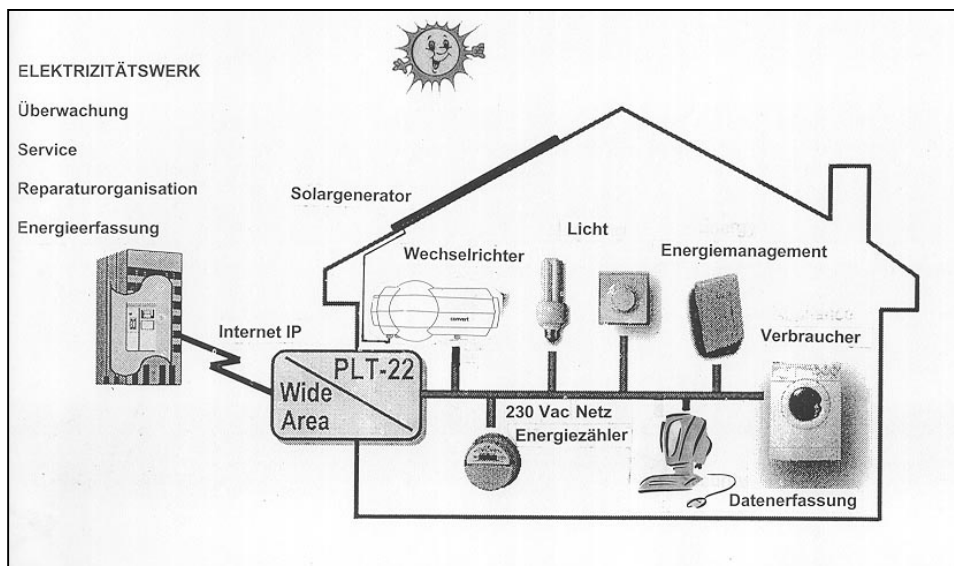


Schlussbericht PV P+D, DIS 32443 / 72340, Mai 2003

LonWorks als Feldbus für PV-Anlagen

ausgearbeitet durch:
Christoph von Bergen
Sputnik Engineering AG
Hauptstrasse 135, 2560 Nidau



Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	3
Zusammenfassung	4
Projektziele	5
Projektbeschreibung	5
Hintergrund: Qualitätskontrolle und Informationsbeschaffung über PV-Anlagen	5
Problem: Messdatenerfassung als proprietäre Einheit	5
Lösung: Mit LonWorks sprechen alle "PV-Teilnehmer" die gleiche Sprache.....	5
Beispiel einer PV-Anlage mit LonWorks	6
1. Phase: Entwicklung eines LonWorks-Inverterknoten.....	8
Aufbau LonWorks-Netzwerk.....	8
Betrieb des Netzwerkes über die 230Vac-Netzleitung (PLT: PowerLineTransmission)	9
PC-Server- und Netzwerkkonfigurationstool (Client-Server Architektur)	10
2. Phase: Überwachungssystem LonWorks für PV-Anlage GWP Felsenau Bern.....	12
Wechselrichter.....	12
Messknoten	13
Programm beim Computer vor Ort (Host)	13
Programm beim Fernrechner (Remote).....	13
Alarmierung	14
Messungen	15
Auswertung / Resultate	17
Schlussfolgerung	18
Anhang	18

LonWorks as Fieldbus for PV-Installations

Abstract

The growing market for photovoltaics increasingly requires suitable quality controls covering plant operators, planners and installers, as well as the electric utilities. Additionally, the interest of the general public in the behaviour of PV plants is growing. This includes information from everyday practice. Alongside data retrieval, other themes such as the operative management of the unit and energy management become increasingly important for grid connected PV systems. Today's measuring systems are not compatible with each other. Data communication between different PV plants with computer aided analysis- and visualisation programmes is very complicated.

LonWorks was introduced by Motorola and Toshiba in 1991. Today it leads the world market for field bus systems. With plug&play, components by several manufacturers can easily be incorporated into a LonWorks network. Today more than 3'500 companies use LonWorks technology.

The goal of this project is to introduce the very popular LonWorks-technology as a new standard for PV-applications. The first objective was to develop a LonWorks-interface for our Convert inverters and to connect them into a small network. In a second step we installed a lonworks-system at the 260 kWp pv-plant Felsenau in Berne. All 68 inverters are controlled over powerline with LonWorks. The on-site PC acts as LonWorks-DataServer and making remote information monitoring and data gathering possible. As soon as a functional error occurs, an alarm will be transmitted via modem to the SMSC (Short Message Service Centre). After two years of operation we can say that all expectations were fulfilled by our new system.

Knowledge gained from this project has shown that LonWorks has lived up its considerable promise and can be regarded as a high quality piece of technology. Integration into an overall system is technically very easy. To do this, however, relatively expensive software solutions have to be used as integration tools. This pressure on prices has the result that in the case of smaller applications (< 25 network nodes), this technology cannot compete with solutions that are already on the market.

In addition, the expected penetration of a standardised field bus system into the PV sector has just not happened. Users appear to have resigned themselves to the disadvantages of the various proprietary communications solutions. This lack in demand makes the introduction of such a system even more difficult.

LonWorks als Feldbus für PV-Anlagen

Zusammenfassung

Der Wachstumsmarkt Photovoltaik verlangt zunehmend geeignete Qualitätskontrollen bei Anlagenbetreibern, Planern und Installateuren sowie Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Zusätzlich steigt das Interesse in der Bevölkerung, sich über das Verhalten von PV-Anlagen zu informieren. Dazu gehören Informationen aus der Praxis. Neben der Datenerfassung werden die Themen Betriebsführung der Anlage und Energiemanagement auch im PV-Netzverbund immer wichtiger. Die heutigen Messsysteme sind untereinander nicht kompatibel. Der Datenaustausch der verschiedenen PV-Anlagen mit computergestützten Analyse- und Visualisierungsprogrammen wird sehr umständlich.

LonWorks ist ein offenes Feldbussystem und wird in den Bereichen Gebäudeautomation, Prozessautomation, Heim-, Consumerbereich, Energieverteilung, usw. eingesetzt. Im plug&play-Verfahren lassen sich Komponenten unterschiedlichster Hersteller problemlos in ein LonWorks-Netzwerk integrieren.

Bei diesem P&D-Projekt soll gezeigt werden, dass LonWorks auch in der Photovoltaik das optimale Feldbussystem darstellt. Mit LonWorks als Feldbus wird ein Standard vorgegeben, der von allen Interessierten genutzt werden kann. Die Einführung von LonWorks in der PV-Branche schafft die wichtige Voraussetzung, dass alle Beteiligten unter den gleichen Bedingungen von diesem System profitieren können. Hersteller von Solarkomponenten können selber entscheiden, ob sie ihr Produkt mit einem LonWorks-Interface ausstatten wollen oder nicht. Mit der Zeit sollte eine vielfältige LonWorks-Produktpalette von PV-Komponenten vorhanden sein.

In der ersten Projektphase wurde ein Netzwerkinterface für die Convert-Wechselrichter entwickelt. Das Interface ermöglicht die Datenkommunikation über das 230Vac-Netz (PLT: PowerLineTransmission). Der neue Inverterknoten wurde zuerst im Labor einem eingehenden Kommunikationstest unterzogen. Es zeigte sich, dass sich LonWorks bestens für den Einsatz in der Photovoltaik eignet.

Im Anschluss an das erste Projekt sollte das System an einer grossen P&D-Anlage auf seine Leistungsfähigkeit und die Grenzen untersucht werden. Die PV-Anlage Gewerbepark Felsenau in Bern war nach dem Ausbau im Herbst 2000 mit 260 kWp die grösste dachmontierte PV-Anlage in der Schweiz. Diese Anlage war als P&D-Objekt für unseren Zweck bestens geeignet, da sie mit 68 Convert-Wechselrichtern (Sputnik-Fabrikat) bestückt ist. Dadurch konnten bei dieser Anlage die Wechselrichter einfach mit unseren Inverter-Knoten PLT (PowerLineTransmission) nachgerüstet werden.

Nach der Einführung (Tests und Modifikationen) wurde der Messbetrieb im Januar 2001 gestartet. Die Betriebserfahrungen über die vergangenen zwei Jahre haben gezeigt, dass das System über die gewünschte Stabilität verfügt und sich bestens bewährt hat.

Die Erkenntnisse aus diesem Projekt zeigen, dass LonWorks die hohen Versprechen einhält und als eine qualitativ hochstehende Technologie bezeichnet werden kann. Die Integration in ein Gesamtsystem ist technisch einfach möglich. Als Integrationswerkzeuge müssen dazu aber relativ teure Softwarelösungen eingesetzt werden. Dieser Preisdruck hat zur Folge, dass bei Kleinanwendungen (< 25 Netzwerkknoten) diese Technologie gegenüber den vorhandenen bestehenden Lösungen nicht konkurrenzieren kann. Zusätzlich hat die erwartete Durchdringung eines standardisierten Feldbussystems in der PV-Branche nicht stattgefunden. Die Anwender scheinen sich mit den Nachteilen von verschiedenen proprietären Kommunikationslösungen abgefunden zu haben. Dieser fehlende Bedarf erschwert die Einführung eines solchen Systems.

