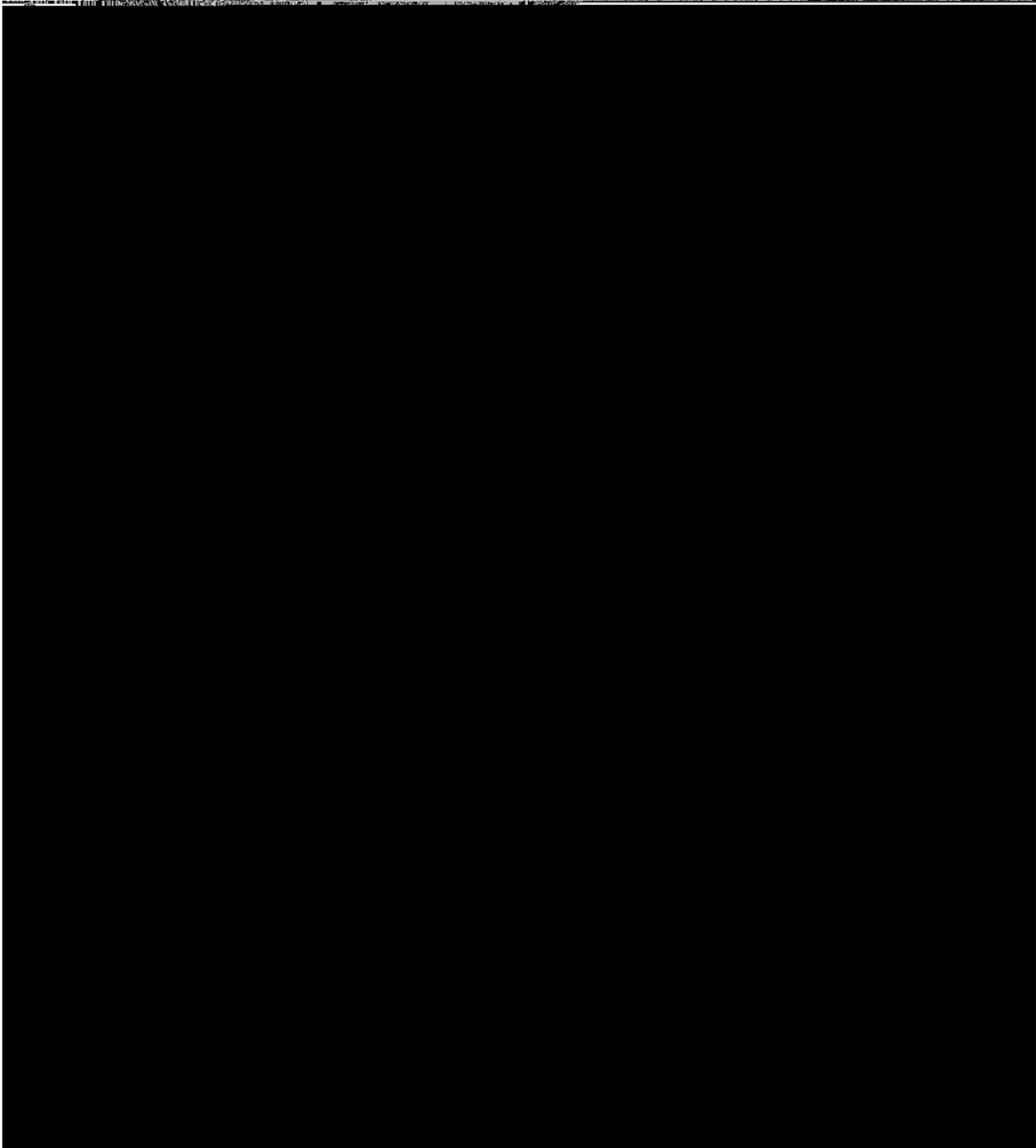
Kurzinformation für Elektrizitätsgesellschaften





