

# Internetfähige Elektronik

Bis vor kurzem ist die Anbindung ans Internet leistungsfähigen Rechnern mit umfangreicher Software vorbehalten gewesen. Heute kann mit neuen Generationen von kleinen Microcontrollern (16 Bit oder 8 Bit) ein Ethernetknoten mit erstaunlichen Eigenschaften realisiert werden. Kundenspezifische Elektroniksteuerungen, die neben der Gerätesteuerung auch die Kommunikation via Internet bewerkstelligen, werden als Micro-Server oder Chip-Server bezeichnet. Der englische Ausdruck hierfür lautet Embedded Internet Electronic.



Mit der Internetfähigkeit elektronischer Steuerungen werden neue Möglichkeiten der Kommunikation eröffnet. Nachstehend werden die Vorteile aufgezeigt und es wird auf die zugrunde liegende Software und Hardware eingegangen.

## Nutzen und Vorteile

Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahren die Anzahl der internetfähigen Elektroniksteuerungen rasant zunehmen wird. Eine Vielzahl von Vorteilen wird diese Entwicklung beeinflussen. Das Ethernet hat sich als Standard für Datennetze durchgesetzt. Bei neuen PCs ist die RS232-Schnittstelle durch die Ethernetschnittstelle ersetzt worden. Mit den Protokollen TCP/IP existiert ein hard-

wareunabhängiger Standard, womit unterschiedlichste Steuerungen miteinander kommunizieren können.

Durch das Internet steht den Netzteilnehmern eine nahezu grenzenlose Kommunikationsinfrastruktur zur Verfügung. Für praktisch alle Feldbussysteme (Profibus, Interbus, CAN usw.) sind Schnittstellenadapter zu Ethernet erhältlich, so dass verschiedene Kommunikationssysteme miteinander verbunden werden können. Im Detail bringt die Ethernetschnittstelle folgende Vorteile:

- Bestehende Datennetze können durch Elektroniksteuerungen genutzt werden. Dadurch ist kein zusätzlicher Verdrahtungsaufwand notwendig

**Bild 1** Das Ethernet setzt sich als Standard für Datennetze vermehrt durch und es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahren die Anzahl der internetfähigen Elektroniksteuerungen rasant zunehmen wird.

- Steuerungen sind über Netzserver ans Internet angeschlossen
- Kommunikation mit Steuerungen kann von verschiedenen Orten erfolgen
- Verbindungen über grosse Distanzen möglich
- Es wird die «PC-Welt» mit allen ihren Möglichkeiten erschlossen. Dazu einige praktische Beispiele:
- Wartungsmeldungen per E-Mail an zentrale Servicestelle
- Fehlermeldungen per SMS an Servicetechniker
- Verbrauchsgesteuerte Kostenabrechnungen
- Betriebsdatenüberwachung
- Ferndiagnose und Fehlererkennung
- Prozessvisualisierung
- Finetuning und Geräteeinstellungen
- Download neuer Gerätesoftware.

## Software

In den 60er-Jahren vergab das amerikanische Militär den Auftrag, ein Protokoll zu schaffen,

das unabhängig von der verwendeten Hard- und Software einen standardisierten Informationsaustausch zwischen beliebig vielen verschiedenen Netzwerken möglich machen sollte. Aus dieser Vorgabe entstand das Protokoll TCP/IP und wurde im Jahre 1974 standardisiert.

Um einen Micro-Server realisieren zu können, braucht es detailliertes Wissen über die Datenübertragungsprotokolle und die Dienste im Internet. Die Kommunikation wird in Teilaufgaben zerlegt und in Schichten abgearbeitet, wie wir sie vom OSI-Modell (Open System Interconnection Model) her kennen. Aufgrund der Tatsache, dass das Internet vor dem OSI-Referenzmodell entstanden ist, können die Kommunikationsschichten des Internets nicht eindeutig dem OSI-Modell zugeordnet werden. Die Schichtung der Kommunikationsaufgaben nennt man Protokoll-Stacks. Die Zuordnung und Gegenüberstellung ist aus Bild 2 ersichtlich.