Projektziele

In der ersten Phase wurden folgende Ziele gesetzt:

- Einarbeiten in die LonWorks-Welt
- Systemdesign Netzwerk
- Hardwaredesign Netzwerkknoten
- Entwicklung der Software im Netzwerkknoten zur Kommunikation mit Convert
- Layout und Produktion Netzwerkknoten mit Interface für Twisted-Pair und Power-Line
- Installation und Inbetriebnahme eines LonWorks-Netzwerkes mit mehreren Convert
- Betrieb des Netzwerkes über die 230Vac-Netzleitung (PLT: PowerLineTransmission).
Anhand der bereits bestückten PLT-Einheit auf dem Inverterknoten wird dieses Verfahren auf Leistungsfähigkeit, Störfestigkeit und Datendurchsatz untersucht.
- PC-Server- und Netzwerkkonfigurationstool
Damit das Netzwerk ohne Systemkenntnisse in Betrieb genommen und gewartet werden kann, müssen zusätzliche Installations- und Konfigurationstools für den PC entwickelt werden.

In der zweiten Phase wurde ein System in der PV-Anlage Felsenau Bern getestet:

- Installation und Inbetriebnahme der Hardware an der PV-Anlage Felsenau
- Tests und Modifikationen zum Erlangen des vollautomatischen Messbetriebes
- Auswertung des vollautomatischen Messbetriebes

Projektbeschreibung

Mit der Einführung von LonWorks als Feldbussystem wird in der Photovoltaik (PV) ein Standard gesetzt, welcher:

- über einen weltweiten Hintergrund als Technologie verfügt und
- als offenes System für alle Anwender universell einsetzbar ist.

Hintergrund: Qualitätskontrolle und Informationsbeschaffung über PV-Anlagen

Durch die zunehmende Verbreitung von PV-Anlagen ist der Wunsch einer geeigneten Qualitätskontrolle in den betroffenen Kreisen (Anlagebetreiber, Planer & Installateur, Elektrizitätswerk, usw.) vorhanden.

Zusätzlich besteht ein breites Publikum, welches sich über das Verhalten von PV-Anlagen informieren möchte. Dazu gehören Informationen aus der Praxis. Aus diesem Grund sollten von den PV-Anlagen aktuelle Betriebsdaten und Langzeitmesswerte geliefert werden.

Problem: Messdatenerfassung als proprietäre Einheit

Der Wunsch die PV-Anlage mit einer Messdatenerfassung auszurüsten, kommt in der Regel vom Anlagebetreiber (Ausnahme P&D-Projekte). Die Messdatenerfassung wird zusätzlich in die Anlage integriert, d.h. der Anlagebetreiber erhält ein System, welches seinen Bedürfnissen entsprechend angepasst wird. Dazu werden entsprechende Sensoren, Messumformer, Datenverbindungsleitungen und Datenerfassungsgeräte installiert und das Messsystem muss konfiguriert oder programmiert werden. Die Anlagekosten nehmen dabei unnötig zu, weil gewisse Funktionen doppelt aufgebaut werden (Bsp. separate Messdatenerfassung für Wechselrichter und Datalogger).

Die heutigen Messsysteme sind untereinander nicht kompatibel. Der Datenaustausch der verschiedenen PV-Anlagen mit computerunterstützten Analyse- und Visualisierungsprogrammen wird sehr umständlich.

Lösung: Mit LonWorks sprechen alle "PV-Teilnehmer" die gleiche Sprache

LonWorks ist ein offenes Feldbussystem, welches eine Kommunikationsplattform für dezentrale intelligente Steuersysteme darstellt. LonWorks ist ein weltweiter Quasi-Standard für interoperable Produkte. LonWorks wird als Bussystem in den Bereichen Gebäudautomation, Prozessautomation, Heim-, Consumerbereich, Energieverteilung, usw. eingesetzt.

LonTalk hat die Funktionalität des Netzwerkprotokolls (OSI-Layer 1 bis 6) bereits integriert, d.h. für den Anwender entfallen die aufwendigen Kommunikations-Programmerroutinen.

LON wurde 1991 von Toshiba und Motorola auf dem Markt eingeführt und ist heute als Feldbussystem weltweit führend.

LonMark ist eine Organisation, welche weltweit die Kontrolle über die neu eingeführten LonWork-Produkte übernimmt. Produkte, welche über das LonMark-Qualitätslabel verfügen, halten sich an den strengen Interoperability-Standard. Ziel ist es, den Herstellern und Anwendern die Vorteile und den Nutzen der Standardisierung von LonWorks deutlich zu machen. Dadurch wird die Herstellung und Nutzung von LonWorks-Produkten einfach und sicher. Im plug&play –Verfahren lassen sich Komponenten unterschiedlichster Hersteller problemlos in ein LonWorks-Netzwerk integrieren.

Momentan setzen weltweit mehr als 3'500 Firmen die LON-Technologie ein. Über 200 Firmen sind LonMark-Partner. Dazu gehören: ABB, ALCATEL, Camille-Bauer, Cerberus, Danfoss, KABA, Landis & Staefa, Hitachi, Honeywell, Matsushita, Olivetti, Cisco Systems, Philips, Sauter, Schindler, Weidmüller und viele mehr...

In der Systemtechnik von PV-Anlagen wird mit dem Einsatz von LonWorks ein neuer Standard in der PV gesetzt, welcher sich durch folgende Vorzüge auszeichnet:

Universelles Feldbussystem

- Offene Bustopologie ⇒ Einfache Installation, Erweiterung und Wartung
- Breite Palette an Übertragungsmedien (Twisted Pair, Koax, 230V-Netz, Infrarot, Funk, Lichtwellenleiter, ISDN, Internet, usw.)
- Netzwerkstruktur hat einen hohen Adressierungsbereich

Anlageüberwachung/ Diagnose

- Vollautomatische kontinuierliche Anlageüberwachung
- Wartungsfreundliche, weil intelligente Störungsdiagnose und -lokalisierung
- Standort der Überwachungseinheit ist frei bestimmbar und erweiterbar

Datenerfassung

- Alle betriebsrelevanten Daten jedes Wechselrichters können abgefragt und abgespeichert werden. Dataloggerfunktion einfach integrierbar.
- Zusatzmodule (Einstrahlungsmessung, Temperatur, EW-Energiezähler, Anlageinformationsdisplays, usw.) holen/ geben ihre Informationen ans Netzwerk.
- Durch Internet-Ankopplung können Anlagedaten zu Forschungs-/ Ausbildungs- und Informationszwecken an die entsprechenden Kreise (Universitäten, Berufsschulen, usw.) einfach abgegeben werden.

Flexibles Energiemanagement

- Elektrische Verbraucher können entsprechend der Einspeiseleistung zu- oder abgeschaltet werden ⇒ Minimierung von Lastspitzen
- Anbindung an Informationssysteme von Elektrizitätswerken für Lastfluss- und Netzkontrollzwecke

Beispiel einer PV-Anlage mit LonWorks

Die zukünftige PV-Anlage könnte folgendermassen aufgebaut sein:

- Solarmodul von Hersteller X mit eingebautem Einstrahlungs- und Modultemperaturknoten
- Mehrere Wechselrichter Produkt Y mit eingebauten LonWorks-Knoten
- Handelsüblicher Meteorosensor mit LonWorks-Interface von Firma U
- Handelsübliches Leistungsmodul mit LonWorks-Interface von Firma V
- Handelsüblicher Alarmmeldeknoden von Firma Q
- Kundenspezifisches Informationsdisplay mit LonWorks-Interface von Solar-Firma W
- PC-Server mit LonWorks-Interface konfiguriert von Solar-Firma R mit Programm L

Die Anlagedaten können folgendem Publikum zur Verfügung gestellt werden:

- Örtlichen Elektrizitätswerk für die Einbindung in das Netzleit- und Überwachungssystem
- Zuständigen Stellen für Wartung, Service und Datenauswertung der PV-Anlage
- Öffentlich per Internet für Private, Schulen, Universitäten, usw.

Die Übertragungsmedien des LonWork-Netzwerks werden an die örtlichen Gegebenheiten der Anlage angepasst. Die Meteosensoren, welche auf dem Dach stationiert sind, werden mit einer 2-Drahtleitung an LonWorks angeschlossen. Die Inverter verfügen über ein integriertes LonWorks-Power-Line-Modem. Dadurch findet die Kommunikation direkt über die 50Hz-Netzleitung statt. Das Informationsdisplay, installiert im Gebäudeeingang, ist per Funkmodem an LonWorks angekoppelt. Mit den entsprechenden Transceiver-Modulen findet die Anpassung an das entsprechende Übertragungsmedium statt. Das Programm, welches auf dem PC-Server (mit integrierten LonWorks-Interface) abläuft, kommuniziert mit den Knoten als Client-Server Applikation. Die gewonnen Messwerte werden in eine Datenbank abgelegt. Der PC-Server kann zusätzlich für die lokale Datenauswertung und Betriebsdiagnose genutzt werden.