1 Inhaltsverzeichnis

1	INHALTSVERZEICHNIS	2
2	ALLGEMEINES	3
3	ART DER ANLAGE	3
4	ENERGIETRÄGER	3
5	BETRIEBSART	3
6	ZERTIFIZIERUNG	3
7	TECHNISCHE ANGABEN	4
7.1	STERNPUNKT.....	4
7.2	PARALLELSCHALTEINRICHTUNG.....	4
7.3	KUPPELSCHALTER.....	4
7.4	ÜBERWACHUNGSSYSTEME.....	4





2 Allgemeines

Die Anlage wird in Ein- oder Mehrfamilienhäusern, sowie im Kleingewerbe für Strom- und Wärmenutzung eingesetzt.

Ein Verbrennungsmotor, dessen Abwärme zu Heizzwecken benutzt wird, treibt einen Generator an. Die Leistung wird durch Verändern der Drehzahl des Verbrennungsmotors variiert. Der Generator gibt eine in Amplitude und Frequenz variable Wechselspannung ab. Die Wechselspannung wird gleichgerichtet und auf ± 345 V gewandelt. Der netzgekoppelte Wechselrichter wandelt diese Gleichspannung in eine dreiphasige Wechselspannung mit Netzfrequenz von 50 Hz um.

3 Art der Anlage

BHKW – Anlage (Blockheizkraftwerk).

4 Energieträger

Erd- oder Propangas.

5 Betriebsart

Die Anlage ist fest mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden. Die produzierte elektrische Energie wird für den Eigenverbrauch genutzt oder ins öffentliche Stromnetz zurückgeliefert.

Die integrierte Heizregelung erlaubt es, die Anlage wärmegeführt mit Stromoptimierung¹ oder stromgeführt zu betreiben.

6 Zertifizierung

Das Gerät ist nach Gasgeräte Richtlinien mit folgenden Normen zertifiziert worden:

6.1.1 Gesamtanlage

GAD², 90/336/EEC / LVD³, 73/23/EEC:

EN 60335-1; EN 50165 (inkl. EMV)

EN 483

VP 109 (DVGW: „Anschlussfertige Blockheizkraftwerke“)

6.1.2 Elektronik

GAD, 90/336/EEC; LVD, 73/23/EEC:

ENV 1954

EN 60730-1

VP 109

¹ höhere Stromproduktion während einem vorgegebenen Zeitfenster

² GAD Gas Appliances Directive

³ LVD Low Voltage Directive



7 Technische Angaben

Als Stromerzeuger dient ein Permanentmagnet Dreiphasen DC-Brushless Generator. Die im Generator erzeugte elektrische Energie wird über die von ecopower entwickelte Leistungselektronik, d.h. über einen dreiphasigen Wechselrichter mit $\cos \varphi \approx 1$, ins öffentliche Stromnetz eingespeist.

7.1 Sternpunkt

Der Sternpunkt des Generators ist nicht direkt mit dem Neutralleiter des öffentlichen Stromnetzes verbunden. Es sind keine Massnahmen zur Vermeidung einer Überlastung der Sternpunktverbindung notwendig.

7.2 Parallelschalteneinrichtung

Der Wechselrichter wird vor dem Einschalten mit dem öffentlichen Stromnetz synchronisiert. Die Netzeinspeisung erfolgt über die verketteten Aussenleiter. Der Neutralleiter ist nicht leistungsführend und wird nur zu Messzwecken resp. Eigenversorgung der Steuerung (Bezug) verwendet.

7.3 Kuppelschalter

Als Kuppelschalter dient ein dreipoliger verschweissicherer Lastschütz. Das Verschweissen wird durch die Absicherung mit 10 A verhindert.

Typ Lastschütz: Klöckner Moeller DIL 00BM (230V/50Hz). Der Bemessungsbetriebsstrom ist 15.5A (AC-3).

