



Scientific Automation als Basis für umfassendes Energiemonitoring von der Maschine bis zur Liegenschaft

## Mit systemintegrierter Energiemessung zum erfolgreichen Energiemanagement

Für ein breites Anwendungsspektrum – von Maschinen und Produktionsanlagen über Fertigungshallen und Gebäude bis hin zu Wind- und Wasserkraftanlagen – bietet Beckhoff ein breites Portfolio zur Energiemessung und zur Netzanalyse. Dazu zählt einerseits ein Stand-alone-Energiezähler als kostengünstige Lösung aus Standard-Industriekomponenten. Andererseits bietet das Beckhoff-Klemmsystem alle Möglichkeiten, unterschiedlichste Applikationsanforderungen sowohl bei Einzelanwendungen als auch für eine systemintegrierte Energiemessung zu erfüllen.

Die industrielle Produktivität wird schon seit jeher intensiv vorangetrieben und ist dementsprechend weit ausgereizt. Das Thema Energieeffizienz hingegen bietet nach wie vor ein immenses Optimierungspotenzial. Alleine durch eine erhöhte Transparenz des Energieverbrauchs und entsprechend optimierte Fertigungsprozesse sind bereits Kosteneinsparungen möglich. Finanzielle Investitionen sind hierfür nicht erforderlich, geringere, mit dem Energieversorger zu vereinbarende Leistungsspitzen reichen bereits aus.

Hinzu kommt der wachsende politische Druck auf alle Unternehmen, den Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. So wird die Rückzahlung der sogenannten EEG-Umlage zukünftig von der Einführung eines Energiemanagementsystems (EnMS) abhängig gemacht. Grundvoraussetzung dafür ist eine zuverlässige und detaillierte Energiedatenerfassung, weshalb eine solche

Überwachung, Messung und Analyse auch im EnMS-Modell der entsprechenden Norm DIN EN ISO 50001 definiert ist. Zur Umsetzung ist die Beckhoff-Lösung, bestehend aus dem modularen Klemmsystem, der Automatisierungssoftware TwinCAT und der offenen Kommunikation, z. B. per EtherCAT und OPC UA, ideal geeignet.

### Energiemessung leicht gemacht – stand-alone oder im System

Schon als Stand-alone-Energiezähler bietet die Beckhoff-Lösung Vorteile gegenüber konventionellen Geräten: Modular aufgebaut – beispielsweise aus dem kompakten Embedded-PC CX8090, mit Ethernet-Anschluss, und der Leistungsmessklemme EL3403 – ergibt sich eine flexible Lösung. Mit ihr profitiert der Anwender von bewährten und zudem kostengünstigen Standard-Industriekomponenten (siehe Abbildung 1).

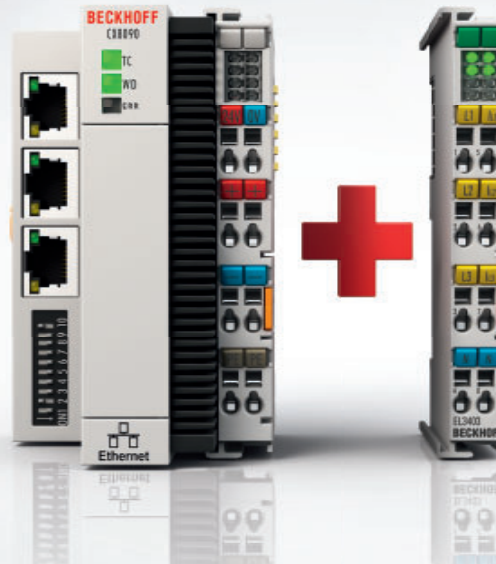


Abbildung 1: Ein Stand-alone-Energiezähler lässt sich kostengünstig aus den Standardkomponenten Embedded-PC und Energiemessklemme aufbauen.