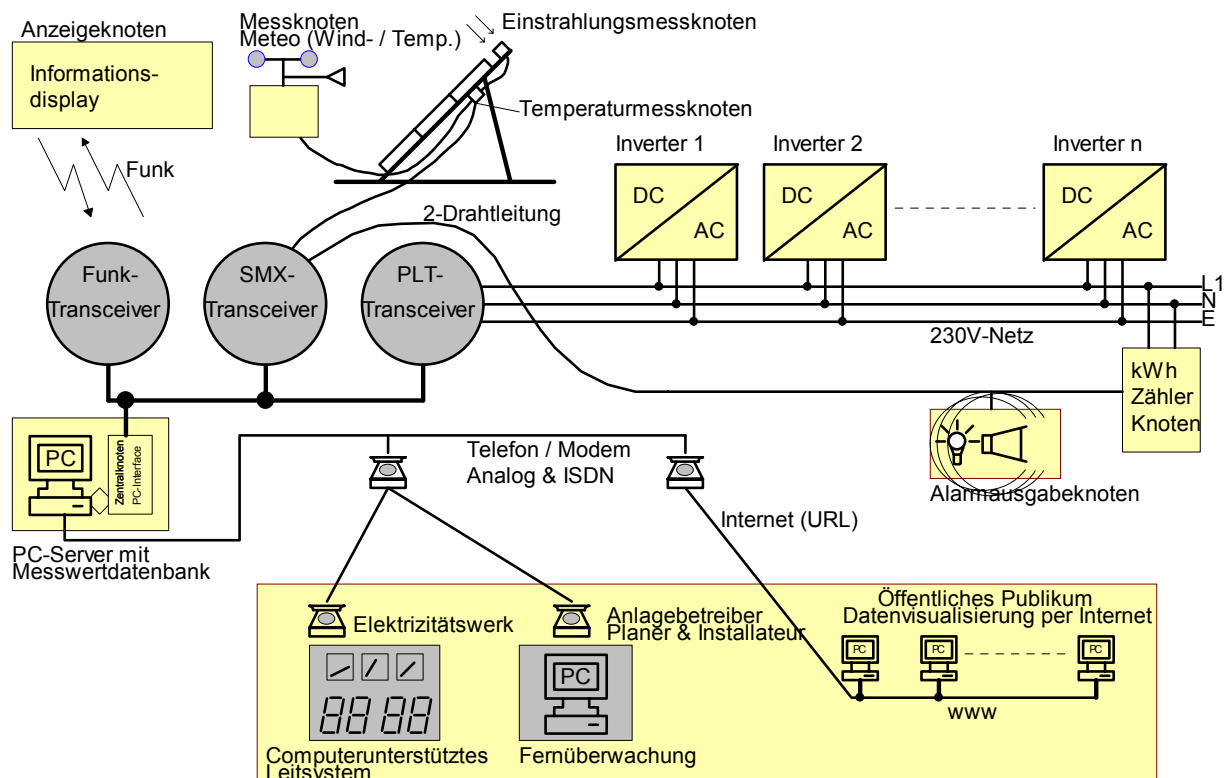


Abbildung 1: Beispiel einer PV-Anlage mit LonWorks

1. Phase: Entwicklung eines LonWorks-Inverterknoten

Für die weitergehenden Tests wurde ein Printprototyp entwickelt, welcher als LonWorks-Knoten die gesamte Elektronik für den selbständigen Betrieb beinhaltet. Das Herz besteht aus einem 3150 Neuron-Chip, externem 32kB RAM- und 32kB Flash-Speicher. Das Interface zum Convert wird mit dem optoelektrischen Modul von Siemens realisiert. Für die LonWorks-Netzwerkankoppelung sind zwei verschiedene Übertragungsmöglichkeiten auf dem Print aufgebaut. Bei der ersten Variante findet der Netzwerkverkehr via 2-Drahtleitung (Twisted Pair) und bei der zweiten Variante über die 230Vac-Netzleitung (Power Line) statt. Durch die Firma Echelon werden Übertragungsmodule (Transceiver) angeboten, welche die elektrische Anpassung vom NeuronChip zum entsprechenden Übertragungsmedium vornehmen. Dabei kann der Aufwand an zusätzlichen Bauteilen relativ gering gehalten werden. Beim Power-Line-Interface müssen einige passive Komponenten als externe Filter angebracht werden.

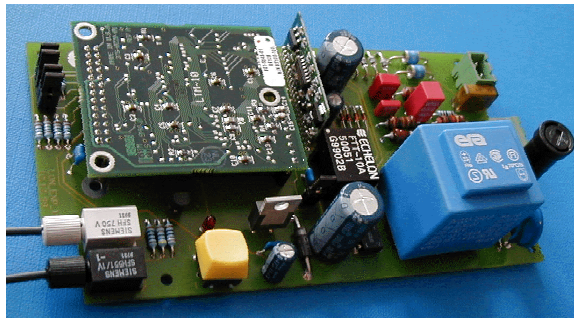


Abbildung 2: Foto Printprototyp Inverterknoten

Aufbau LonWorks-Netzwerk

Die ersten Funktionstests des Printprototypen wurden mit der Twisted-Pair Netzwerkverbindung gemacht. Alle Knoten wurden zuerst am Entwicklungssystem getestet und das NeuronChip-Programm (Application Image) wurde zu diesem Zeitpunkt auf die Zielhardware heruntergeladen. Das Netzwerk besteht aus 5 Inverterknoten und einem PC-Sammelknoten. An unserer Invertertestwand wurden 4 Convert 1000 installiert. Jedes Gerät wurde mit einem Inverterknoten verbunden, welcher im Netzwerk mit einer Twisted-Pair-Verbindung angebunden ist. Die Installation des Netzwerkes erfolgt mit dem Software-Tool LonMaker. Über eine grafische Oberfläche kann damit der Aufbau des Netzwerkes definiert werden. Jedem Knoten (Device) wird ein Funktionsblock zugewiesen. Am Funktionsblock können dann die vorhandenen Input/Output-Netzwerkvariablen (SNVT) sichtbar gemacht werden. Die SNVT's werden entsprechend der geforderten Funktion von Knoten zu Knoten verbunden (Binding). In unserem Fall verbinden wir die SNVT Wirkleistung von jedem Inverterknoten zum Sammelknoten.

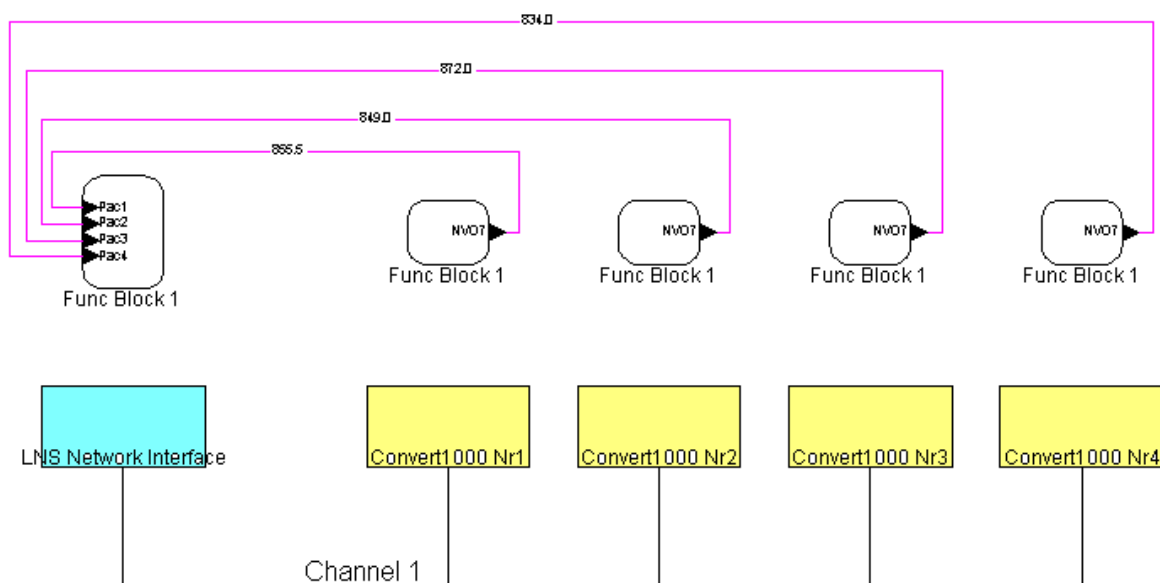


Abbildung 3: Darstellung Netzwerk mit LonMaker

Nachdem das Netzwerk installiert und in Betrieb ist kann LonMaker auch für Online-Tests benutzt werden. Der Wert der SNVT kann direkt bei der Verbindung dargestellt werden. In Abbildung 4 können die Wirkleistungen von 855, 849, 872 und 834 W abgelesen werden.

Zusätzlich können alle vorhandenen SNVT's pro Knoten angezeigt werden. Dazu wird das folgende Browser-Fenster geöffnet:

The screenshot shows the LonMaker Browser interface. The title bar reads "LonMaker Browser - Untitled". The menu bar includes "File", "Edit", "Browse", and "Help". The toolbar contains icons for file operations (open, save, print), network topology (bus, star, ring), and a search function. The search bar contains the text "0,RQ_NORMAL". Below the toolbar is a table with the following data:

Subsystem	Device	Functional Block	Network Variable	Config Prop	Mon	Value
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV10		N	0,RQ_NORMAL
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV01		N	0 0
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV010		N	0 0:0:0:0
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV02		N	147.7
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV03		N	1.6
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV04		N	895.0
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV05		N	237.7
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV06		N	3.6
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV07		N	842.5
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV08		N	40.2
CVTEST1	Convert1000 Nr1		NV09		N	0

Abbildung 4: Printscreen SNVTs von Inverterknoten Nr. 1

Aus diesem Fenster können folgende Werte gelesen werden: $U_{dc} = 147.7 \text{ V}$, $I_{dc} = 1.6 \text{ A}$, $P_{dc} = 895 \text{ W}$, $U_{ac} = 237.7 \text{ V}$, $I_{ac} = 3.6 \text{ A}$, $P_{ac} = 842.5 \text{ W}$, Kühlkörpertemp. = 40.2°C , $E_{Tao} = 0 \text{ kWh}$.