7.4 Überlastschutz, Kurzschlusschutz

Der Überlast- bzw. Kurzschlusschutz wird durch einen Leitungsschutzschalter nach IEC947-2 im Netzanschluss des Mini-BHKW realisiert.

7.5 Anlassstrom

Der Verbrennungsmotor wird über den Generator gestartet, max. Anlaufleistung 1,2kw (kleiner 15 sec.).

7.6 EMV

Zur Vermeidung störender Rückwirkungen auf das öffentliche Stromnetz ist ein EMV-Netzfilter eingebaut. (EN 55022 B wird erfüllt).

7.7 Netzsicherheit

7.7.1 Vorkehrung zur Verhinderung einer Inselbildung im öffentlichen Stromnetz

7.7.1.1 Überwachung der Netzfrequenz

Die Netzspannung wird kontinuierlich auf ihre Frequenz geprüft. D. h. es wird nicht nur die Zeit von Nulldurchgang zu Nulldurchgang gemessen, sondern kontrolliert, dass 48 Momentanwerte einer Halbwelle in der richtigen Frequenz auftreten. Weicht die Frequenz um **+/- 0.5 Hz** ab, wird die Anlage vom Netz getrennt. Diese Überwachung wird auf alle drei Phasen angewendet, was zu einer maximalen Redundanz führt. Wie später gezeigt wird, ist diese Funktion massgebend für die Verhinderung der Inselbildung.

7.7.1.2 Überwachung der Netzspannung

Die Spannung wird dreiphasig gemessen. Eine Netzspannung von $\leq 85 \% U_{\text{Nenn}}$ oder $\geq 110 \% U_{\text{Nenn}}$ führt zum sofortigen Trennen vom Netz.



7.7.1.3 Überwachung der Symmetrie

Die Symmetrie in den drei Aussenleitern wird kontinuierlich überwacht. Ist die Unsymmetrie größer als **30%**, wird vom Netz getrennt.

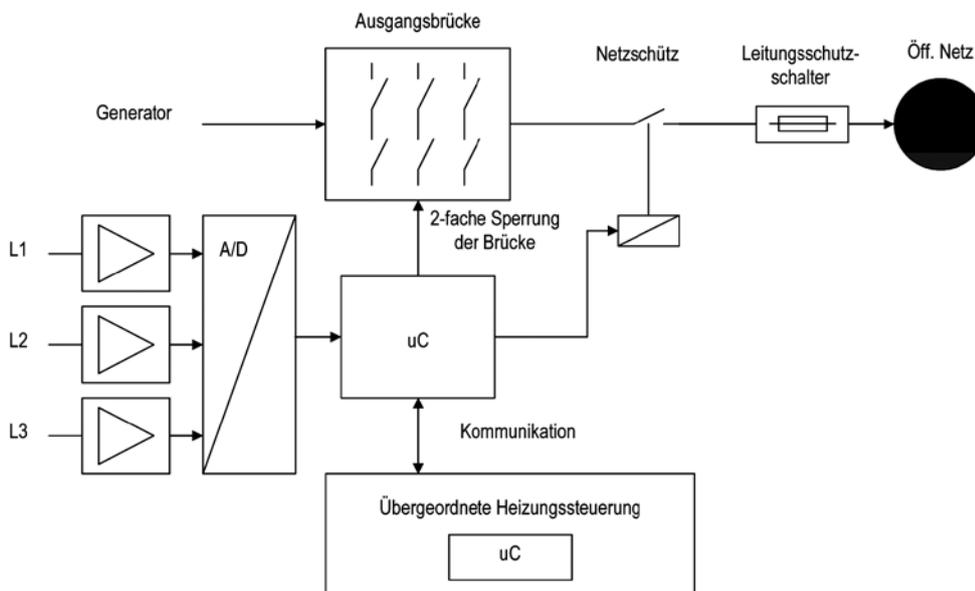
7.7.1.4 Überwachung des Phasenwinkels

Spannung und Ströme der drei Aussenleiter werden auf ihren Phasenwinkel überprüft. Ist dieser kleiner als **0.8** wird vom Netz getrennt.