Ein deutlich größeres Effizienzpotenzial erschließt allerdings der ganzheitliche Ansatz: Das offene und durchgängige Busklemmen- und Softwaresystem von Beckhoff ermöglicht eine einfache, kostengünstige und vor allem systemintegrierte Energiemessung. So lässt sich für alle Verbraucher und an beliebigen Stellen in der Anlage oder dem Gebäude detailliert erfassen, wo, wie viel und welche Energie verbraucht wird. Dabei steht diese Leistungsmessung direkt dem I/O-System zur Verfügung, sodass der Anwender hierfür kein neues Automatisierungssystem benötigt. Vielmehr lassen sich, je nach Bedarf, die entsprechenden Busklemmen und die passenden Softwaremodule ganz einfach zum Steuerungssystem hinzufügen. Auf diese Weise reduziert sich einerseits der Aufwand für eine umfassende Energieverbrauchserfassung, andererseits stehen Informationen sowohl zum Gesamtverbrauch als auch für alle Teilprozesse zur Verfügung.

#### Energiedaten modular erfassen und durchgängig bereitstellen

Die Basis der Lösung bilden die zahlreichen I/O-Module zur Energiedatenerfassung. So lassen sich über die Busklemmen KL6781 und KL6401, per M-Bus- bzw. LON-Interface, ganz einfach z. B. die in der Praxis etablierten Gas-, Wasser- und Wärmezähler einbinden. Mit den Differenzdruckmessklemmen KM37xx und der dezentral einsetzbaren IP-67-Differenzdruckmessbox EP3744 kann zudem die Druckluftversorgung direkt überwacht und beispielsweise auf Energie fressende Leckagen überprüft werden. Elektrische Größen lassen sich besonders komfortabel und systemintegriert über die Leistungsmessklemmen KL/EL3403 erfassen; weitergehende Analysefunktionen bieten die Leistungsmessklemmen EL3413, EL3433 und die Netzmonitoringklemme EL3773.

Die unterschiedlichen Busklemmen lassen sich dezentral in den Bereichen einsetzen, in denen sie tatsächlich benötigt werden. So wird der Verdrahtungsaufwand für die Messdatenerfassung auf ein Minimum reduziert. Mit einem

einigen EtherCAT-Kabel können die einzelnen Stationen miteinander verbunden werden, um in einer zentralen PC-Steuerung alle Daten zu sammeln und zu analysieren. Damit lässt sich der Energieverbrauch einzelner Komponenten, Bereiche oder der gesamten Anlage aufnehmen. Aber auch die Energieverbräuche der gesamten Halle, der Büros und anderer Gebäude stehen bereit.

#### Verbrauchsdaten per Software detailliert auswerten und nutzen

Die erfassten Energiedaten stehen im offenen, PC-basierten System per EtherCAT – oder bei Bedarf auch über beliebige andere Feldbusse – auf allen Software-Ebenen zur Verfügung. Direkt auf der Steuerungsebene dient dazu die Automatisierungssuite TwinCAT, sowohl zur Nutzung als steuerungstechnische Parameter als auch für Condition Monitoring und zur Analyse des Energieverbrauchs. Übergeordnet lässt sich, dank der Systemoffenheit, ein Energiemanagementsystem, über etablierte Softwarestandards, wie OPC UA, anknüpfen.

Mit TwinCAT PLC lassen sich die Verbrauchsdaten direkt in den Steuerungs-algorithmen nutzen, um die Energiebilanz der Maschine oder Anlage bzw. des Fertigungsablaufs zu verbessern. Für den Bereich Monitoring und Analyse stellt die Beckhoff-Automatisierungssuite ebenfalls geeignete Werkzeuge zur Verfügung: Die TwinCAT-Condition-Monitoring-Bibliothek CMS bietet einen modularen Baukasten mathematischer Algorithmen zur Messwertanalyse, um eine Zustandsüberwachung auch im energetischen Sinne für Maschinen und Anlagen zu realisieren. Aus diesem Baukasten kann sich der Anwender je nach Applikationshintergrund bedienen und eine für verschiedene Plattformen passend skalierbare Lösung entwickeln. Die Funktionen der Bibliothek erstrecken sich über die Hauptfelder Analyse, Statistik und Klassifikation.