## In Kürze

Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahren die Anzahl der internetfähigen Elektroniksteuerungen rasant zunehmen wird. Geht die Standardisierung des TCP/IP-Protokolls «nur» ins Jahr 1974 zurück, ist Internet heute eine Selbstverständlichkeit. Um heute einen Micro-Server realisieren zu können, braucht es detailliertes Wissen. Das Thema «Netzwerk- und internetfähige Elektronik» erfreut sich zurzeit bei Fachleuten eines regen Interesses. Die Iftest AG plant daher die Wiederholung eines Informationsanlasses zum Thema «Netzwerk- und internetfähige Elektronik».

Die Aufgabe des Network Interface Controllers ist die Behandlung der Daten in der untersten Bearbeitungsschicht. Diese beinhaltet die Protokolle und die Treiber gemäss IEEE802. Über die Parallelschnittstelle werden die Daten zwischen Ethernet- und Microcontroller übermittelt. Die übrige Bearbeitung erfolgt durch den Microcontroller.

Der Schlüsselpunkt ist die Kommunikationssoftware im Microcontroller. Aufgrund der beschränkten Ressourcen müssen die Protokolle so weit angepasst werden, dass einerseits noch eine sichere Datenübertragung gewährleistet werden kann und andererseits mit den Arbeits- und Programmspeichern sowie der Rechenleistung sparsam umgegangen wird.

Es ist sehr wichtig, dass die Software der verschiedenen Layer sauber und korrekt arbeitet, nur so kann eine stabiler Netzbetrieb gewährleistet werden. Fehlerhafte Software kann ganze Netzwerke lahm legen.

### Protokolle

Die Kommunikation im Internet besteht aus einer Vielzahl von Protokollen mit unterschiedlichsten Aufgaben (Tabelle 1). Welche Protokolle in einer Steuerung implementiert werden, ist von der Anwendung abhängig.

Die wichtigsten Protokolle sind TCP und IP und werden häufig in einem Atemzug genannt. Es sind jedoch zwei verschiedene Protokolle mit unterschiedlichen

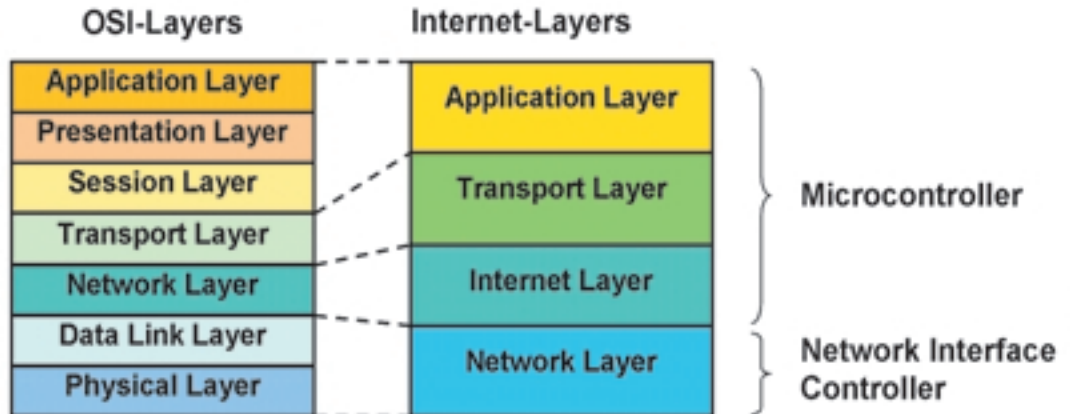
Aufgaben. Nachfolgend werden die Funktionen und Aufgaben der häufigsten Protokolle beschrieben. Die Spezifikationen dieser Protokolle sind zum Teil sehr umfangreich. Auf dem Markt sind gute Fachbücher mit genauer Beschreibung erhältlich.