7.7.1.5 Überwachung der Leistungselektronik

Das ecopower Sicherheitskonzept (Gas, Maschine, öff. Netz) ist auf einem Mehrprozessorsystem aufgebaut. Drei Mikrokontrolller überwachen sich dabei gegenseitig. Der Mikrokontroller der Leistungselektronik wird dabei alle **800 ms** auf seine Funktionsfähigkeit überprüft. Ein Fehlverhalten führt zur sofortigen Abschaltung der Leistungselektronik und damit zur Netztrennung.

7.7.2 Beschreibung der Hardware



Die Spannungsmessung ist für alle drei Phasen vollständig ausgeführt (nicht so bei der einzig verfügbaren dreiphasigen Impedanzüberwachung ENS30 von UfE). Einzig die Analog/Digital-Konvertierung ist in ein und demselben Wandler ausgeführt. Da es sich aber bei der Netzspannung um eine alternierende Größe handelt, werden Defekte umgehend erkannt. Auch eine Abweichung der Referenzspannung wird erkannt.

Der Mikrokontroller wertet die digitalen Messwerte aus und steuert Ausgangsbrücke sowie Netzschütz. Der Forderung nach zwei Schaltorganen wurde somit Rechnung getragen. Die Ausgangsbrücke selbst wird über zwei unabhängige Schaltkreise gesperrt, resp. freigegeben.

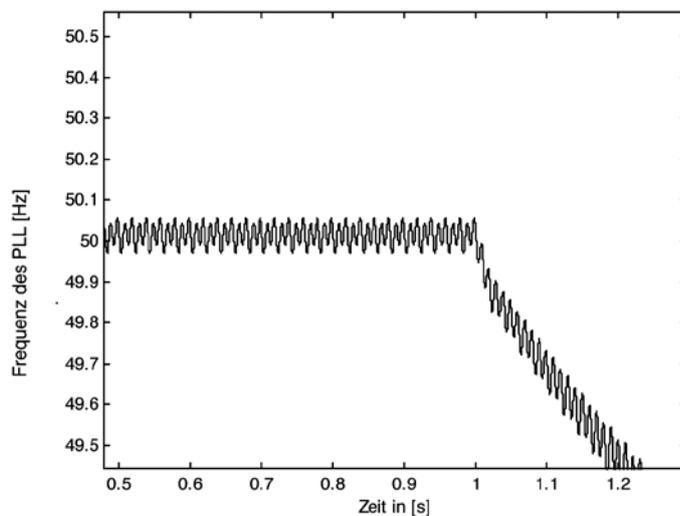
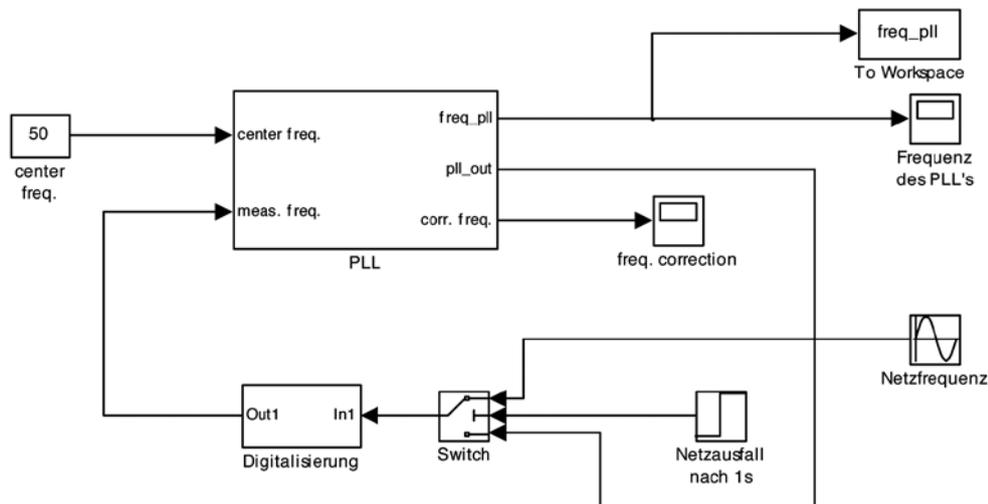
Weiter stehen die Controller von Leistungselektronik und übergeordneter Heizungssteuerung in ständiger Kommunikation. Alle 800 ms wird der Controller überprüft. Tritt ein Fehler auf, wird der Leistungselektronik die Speisung entzogen, worauf der Netzschütz abfällt und die Brücke gesperrt wird.