Ein umfassendes Monitoring der Energiedaten ist zudem mit dem Software-Oszilloskop TwinCAT Scope möglich, das schnelles Daten-Logging mit einem

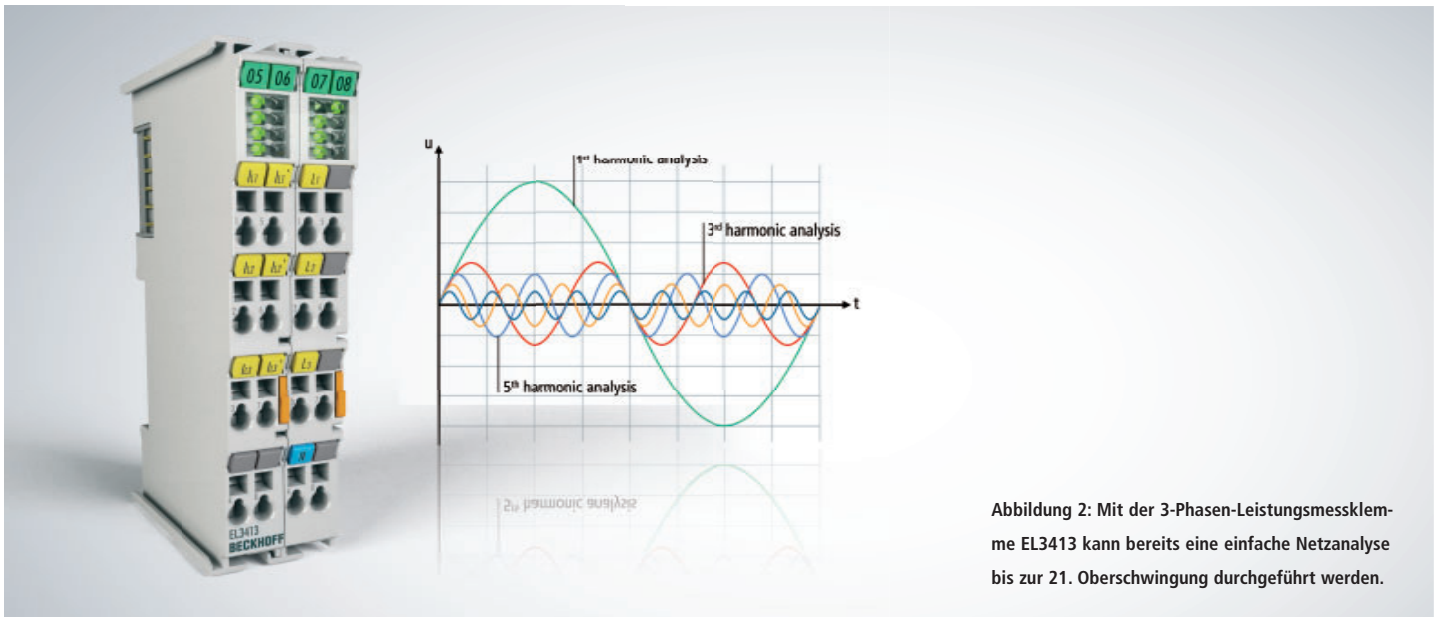


Abbildung 2: Mit der 3-Phasen-Leistungsmessklemme EL3413 kann bereits eine einfache Netzanalyse bis zur 21. Oberschwingung durchgeführt werden.

leistungsfähigen grafischen Anzeigetool vereint. Der Logger kann sowohl lange Aufzeichnungen als auch sehr schnelle Zyklen im  $\mu\text{s}$ -Bereich – z. B. von EtherCAT-Messklemmen, wie der EL3773 mit Oversampling-Funktion, – verarbeiten. Die Ergebnisse werden dann dem Viewer-Teil des Scopes zur Verfügung gestellt. In diesem Viewer lassen sich nahezu beliebig viele Kurven zeitlich hochgenau aufgelöst darstellen. Auf diese Weise kann man beispielsweise zuverlässig erkennen, ob sinusförmige Spannungsverläufe vorliegen oder Oberschwingungen vorhanden sind. Dabei sind, aufgrund der hohen zeitlichen Auflösung, auch extrem kurzzeitige Spitzen analysierbar, die sich mit konventionellen EMS/Scada-Systemen kaum auswerten lassen.