Betrieb des Netzwerkes über die 230Vac-Netzleitung (PLT: PowerLineTransmission)

Der von uns bereits entwickelte Printprototyp kann optional mit dem Netzwerkinterface für eine 2-Drahtleitung oder für die 230Vac-Netzleitung bestückt und betrieben werden. Das Herzstück für die PLT-Übertragung bildet der Transceiver-Baustein PLT-22. Dieser komplexe Baustein wurde von Echelon als wichtiges Bindeglied zwischen LonWorks-Komponenten und der Powerline-Übertragung entwickelt.

Der neue Inverterknoten wurde zuerst im Labor einem eingehenden Kommunikationstest unterzogen. Beim Testablauf hielten wir uns an die vom Hersteller angegebenen Prüfungen. Das Testresultat zeigt auf, dass der neue PLT-Knoten die nötigen Limiten einhält und unter zuverlässigem und robusten Einsatz am 230 Vac-Netz betrieben werden kann. Zusätzlich wird bei diesem Test gezeigt, dass der neu geschaffene PLT-Knoten ein „good citizen“ in der PLT-Gemeinde darstellt und nicht etwa durch ein Fehlverhalten die Kommunikation der anderen PLT-Teilnehmer beeinträchtigt.

Damit qualitative Vergleiche möglich sind, musste eine representative Testumgebung geschaffen werden. Dazu gehört:

- Eine kontrollierte 230Vac-Netzumgebung, welche Störsignale und Impedanzänderungen ausschliesst
- Bekannte Lastwiderstände (auf der Übertragungsfrequenz)
- Kalibrierte Messender und Messempfänger (Powerline-Communication-Analyzer PLCA22)

Beim ersten Versuch wurde ein Convert 2000 mit einem PLT-Knoten bestückt. Der Convert wurde an unserer Testwand unter Nennleistung betrieben. Hier zeigte sich, dass die Performance der Datenübertragung durch den Einfluss des Wechselrichters beeinträchtigt wurde.

Natürlich hatten wir bei der Evaluation von LonWorks Vorabklärungen betreffend der Störungen des Wechselrichters im Bereich der PLT-Trägerfrequenz (110 – 140 kHz) untersucht. Dabei hatten wir festgestellt, dass unsere Wechselrichter in diesem Frequenzbereich keinen unerwünschten Störpegel ($> 50 \text{ dB}_{\mu\text{Vrms}}$) aufweisen. Das Problem wird durch die eingebauten X-Kondensatoren (X-Kondensatoren befinden sich zwischen der Phase und dem Neutralleiter), welche zu EMV-Zwecken benötigt werden, ausgelöst. Ein grosser Teil der Sendeleistung wird im gräteeignen X-Kondensator abgeführt. Diese Dämpfung kumuliert sich mit der Anzahl der nahe beieinander installierten Wechselrichter.

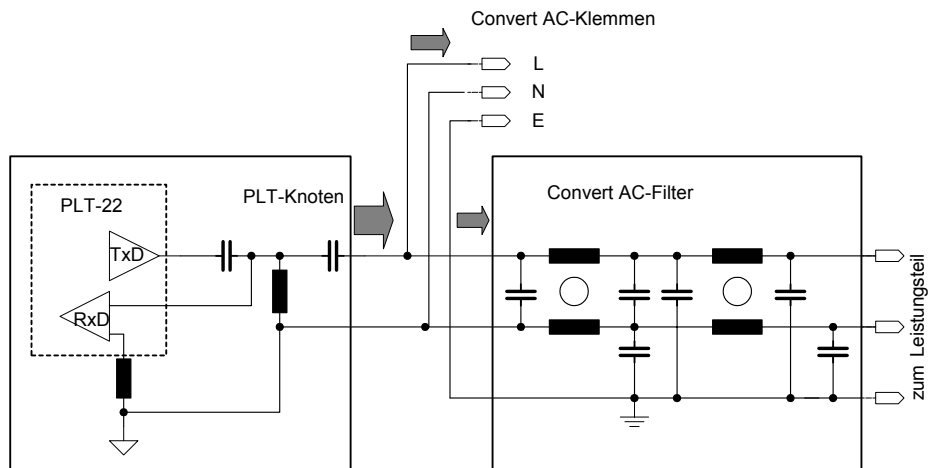


Abbildung 5: Aufteilung des abgegebenen Stromes beim Senden

Durch eine geeignete Modifikation des Filteraufbaus kann dieses Verhalten verbessert werden, wobei die vorgeschriebenen EMV-Normen eingehalten werden müssen. Dazu müssen am Gerät einige konstruktive Änderungen durchgeführt werden. Diese Massnahmen können erst bei einer folgenden Geräteüberarbeitung eingebracht werden.

Ein zweiter Versuch vom 7. August bis am 6. Dezember 2000 wurde bei der in Nidau installierten 50 kWp PV-Anlage Schulhaus Weidteile (Eigentümer: SAG Schweiz) aufgebaut. Diese Anlage ist mit 21 Convert 2000 (IP54) aufgebaut. Die Inverter sind unter den Solarmodulen im Freien montiert. Bei diesem Versuch wurden in drei Convert 2000 ein PLT-Knoten eingebaut. Im 50 m entfernt platzierten Unterverteilkasten wurde ein Empfangsknoten installiert, welcher mit einem Modem verbunden wurde. Von unserer Firma wurden nun periodisch die Daten der drei Inverter via Modemverbindung abgefragt und ausgewertet.

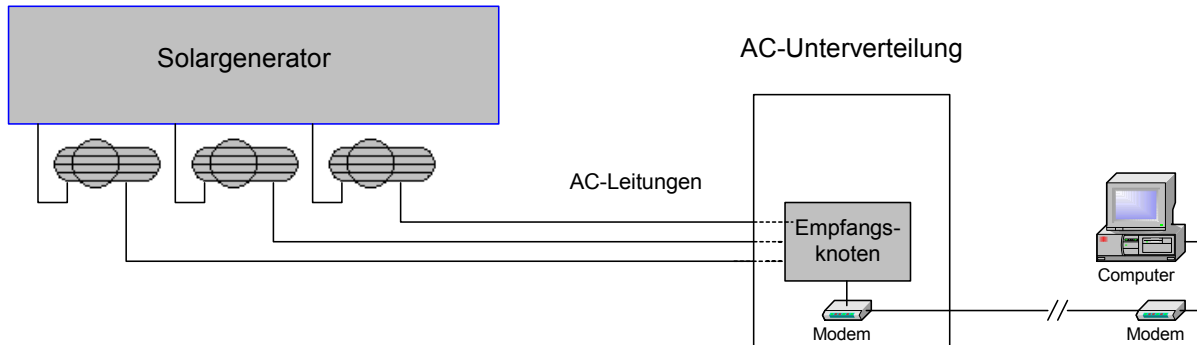


Abbildung 6: Versuchsaufbau bei 50kWp PV-Anlage Schulhaus Weidteile, Nidau

Bei diesem Aufbau wurde hauptsächlich die Zuverlässigkeit des LonWorks-Systems untersucht. Die drei in den Invertern eingebauten PLT-Knoten waren ständig wechselnder Temperaturen im Bereich von -5 bis 65 °C ausgesetzt.

PC-Server- und Netzwerkkonfigurationstool (Client-Server Architektur)

Dieses Kapitel befasst sich mit der Schnittstelle zwischen LonWorks-Netzwerk und PC. Das Ziel ist, eine möglichst flexible und vielseitig einsetzbare Lösung zu finden, um die Daten der LonWorks-Knoten auf dem PC sammeln und weiterverarbeiten zu können.

Grundsätzlich muss zwischen mehreren Teilproblemen unterschieden werden:

1. Der hardwaremässige Übergang vom LonWorks-Netzwerk zum PC.
2. Die Aufbereitung der Rohdaten vom LonWorks-Netzwerk in ‚brauchbare‘ Werte.

3. Die Bereitstellung der aufbereiteten Daten für potentielle Auswertungen.
4. Die Auswertung der Daten.

Eine Client-Server Architektur erlaubt die saubere Trennung von LonWorks-Netzwerk (Punkte 1. bis 3.) und Anwendungssoftware, weshalb eine solche Architektur von Beginn weg favorisiert wurde.

Da die LonWorks-Technologie auf eine Standardisierung in der Automation zielt (LonWorks), war auch das Bestreben vorhanden, für die PC-Software Standardkomponenten einzusetzen. Die Suche nach solchen Komponenten gestaltete sich recht aufwendig und die Entscheidung für eine bestimmte Lösung war schwierig, da selbst von den Anbietern wenig bis keine Erfahrungswerte zu haben waren. Verschiedene Produkte wurden in die Evaluation einbezogen.