7.7.3 Simulation eines Netzausfalls

Der Wechselrichter ist nur für den Netzparallelbetrieb ausgelegt. Seine interne Oszillatorfrequenz beträgt 53 Hz. Ein interner PLL schwingt auf dieser Frequenz, wird aber vom Netz auf 50 Hz „gezogen“. Das ecopower Mini-BHKW versucht aber nicht die Frequenz des öff. Netzes zu erhöhen, da die Nachlaufsynchronisation (PLL) mit der exakten Netzfrequenz von 50 Hz läuft, solange das Netz vorhanden ist. Es erfolgt also keine Frequenzverzerrung. Ein Netzausfall ist nachfolgend dargestellt.

Simulationsschema:



Bei $t = 1\text{ s}$ wird ein Netzausfall simuliert. Der Nachlaufoszillator (PLL) misst dann seine eigene Frequenz wieder zurück, was einer Inselbildung des Systems entsprechen würde.

Ausgangsfrequenz des PLLs in Funktion der Zeit:

Bei einem Netzausfall läuft die Frequenz des PLLs davon. Wenn sie den Bereich von 49.5 ... 50.5 Hz verlässt, wird dies durch die Software detektiert und vom öffentlichen Netz getrennt. Die Zeitdauer vom Netzausfall bis zum Verlassen des gültigen Frequenzbereichs beträgt weniger als 0.2 s. Eine Inselbildung wird dadurch verunmöglicht. Die Frequenztoleranz kann auf 0.2 Hz herabgesetzt werden.



7.7.4 Überlegungen, welche zum gewählten Sicherheitskonzept geführt haben

Die VDEW verlangt für Eigenerzeugungsanlagen eine dem EVU Personal jederzeit zugängliche Trennstelle. Eine solche Trennstelle gewährleistet die grösstmögliche Sicherheit ein abgeschaltetes Netz spannungslos zu haben und ein Inselnetz zu vermeiden. Leider ist diese Lösung kostenintensiv und macht kleine Eigenenergieerzeugungsanlagen wie das ecopower Mini-BHKW unrentabel.

Eine weitere Lösung zur Erkennung einer Inselbildung ist eine Netzimpedanzüberwachung (ENS) wie sie in der VDE 0126 für Photovoltaikanlagen bis zu einer Leistung von 4.6 kVA gefordert wird.

Eine dritte Möglichkeit zur Vermeidung einer Inselbildung wird von der VDEW für einphasige EEA mit Wechselrichter eröffnet. Wird nur einphasig eingespeist, aber Spannung und Frequenz der drei Aussenleiter überwacht, so kann ebenfalls auf eine jederzeit zugängliche Trennstelle und ENS verzichtet werden. Es kann zudem durchaus eintreffen, dass drei einphasige Wechselrichter, verteilt auf alle drei Phasen, am selben Anschluss betrieben werden. Eine solche Konfiguration ist einer dreiphasigen Einspeisung gleichzusetzen, erfüllt aber nicht die geforderten Schutzeinrichtungen.