### Durchgängige und universelle Energiemesstechnik

Aufgrund der weltweit steigenden Energiekosten gewinnt die Energiedatenerfassung in allen Industriebereichen an Bedeutung. Sie ist die unverzichtbare Grundlage für Monitoring und Analyse und damit für das Erschließen zahlreicher Einsparpotenziale. Die EtherCAT-Leistungsmessklemmen von Beckhoff, mit ihren unterschiedlichen Spannungsbereichen und Ausstattungsmerkmalen, erlauben die Realisierung einer Vielzahl von Applikationen. Sie eignen sich ideal, um mit einer integrierten Messung von Strom und Spannung eine effektive und kostengünstige Erfassung und Analyse von Leistungsdaten und damit eine Optimierung der Anlagenproduktivität zu erreichen. Durch den modularen und dezentralen Aufbau lässt sich die Energie an jeder beliebigen Stelle im System ermitteln. Die Effektivwertaufzeichnung erfolgt entweder direkt in der EtherCAT-Klemme oder – im Falle der EL3773 – in der überlagerten Steuerung.

Auf diese Weise können im Maschinen- und Anlagenbau, in der Prozessindustrie, im Bereich Erneuerbare Energien sowie bei Building und Home Automation u. a. Fertigungsprozesse stabilisiert bzw. Produktionsausfälle vermieden, Streukopplungen aufgespürt und „Stromfresser“ identifiziert werden. Ebenso möglich sind korrekte Kostenstellenzuweisungen sowie Einspeisungsüberwachung, Netzsynchonisierung und Überwachung der Stromqualität. Betrachtet man beispiels-

weise eine komplette Produktionshalle, zeigen sich in besonderem Maße die Vorteile der durchgängigen und integralen Beckhoff-Lösung: Systemintegriert lassen sich zum einen die Energiedaten der Maschinen bzw. Anlagen bis hin zum einzelnen Motor und zum anderen die Verbräuche der Gebäudetechnik, z. B. bei Licht und HLK, erfassen. Erst diese umfassenden Informationen ermöglichen ein wirklich ganzheitliches Energiemanagement.

### Der „Energiezähler“ KL/EL3403

Die 3-Phasen-Leistungsmessklemme KL3403 bzw. EL3403 ermöglicht die Messung aller relevanten elektrischen Daten des Versorgungsnetzes mit einer Messspannung bis 500 V AC. Die Netzspannung lässt sich direkt anschließen; die Strommessung erfolgt über einfache Stromwandler. Die Messwerte aller Ströme und Spannungen stehen als Effektivwerte direkt in der Klemme zur Verfügung. Berechnet werden für jede Phase die Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung und Energie sowie die Frequenz und der Phasenverschiebungswinkel  $\cos \varphi$ .

Die KL3403/EL3403 liefert zuverlässige Daten für Netzanalyse und Energiemanagement und eignet sich damit beispielsweise ideal zur verteilten Beobachtung und Erfassung des Energieverbrauchs in einer Produktionsanlage. Durch die Erkennung von „Stromfressern“ im Prozessablauf trägt sie zur Reduzierung der Stromkosten bei und ermöglicht zudem die genaue Zuordnung der jeweiligen Stromkosten zur passenden Kostenstelle. Detailliert gemessene Energieverbräuche lassen sich zudem steuerungstechnisch nutzen, u. a. um die Stabilität des Fertigungsprozesses zu erhöhen oder Produktionsausfälle zu vermeiden.