### HTTP – Hypertext Transfer Protocol

Protokoll des World Wide Web, womit der Browser (Softwareprogramme wie Internet Explorer oder Netscape Navigator) den Datenaustausch unter den Teilnehmern steuert. Die Nutzdaten

### FTP – File Transfer Protocol

Unterstützt das Kopieren von Dateien von einem Computer zum andern im Internet. Es wird benötigt um Programme aus dem Internet herunterzuladen oder eine Webpage auf dem Webserver zu aktualisieren.



**Bild 2** Gegenüberstellung der OSI- und Internet-Layer. Die Schichtung der Kommunikationsaufgaben repräsentiert sich in den sogenannten Protokoll-Stacks.

Wir begnügen uns an dieser Stelle mit einem kurzen Überblick.

### SMTP – Simple Mail Transfer Protocol

Protokoll zum Versenden und Empfangen von E-Mails. Das Programm Outlook unterstützt mit diesem Protokoll den Datenaustausch.

### POP3 – Post Office Protocol Version 3

Protokoll, welches das Abholen von E-Mails vom E-Mail-Server ermöglicht und somit zum Empfangen von E-Mails dient.

liegen im HTML-Format (Hyper Text Markup Language) vor und können z.B. mit dem Frontpage-Editor erstellt werden. Durch dieses Protokoll können auch weitere Funktionen erfüllt werden wie die Übertragung von Programmen in Java (Interpretersprache).

### EGI – Embedded Gateway Interface

Embedded Gateway Interface ermöglicht die Einbindung dynamischer Werte in die Webpage durch Datenaustausch mit der Applikation.

### TCP – Transmission Control Protocol

TCP ist für den richtigen Datentransport zuständig. TCP wird auf IP aufgesetzt und sorgt nicht nur für die Verbindung der Teilnehmer während der Datenübertragung, sondern stellt auch die Korrektheit der Daten und die richtige Abfolge der Datenpakete sicher. Der TCP-Stack ist ein aufgesetzter Treiber, der alle für die Unterstützung des IP-Protokolls benötigten Funktionen zur Verfügung stellt. Das Transmission Control Protocol erfüllt folgende Aufgaben:

- Aufbau einer Verbindung zwischen zwei Teilnehmern (Client und Server)
- Daten senden und empfangen
- Datenflusskontrolle
- Handling von ressourcenabhängigen Datenpaketen (siehe auch IP)
- Behandlung von verlorenen Daten
- Behandlung von doppelten Daten
- Behandlung von Netzwerkfehlern
- Beenden von Verbindungen

### IP – Internet Protocol

Protokoll, das die Verbindung von Teilnehmern ermöglicht, die

Tabelle 1: Protokolle mit unterschiedlichen Aufgaben		
Layer	Funktion	Protokolle
Applikation	Bindeglied zur Anwendung Darstellung der Daten	SMTP – Simple Mail Transfer Protocol POP3 – Post Office Protocol Version 3 HTTP – Hypertext Transfer Protocol EGI – Embedded Gateway Interface FTP – File Transfer Protocol SLIP – Serial Line Internet Protocol
Transport Fehlerkorrektur	Datenflusskontrolle	TCP – Transmission Control Protocol
Internet	Adressierung Netzzugriffsteuerung	IP – Internet Protocol DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol ICMP – Internet Control Message Protocol ARP – Address Resolution Protocol
Network	Adressierung Datenübertragung Fehlererkennung	Ethernet IEEE802.3 PPP – Point to Point Protocol