Bei der Entwicklung des Mini-BHKW legte die Firma ecopower grossen Wert auf die Sicherheit. Nicht zuletzt, weil es sich um ein Gasgerät handelt. Der Netzkopplung galt bei der Entwicklung des Wechselrichters eine zentrale Rolle. Eine ENS war uns wohl bekannt für den Einsatz in einphasigen Photovoltaikanlagen. Dreiphasige Ausführungen dieser Schutzeinrichtungen existierten zu diesem Zeitpunkt nicht auf dem Markt und wurden auch nicht gefordert. Auch nicht als wir mit der Zertifizierung bei Gastec in Holland begannen. Wir haben deshalb die oben erwähnten 5 Überwachungsfunktionen entwickelt und haben nun ein sehr sicheres und zuverlässiges System, welches bei der Verhinderung einer Inselbildung im öffentlichen Stromnetz einer ENS äquivalent ist.

7.8 Weitere Schutzfunktionen

Folgende Temperaturen werden überwacht und nötigenfalls wird die Anlage ausgeschaltet:

Abgase	:	120°C
Temperatur im Gehäuse	:	100°C
Kühlflüssigkeitstemperatur	:	95°C/110°C

Beim Überschreiten der Maximalwerte schaltet die Anlage unverzüglich aus.

7.9 Technische Daten

7.9.1 Technische Daten ecopower e3.0

Spannung	:	3 x 400 V
Frequenz	:	50 Hz
cos φ	:	0.98 .. 1.00
Erdgas-Anlage	:	
Leistung (elektrisch)	:	1.3 kW ... 3.0 kW
Leistung (thermisch)	:	4.0 kW ... 8.0 kW
Flüssiggas-Anlage	:	
Leistung (elektrisch)	:	1.4 kW ... 3.0 kW
Leistung (thermisch)	:	4.5 kW ... 9.0 kW
Schutzart	:	IP 20 (indirekte Berührung)



7.9.2 Technische Daten ecopower e4.7

Spannung	:	3 x 400 V
Frequenz	:	50 Hz
cos φ	:	0.98 .. 1.00
Erdgas-Anlage	:	
Leistung (elektrisch)	:	1.3 kW ... 4.7 kW
Leistung (thermisch)	:	4.0 kW ... 12.5 kW
Flüssiggas-Anlage	:	
Leistung (elektrisch)	:	1.4 kW ... 4.7 kW
Leistung (thermisch)	:	4.5 kW ... 13.5 kW
Schutzart	:	IP 20 (indirekte Berührung)

7.10 Einbindung ins Netz

Der Anschluss des Mini-BHKW an die Hausinstallation muss immer nach diesem Schema realisiert werden. Der übrige Teil der Abbildung stellt ein Beispiel dar und muss nach den örtlich geltenden einschlägigen Vorschriften erstellt werden (Hausinstallation).