### Der „High-Feature-Energiezähler“ EL3413

Die 3-Phasen-Leistungsmessklemme EL3413 mit einer Messspannung von maximal 690 V AC (3-phasig, 5 A) hat galvanisch voneinander getrennte Stromeingänge. Mit der integrierten Berechnung der harmonischen Schwingungen kann bereits eine einfache Netzanalyse bis zur 21. Oberschwingung durchgeführt werden (siehe Abbildung 2). Als Weiterentwicklung der EL3403 eignet sie sich,

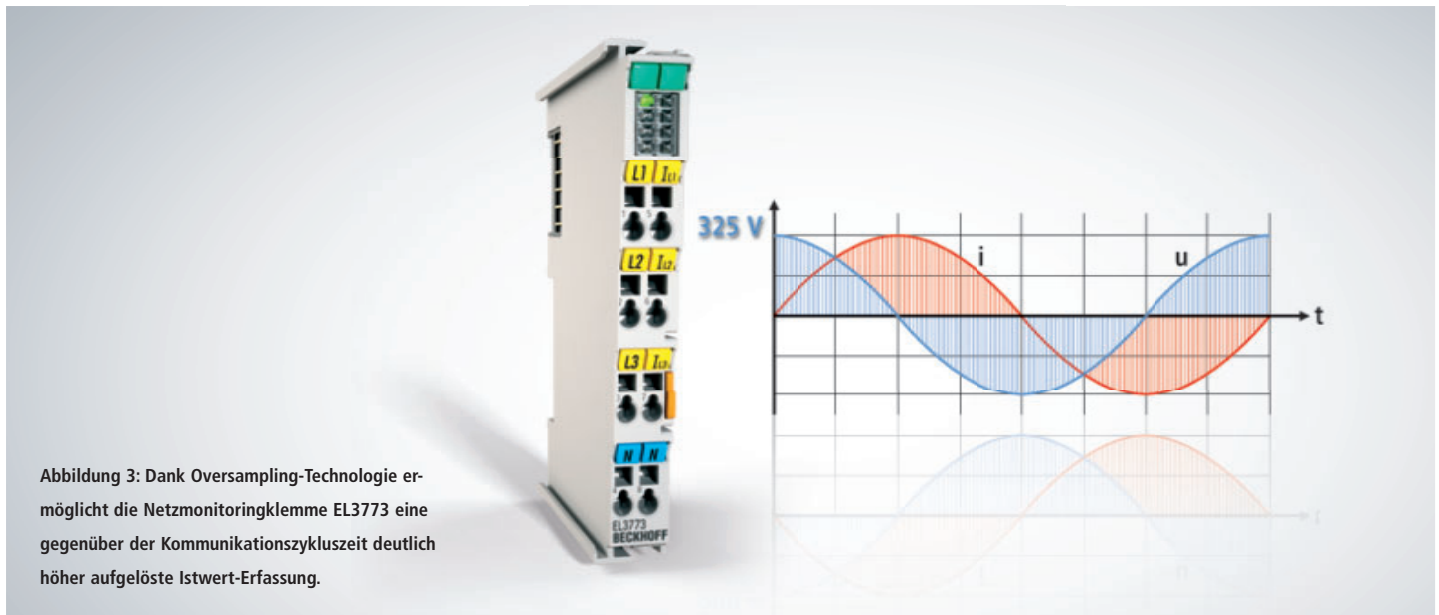


Abbildung 3: Dank Oversampling-Technologie ermöglicht die Netzmonitoringklemme EL3773 eine gegenüber der Kommunikationszykluszeit deutlich höher aufgelöste Istwert-Erfassung.

durch die größere Messspannung in Höhe der in Windkraftanlagen gängigen 690 V, z. B. für die Einspeisungsüberwachung bei Generatoren.