Die Entscheidung fiel schliesslich zu Gunsten einer OPC-Lösung aus. Der OPC-Server von NewRon Systems und der OPC-Client JAVA-Bean von Ergotech Inc. Ausschlaggebend waren nebst der technischen Aktualität auch der Support. Der Schweizer Vertreter des NewRon-Servers bemühte sich um bestmögliche Unterstützung. Die JAVA-Bean von Ergotech war erst in einer Beta-Version erhältlich (dafür kostenlos) und es entstand ein ständiger Erfahrungsaustausch mit dem zuständigen Entwickler in den USA.

Systemtopologie

Folgende Grafik zeigt die Topologie des OPC-basierten Client-Server Systems.

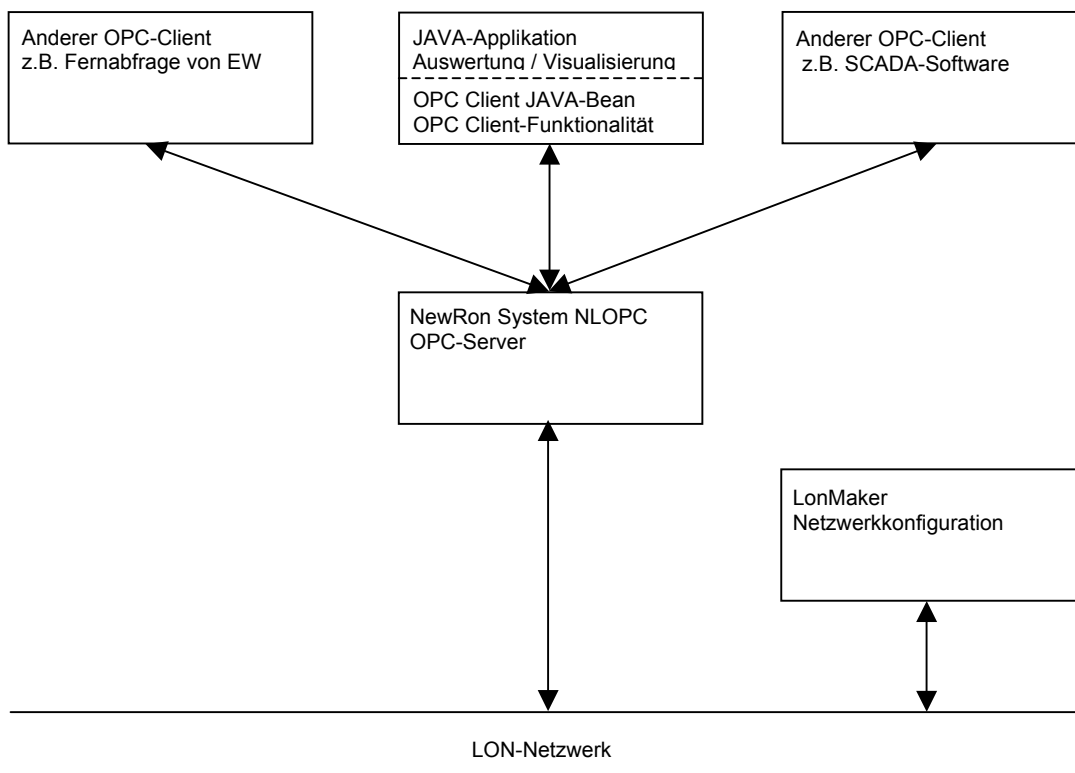


Abbildung 7: Topologie der Client-Server Architektur

JAVA-Applikation

Dies ist die eigentliche Software die es zu entwickeln galt. Kernstück ist die oben beschriebene OPC-Client JAVA-Bean. Um diese Komponente wurde eine Anwendung entwickelt, die die Netzwerkvariable der verschiedenen Geräte (Energiezähler, Wechselrichter, Meteosensor) periodisch abfragt und aus den erhaltenen Werten statistische Daten ermittelt (Erträge, Maxima und Minima etc.). Diese Werte können auf einer grafischen Oberfläche visualisiert oder in Dateien gespeichert werden.

Zu Demonstrationszwecken wurde eine einfache grafische Oberfläche erstellt, die die aktuellen Werte der Leistung und der Einstrahlung sowie den kumulierten Ertrag darstellt.

Diese Oberfläche ist eine mögliche Darstellung für die Werte der Solaranlage. Die Applikation ist modular aufgebaut, das heisst, die Darstellung der Werte ist unabhängig von der Erfassung der Daten. Für jede Anlage kann daher eine geeignete Darstellung entwickelt werden.



Abbildung 8: Darstellung der Werte zu Demonstrationszwecken

Das System erweist sich im Betrieb als wenig störungsanfällig. Zu Beginn fiel ungefähr im Monatsrhythmus die Übertragung der Daten zwischen OPC-Server und Client aus. Der Fehler konnte nicht lokalisiert werden, bzw. die Lieferanten der beteiligten Softwarekomponenten konnten keine Erklärung für dieses Verhalten abgeben. Das Problem wurde gelöst, indem eine Funktion eingebaut wurde, die das System regelmässig herunterfährt und neu startet.

2. Phase: Überwachungssystem LonWorks für PV-Anlage GWP Felsenau Bern

Im Anschluss an das erste Projekt soll das System an einer grossen P&D-Anlage auf seine Leistungsfähigkeit und die Grenzen untersucht werden. Die PV-Anlage Gewerbepark Felsenau in Bern war nach dem Ausbau im Herbst 2000 mit 260 kWp die grösste dachmontierte PV-Anlage in der Schweiz sein. Diese Anlage ist als P&D-Objekt für unseren Zweck bestens geeignet, da sie mit 68 Convert-Wechselrichtern (Sputnik-Fabrikat) bestückt ist. Dadurch können bei dieser Anlage die Wechselrichter einfach mit unseren Inverter-Knoten PLT (PowerLineTransmission) nachgerüstet werden.

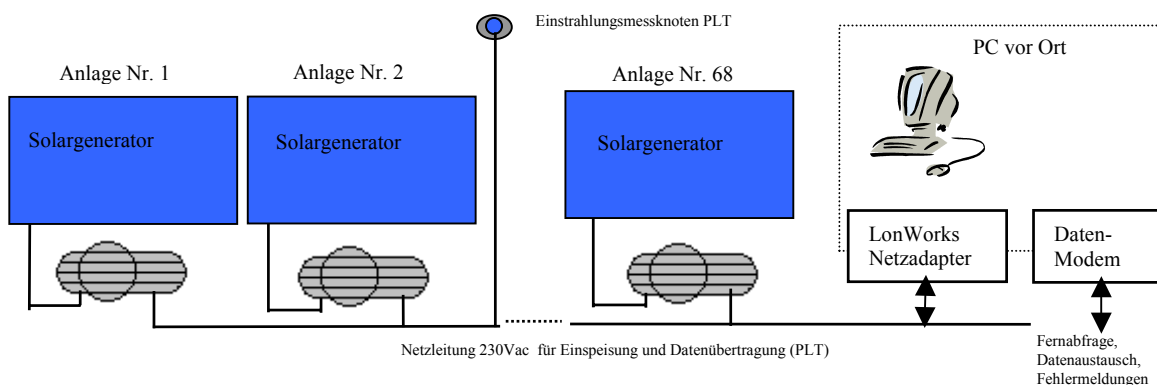


Abbildung 9: Aufbau der Gesamtanlage

Wechselrichter

Jeder Inverter verfügt über einen LonWorks-Knoten. Dabei befinden sich alle Knoten auf dem gleichen 230Vac-Bus. Mit einem Router (230Vac zu 2 Drahtleitung) und dem LonWorks-Interface (SLTA-10) findet die Kommunikation mit dem zentralen Computer (Host) statt.

Der bestehende LonWorks-Inverterknoten wurde nochmals überarbeitet. Dabei wurde der Powerline-Anschluss verbessert und der Aufbau der Steuereinheit (Neuron-Chip) vereinfacht.

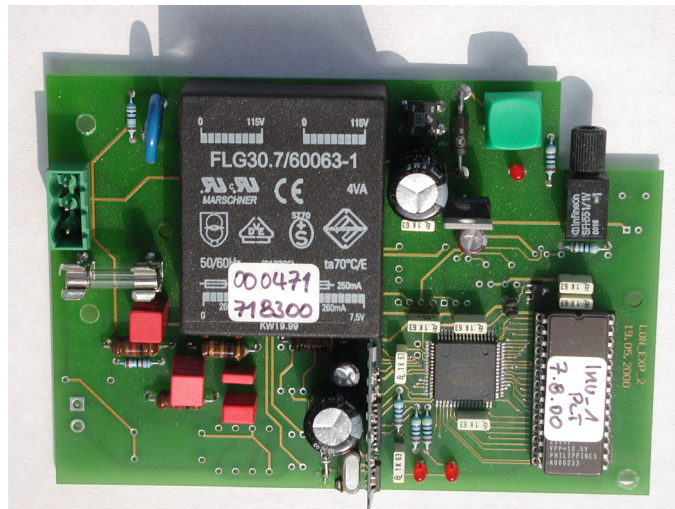


Abbildung 10: Überarbeiteter Inverterknoten

Messknoten

Es wurde ein Messknoten entwickelt, der Einstrahlung und Siliziumtemperatur vom externen Meteosensor erfasst. Zusätzlich wertet er die Impulse des EW-Bern kWh-Zähler aus und berechnet die entsprechende AC-Leistung und die total gelieferte Energie. Damit bei einem Netzunterbruch der kumulierte AC-Energiebetrag nicht verloren geht, befindet sich ein Stützakkumulator im Messknoten.