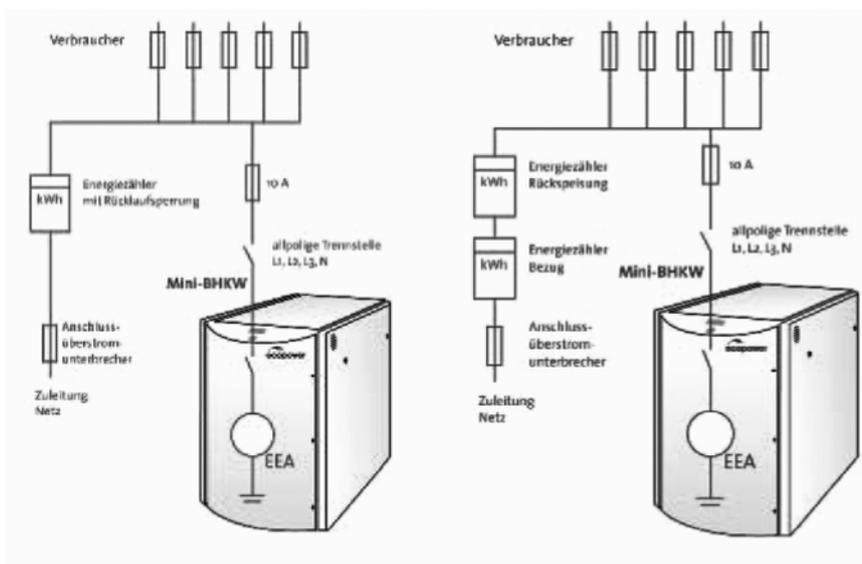


Abbildung 1: Einbindung ans öffentliche Stromnetz ohne zusätzliche Zähler (links)
Einbindung ans öffentliche Stromnetz mit zusätzlichem Zähler (rechts)

Wichtiger Hinweis:

Es ist prinzipiell erforderlich den Einbau des KWK-Stromzählers mit dem Netzbetreiber abzustimmen. Das betrifft sowohl den Zählerstandort als auch die Installation durch einen zugelassenen Elektriker.



7.11 Oberwellen

Die Messung der Oberwellen im Labor der ecopower mit zwei unterschiedlichen Drehzahlen ergab folgende Resultate:

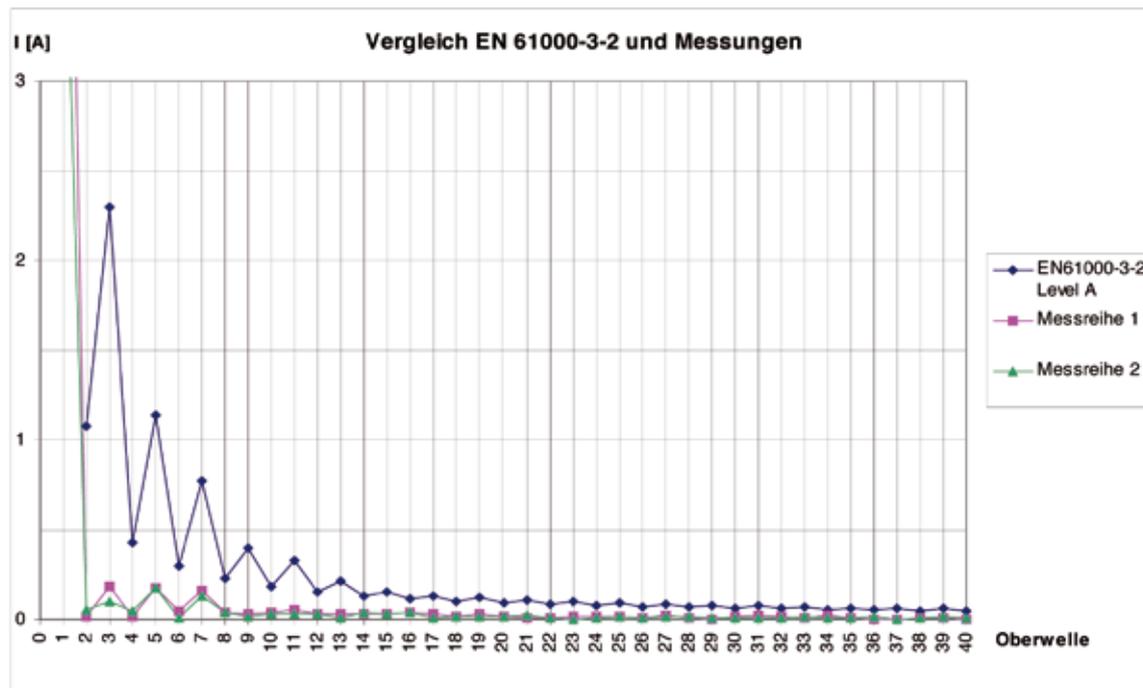


Abbildung 2: Diagramm der gemessenen Oberwellen im Vergleich zur Norm