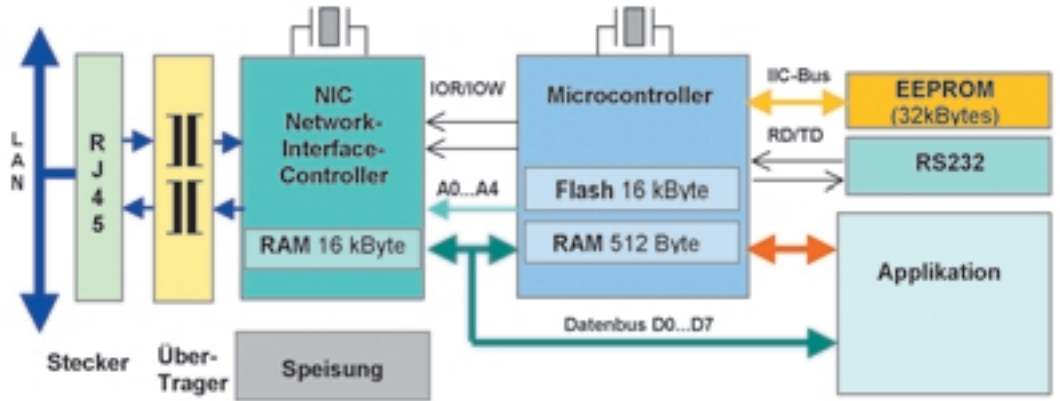
in unterschiedlichen Netzwerken positioniert sind. Auf die Universalität des IP-Moduls ist der Erfolg des Internet zurückzuführen.

IP verbirgt die darunterliegende Netzwerkhardware gegenüber der Netzanwendung. So bleibt das Netzwerk unberührt von der Hardwaretechnologie. Es übernimmt die Aufgabe des Netzzugriffes und der Adressierung. Die Datenübertragung erfolgt in Datenpaketen von 64 bis 1518 Byte. Damit wird gewährleistet, dass alle Teilnehmer des Datennetzes innerhalb nützlicher Frist Daten übertragen können.

Die IP-Adresse ist ein 4-Byte-Wert, der mit Punkten unterteilt wird (z. B. 117.168.23.19). Jede IP-Adresse darf im Netzverbund nur einmal auftreten. Die Adresse wird zum Teil dynamisch und zeitlich begrenzt mit DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) durch den Netzserver vergeben.

### DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

Dynamische, zeitlich begrenzte Zuteilung von IP-Adressen aus einem Adressenpool. Mit DHCP erfolgt die Initialisierung des Netzteilnehmers bei Netzanmeldung automatisch. Grundsätzlich hat dieses Verfahren den Effekt, dass jeder Netzteilnehmer bei Netzanmeldung eine andere IP-Adresse zugeteilt bekommt. Folgende



**Bild 4 Um minimale Servereigenschaften zu erreichen, müssen bestimmte Hardwarevoraussetzungen erfüllt sein.**

Informationen und Adressen werden vom Netzserver zur Verfügung gestellt:

- Zuteilung der (zeitlich begrenzten) IP-Adresse
- Zuteilung Subnet-Maske (Erkennung von internen und externen Netzteilnehmern)
- Zuteilung Gateway-Adresse (Ansprechpartner für Kommunikation mit externen Netzteilnehmern)
- Adresse des DNS-Servers, der Domain-Namen in IP-Adressen umwandelt.

Ohne DHCP müssen die Initialisierungsdaten dem Gerät von Hand zugewiesen werden. Durch dieses Protokoll kann der administrative Aufwand für den Netzteilnehmer klein gehalten wer-

den und dasselbe Gerät lässt sich ohne Änderungen an verschiedenen Orten des Netzes einsetzen.

### ICMP – Internet Control Message Protocol

Das ICMP-Protokoll ermöglicht die Übertragung von Status- und Fehlermeldungen sowie Echo-Anforderungen zwischen IP-Knoten.

### ARP – Address Resolution Protocol

Das ARP konvertiert die IP-Adresse in eine Ethernetadresse. Um Daten über das Ethernet austauschen zu können, muss der Sender die IP-Adresse und die Ethernetadresse des Empfängers kennen. Zur Ermittlung der Ethernetadresse bedient sich der IP-Treiber des ARP. Er macht eine globale Netzanfrage mit der bekannten IP-Adresse. Der Teilnehmer, der seine eigene Adresse erkennt, sendet die zu-

gehörige Ethernetadresse dem Absender der Anfrage zurück.

Die Ethernetadresse ist eine 6-Byte-Adresse, die mit Trennzeichen dargestellt wird (A3-42-E6-D7-04-23). Sie ist eine unveränderbare, physikalische Adresse einer Netzwerkkomponente im Ethernet.