Vorteilhaft ist die Oberschwingungsanalyse der EL3413, insbesondere im Hinblick auf die 3. Oberschwingung. Diese bereitet, aufgrund des vermehrten Einsatzes nichtlinearer, elektronischer Geräte, wie Entladungslampen, Computer und USV-Anlagen, zunehmend Probleme im Stromnetz und erhöht, z. B. beim Betrieb von Elektromotoren, die elektrischen Verluste. Die entsprechenden 150-Hz-Ströme der einzelnen Phasen summieren sich im Nulleiter und können damit zu einem höheren Strom führen als in der Phasenleitung. Dies kann bei einem zu gering bemessenen Nulleiter sogar zu einer erhöhten Brandgefahr führen.

#### Das „Energie-Oszilloskop“ EL3773

Die Netzmonitoringklemme EL3773 sammelt mit einer extrem schnellen Sample-Zeit die Istwerte von Strom und Spannung und ist damit prädestiniert für die Highend-Netzanalyse als Zustandserfassung eines 3-phasigen Wechselspannungsnetzes (siehe Abbildung 3). Auf jeder Phase werden Spannungen bis zu  $288 V_{eff}/410 V DC$  und Strom bis  $1 A_{eff}/1,5 A DC$  mit einer Auflösung von 16 Bit als Augenblickswerte erfasst. Die sechs Kanäle werden simultan nach dem EtherCAT-Oversampling-Prinzip mit einer zeitlichen Auflösung bis zu  $100 \mu s$  abgetastet, also zeitlich deutlich höher als die Kommunikationszykluszeit aufgelöst.

Die ermittelten Daten werden an die zugehörige Steuerung weitergegeben und lassen sich dort, dank der hohen Rechenleistung, für True-RMS- oder Leistungsberechnungen aber auch für komplexe anwenderspezifische Algorithmen nutzen. Dies ermöglicht es dem Anwender, ausführliche Kalkulationen oder Analysen durchzuführen und mithilfe von TwinCAT Scope den tatsächlichen Verlauf von Strom und Spannung darzustellen. Diese Vorteile kommen z. B. bei der Netzsynchrosation in Wasserkraftwerken zum Tragen.

#### Nahtlose Messtechnik-Integration bis hin zur Smart-Grid-Anwendung

Mit Scientific Automation verbindet Beckhoff die Bereiche der klassischen Steuerungstechnik, wie SPS, Motion Control und Regelungstechnik, nahtlos mit präziser und schneller Messtechnik sowie ingenieurwissenschaftlicher Algorithmik. Dabei lässt sich die Lösung auf einer einheitlichen Plattform umsetzen sowie, dank der Modularität des Systems, optimal an die jeweilige Applikation anpassen und einfach nachträglich erweitern. Auf diese Weise erhält der Anwender eine kompakte und kostengünstige Möglichkeit einer Transparentmachung des Energieverbrauchs, der die Voraussetzung für maximale Energieeffizienz und die Basis für zukünftige Smart-Grid-Anwendungen darstellt.

Zu Teilnehmern im Datennetz eines Smart Grid werden die Stationen durch die flexible Erweiterbarkeit der PC-basierten Steuerungstechnik von Beckhoff. Sie ermöglicht es dem Anwender, die Energie- und Zustandserfassung um Protokolle aus der Fernwirktechnik zu erweitern. Die Anlagen, ob nun Bürogebäude, Fabriken, Unterstationen in einem Verteilnetz, Windparks, BHKWs oder Biogasanlagen, können also auch nachträglich „Smart“ werden. So kann ein Bürogebäude negative Regelernergie erzeugen, in dem eine Wärmepumpe vorsorglich den Wärmespeicher belädt. Positive Regelernergie ließe sich über ein Notstromaggregat erzeugen, welches vom Netzbetreiber angefordert wird. Die Bereitstellung solcher Regelernergie wird heute schon von vielen mit Embedded-PCs ausgestatteten und in virtuellen Kraftwerken zusammengefassten Liegenschaften mit Beckhoff-Technik realisiert.

weitere Infos unter:

[www.beckhoff.de/leistungsmessung](http://www.beckhoff.de/leistungsmessung)

[www.beckhoff.de/TwinCAT](http://www.beckhoff.de/TwinCAT)