Programm beim Computer vor Ort (Host)

Der PC, welcher unter Windows 2000 Professional arbeitet, hat folgende Aufgaben zu erledigen:

LonWorks: Netzwerkmanagement (Installation, Update, Wartung)

LonWorks: Kommunikation mit Knoten

Schnittstelle LonWorks-Windows: Datenserver

Windows-Programm: Datenarchivierung (Datenbank)

Windows-Programm: Diagnose mit Ausgabe Monitor

Kommunikation: Datenübertragung via Modem zu Fernrechner

Kommunikation: Fehlermeldung SMS mit TAPI-Treiber

Um diese Aufgaben zu lösen, wurde unter der Programmiersprache Visual Basic ein Programm entwickelt.

Programm beim Fernrechner (Remote)

Das Programm beim Fernrechner, welches ebenfalls unter Visual Basic entwickelt wurde, hat folgende Dienste zu erledigen:

Kommunikation: Datenübertragung via Modem zu PC vor Ort

Windows-Programm: Datenarchivierung (Datenbank)

Windows-Programm: Aufbereitung der Daten für Auswertung in MS-Excel

MS-Excel: Grafische Datenvisualisierung (Leistungen, Energieerträge, usw.)

Das Programm Remote besteht aus den folgenden Hauptmodulen:

Remote

Übernimmt die Datenabfrage über das Modem (TAPI-Treiber) zum Host für ein Datenbank-Update oder die Abfrage der Online-Daten.

Beim Datenbank-Update wird der DB-Inhalt von Host und Remote verglichen. Danach wird nur der fehlende Teil übertragen. Nach einem Update sind beide Datenbanken identisch.

Online

Visualisierung der momentanen Anlagewerte, dabei kann von jedem Wechselrichter die Eingangsspannung, die Leistung, die normierte Leistung (Leistung pro installierte Solarzellenleistung), Energie und Kühlkörpertemperatur abgefragt werden.

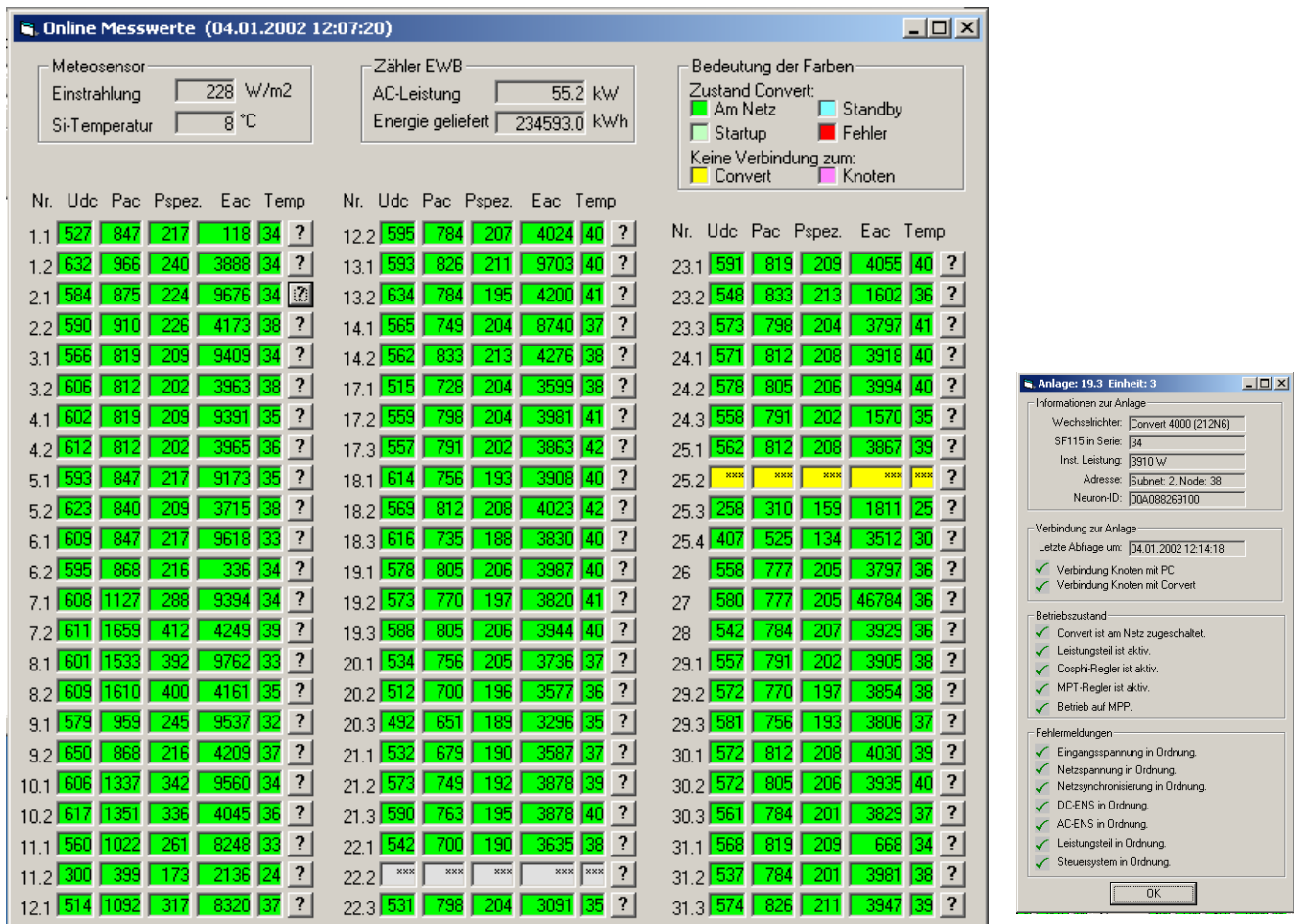


Abbildung 11: Darstellung Online-Messwerte (links) und Anlageinformation (rechts)

Abbildung 2 zeigt, dass momentan die Anlage Nr. 22.2 abgefragt wird und bei den Anlagen Nr. 25.2 eine Störung (keine Verbindung zum Convert) anliegt. Beim Drücken des Infoknopfes (?) kann der detaillierte Betriebszustand des entsprechenden Wechselrichters angezeigt werden.

Alarmierung

Die Alarmierung setzt eine SMS-Meldung bei einer Anlagestörung ab. Es wird nur eine Störung pro Tag abgesetzt.

Grundsätzlich wird bei der Alarmierung in Wechselrichter-Fehler oder Minderertrag unterschieden.

Wechselrichter-Fehler

Nach jedem Abfragezyklus aller Knoten werden die Wechselrichter anhand ihrer Betriebszustandsregister auf Störungen untersucht. Liegt bei einem Gerät eine Störung während 30 Minuten an, wird die SMS-Meldung abgesetzt.

Minderertrag

Die Minderertragskontrolle wird nach Ende der Tagesmessperiode gestartet (22 Uhr). Damit diese Kontrolle durchgeführt wird, muss pro Tag ein Gesamtertrag von mindestens 259 kW (entspricht 1 kWh/kWp für Gesamtanlage) erreicht werden.

Wenn dies der Fall ist, werden alle normierten Wechselrichtererträge (kWh/kWp pro Tag) mit dem normierten Gesamtanlageertrag verglichen und wenn die Abweichung grösser als 50% ist, wird eine SMS-Meldung abgesetzt.

Wenn am Sonntag keine Fehlermeldung abgesetzt wurde (WR-Fehler oder Minderertrag) meldet die Anlage den aktuellen EWB-Zählerstand.

Messungen

Die folgenden Diagramme wurden mit dem Überwachungssystem automatisch generiert.

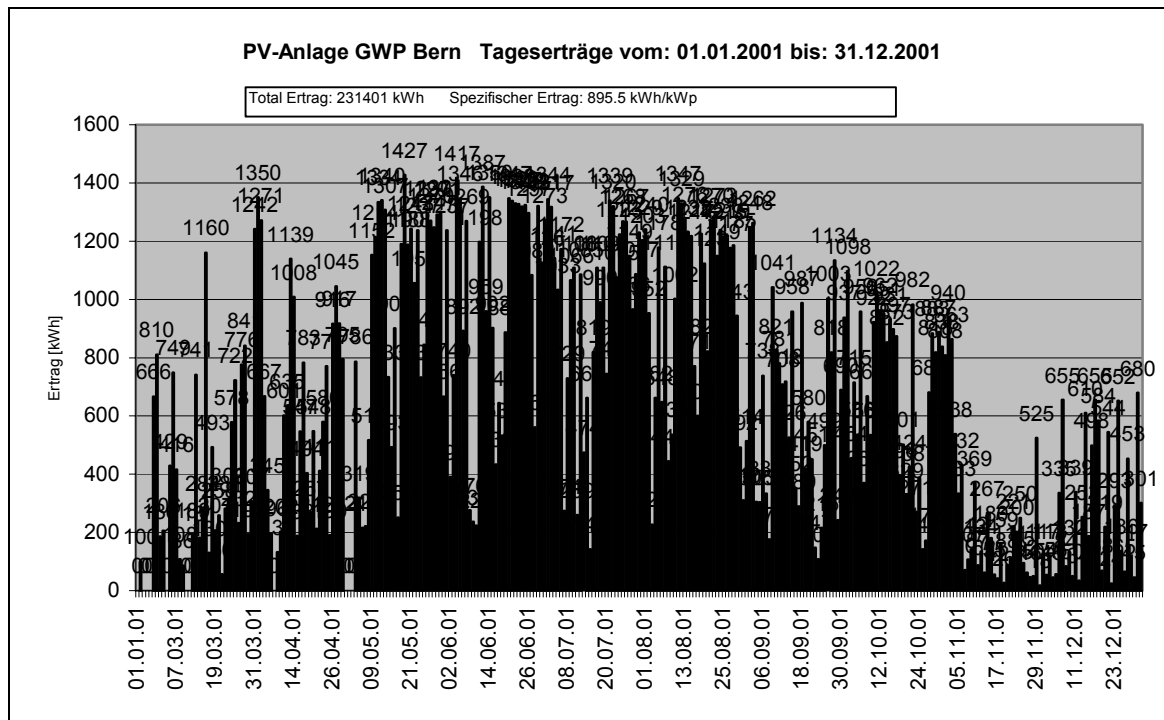


Abbildung 12: Automatische Tagesauswertung in MS-Excel

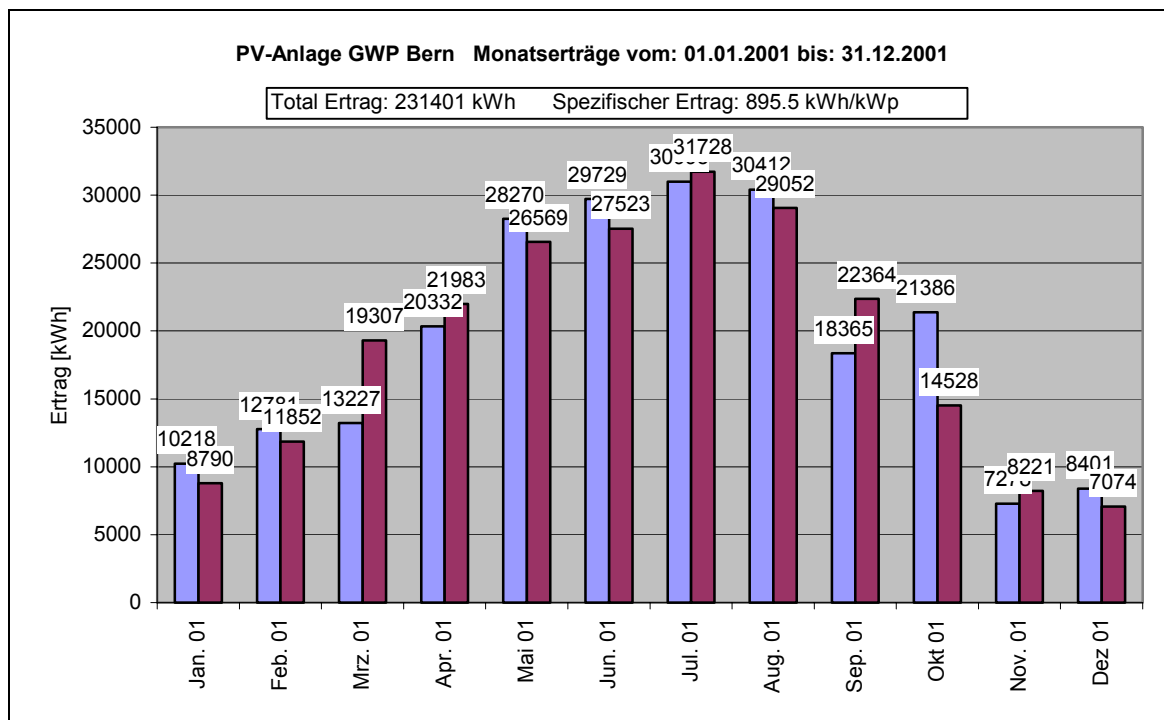


Abbildung 13: Automatische Monatsauswertung in MS-Excel

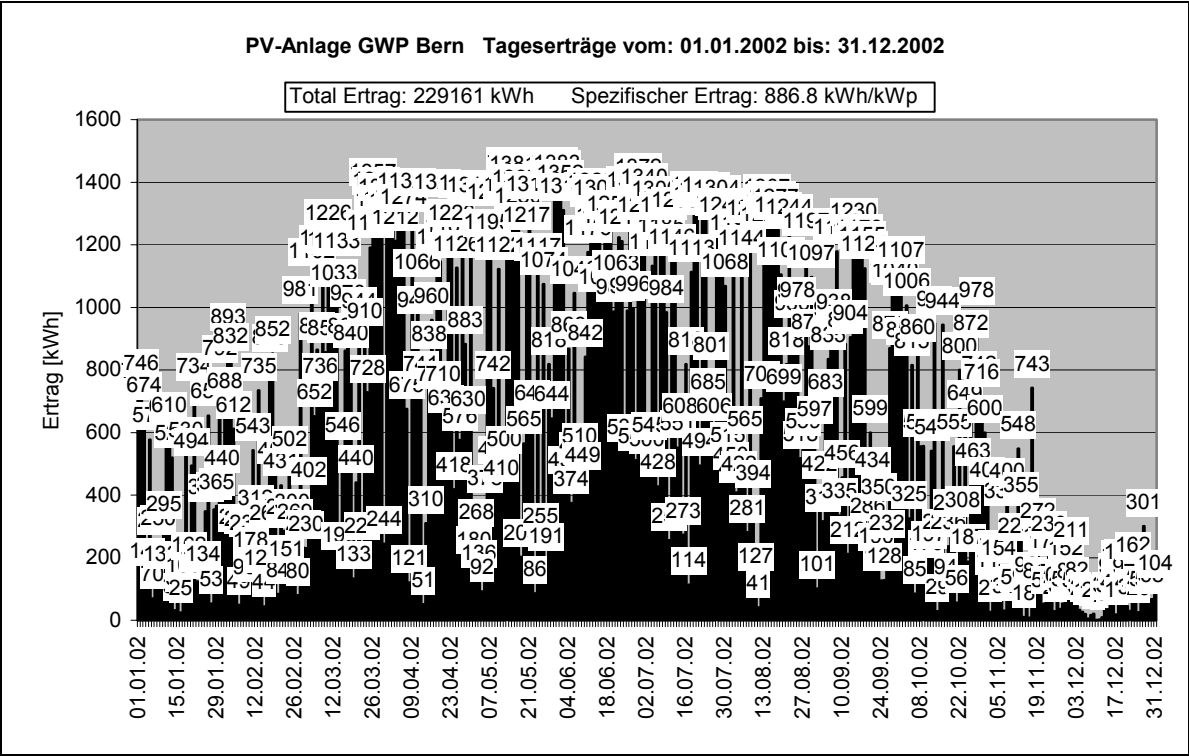


Abbildung 14: Automatische Tagesauswertung in MS-Excel

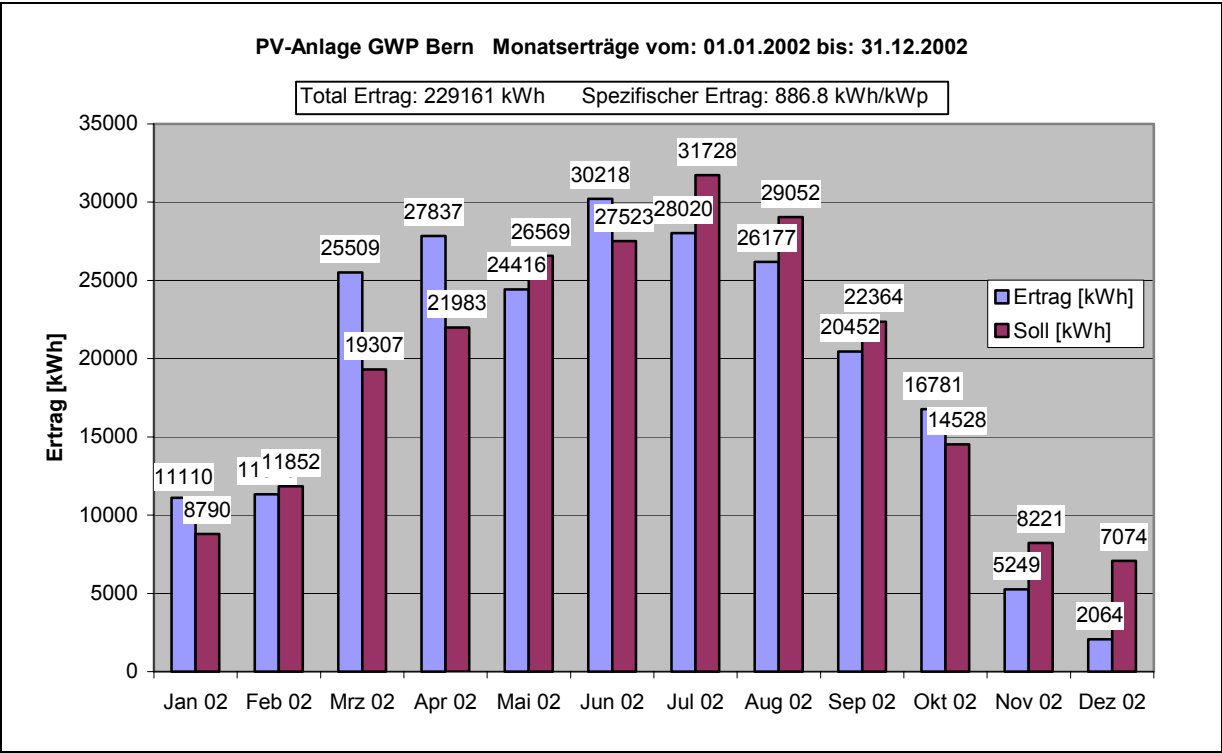


Abbildung 15: Automatische Tagesauswertung in MS-Excel

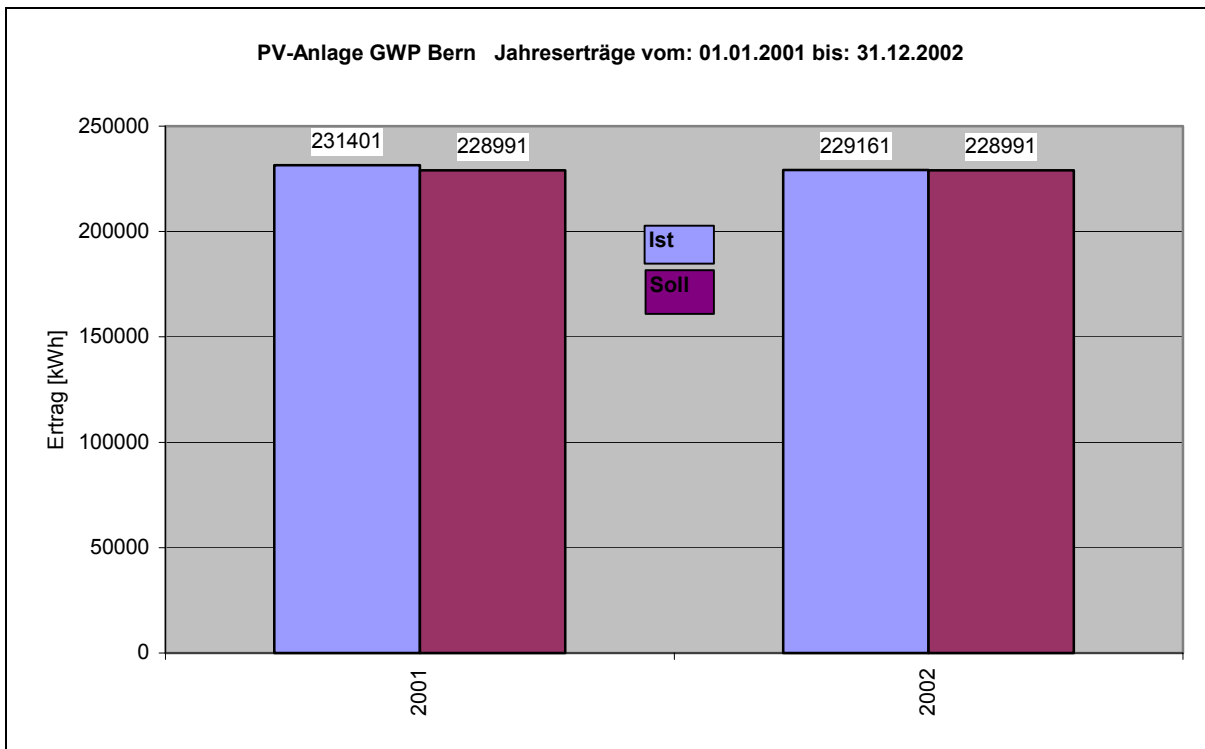


Abb. 3

Abbildung 16: Automatische Jahresauswertung in MS-Excel

Auswertung/ Resultate

Die Einführung der Power-Line-Übertragung von LonWorks besticht durch den kompakten und einfachen Aufbau. Dabei konnten wir wichtige Erkenntnisse und Erfahrungen mit der Datenkommunikation über die Netzleitung sammeln.

Mit der realisierten OPC-basierten Client-Server Architektur wurde eine technisch aktuelle und flexible Lösung gefunden.

Die Resultate der vergangenen 2 Jahre aus der PV-Anlage Felsenau in Bern bestätigten auch die hohe Verfügbarkeit und Störfestigkeit dieses Überwachungssystems.

Die erwartete Marktdurchdringung vom LonWorks-Bussystem hat nicht in allen potentiellen Einsatzbereichen stattgefunden. Die Technologie wird hauptsächlich bei mittleren und grossen System eingesetzt. Aus diesem Grund fehlen effiziente und kostengünstige Softwarelösungen für Kleinsysteme.

Für die PLT-Übertragung bietet die Firma Echelon exklusiv den Transceiver-Baustein PLT-22 an. Diese Schlüsselkomponente erfüllt alle technischen Anforderungen bestens. Leider hat dieser Baustein den Nachteil auf der finanziellen Seite. Die hohen Stückkosten verteuern den Preis des Inverterknoten erheblich. Dadurch hat die LonWorks-Lösung im Preisvergleich mit anderen Datenkommunikations- und Überwachungslösungen im PV-Bereich ein Handicap. Bei der Preisentwicklung des PLT-22 zeichnen sich momentan auch keine markanten Preisreduktionen ab.

Schlussfolgerung

Die Erkenntnisse aus diesem Projekt zeigen, dass LonWorks die hohen Versprechen einhält und als eine qualitativ hochstehende Technologie bezeichnet werden kann. Die Integration in ein Gesamtsystem ist technisch einfach möglich. Als Integrationswerkzeuge müssen dazu aber relativ teure Softwarelösungen eingesetzt werden. Dieser Preisdruck hat zur Folge, dass bei Kleinanwendungen (< 25 Netzwerkknoten) diese Technologie gegenüber den vorhandenen bestehenden Lösungen nicht konkurrenzieren kann. Zusätzlich hat die erwartete Durchdringung eines standardisierten Feldbussystems in der PV-Branche nicht stattgefunden. Die Anwender scheinen sich mit den Nachteilen von verschiedenen proprietären Kommunikationslösungen abgefunden zu haben. Dieser fehlende Bedarf erschwert die Einführung eines solchen Systems.

Aus den bereits erwähnten Gründen ist der universelle Einsatz dieser Technologie für die Photovoltaik momentan nicht möglich. Die aus diesem Projekt gewonnen Erfahrungen im Bereich der Feldbus- und der Power-Line-Übertragungs-Technologie waren für unsere Firma sehr wertvoll. Diese Erkenntnisse konnten in die Folgeentwicklung einer Kommunikationslösung auf dem RS485-Bussystem eingebracht werden. Zusätzlich konnte an unseren Wechselrichtern der netzseitige Aufbau des EMV-Filters verbessert werden.

Wenn die LonWorks-Technologie in Zukunft ihre Verbreitung auch im PV-Bereich steigern kann, sind wir daran interessiert, unser bei diesem Projekt erworbenes Know-How wieder einzubringen. Die dabei gefundenen Lösungen mit der universellen LonWorks-Plattform können der Photovoltaik im Bereich Automation und Telematik eine wichtige Unterstützung bieten.

Bisherige Publikationen/ Veröffentlichungen

- 15. PV-Symposium im Kloster Banz, D-Staffelstein, 15.-17.3.00, Vortrag: „Solarwechselrichter plaudert mit Geschirrspüler“
- Posterpräsentation an der Nationalen PV-Tagung vom 10./11.11.99 in Zürich und 6./7.11.00 in Neuchâtel.
- Jahresberichte 1999, 2000, 2001: Lonworks als Feldbus für PV-Anlagen

Anhang

Definition der Begriffe

Feldbus:	Kommunikationsplattform dezentraler Systeme (Netzwerk)
Knoten:	Intelligente Sensor-/Aktoreinheit, welche per Feldbus im Gesamtsystem integriert wird
LON:	Produktebezeichnung des Feldbussystems (Local Operating Network)
LonWorks:	Produktebezeichnung für diese Technologie
LonTalk:	Produktebezeichnung für das Netzwerk-Kommunikationsprotokoll
Neuron-Chip:	Produktebezeichnung für den Steuer- und Kommunikationsprozessor im Knoten
LonMark:	Organisation, welche die Produkte nach den Interoperability-Guidelines kontrolliert
Echelon:	Firma, welche für die Entwicklung der Kernprodukte (Neuron-Chip, Entwicklungstools, Transceiver, usw.) zuständig ist
OPC:	OLE for Process Control ist eine PC-Standardschnittstelle für Anforderungen in der industrielle Automation

Internet Adressen zu diesem Thema

Firma Echelon:	www.echelon.com
LonMark Interoperability Association:	www.lonmark.org
LonTech-Genossenschaft:	www.lontech.ch
Toshiba:	www.toshiba.com/taec/nonflash/indexlon.html
Cypress:	www.cypress.com/lonworks/index.html