### PPP – Point to Point Protocol

Dieses Protokoll unterstützt den Datenaustausch über eine serielle Schnittstelle (zum Beispiel über ein Modem) zwischen zwei Computern.

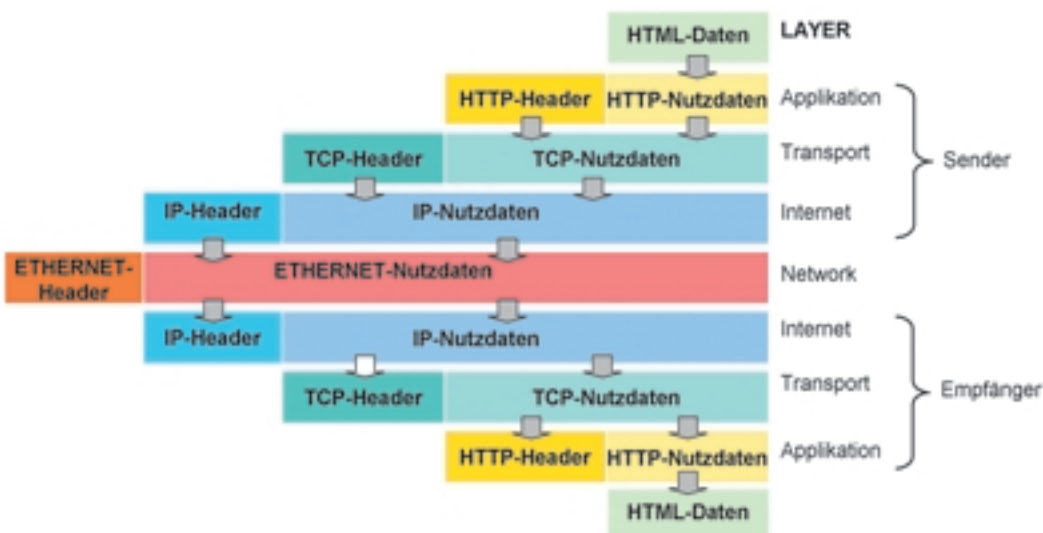
### Datentransportstruktur im Ethernet

Wie oben erwähnt, werden die verschiedenen Schichten einzeln abgearbeitet. *Bild 3* zeigt die prinzipielle Verschachtelung der Protokoll-Stacks beim Senden und Empfangen.

Anstelle von HTML-Daten können auch E-Mail-Daten (SMTP, POP3) oder File-Daten (FTP) mit dem zugehörigen Protokoll übertragen werden. Das TCP definiert in seinem Header die Quelle der Daten, so dass der Empfänger diese wieder dem entsprechenden Programm übergeben kann.

### Hardwarevoraussetzungen

Wenn von Servern gesprochen wird, denken die meisten Leute ans Internet und Webseiten gefüllt mit Informationen, animierte Grafiken und Bilder. Dazu sind grosse Ressourcen zur Verfügung zu stellen (Betriebssystem, Standardprogramme, Arbeitsspeicher, Harddisk, Rechenleistung).



**Bild 3 Die verschiedenen Schichten werden einzeln abgearbeitet. Die Grafik zeigt die prinzipielle Verschachtelung der Protokoll-Stacks beim Senden und Empfangen.**

Diese Ressourcen sind, kostenbedingt, bei den meisten Micro-Servern nicht vorhanden. Je nach Kostenrahmen sind Kompromisse in Bezug auf Funktion und Möglichkeiten unumgänglich. Um minimale Servereigenschaften zu erreichen, müssen hierbei folgende Voraussetzungen erfüllt werden (Bild 4):

#### Microcontroller

- Programmtaktrate (Befehlsbearbeitung) von zirka 2 MHz
- Interruptfähigkeit (Echtzeit-Tasks)
- 16 KByte Programmspeicher
- 512 Byte RAM

#### NIC – Network Interface Controller

- Parallelschnittstelle
- FIFO-Buffer
- zirka 8 KByte RAM

#### EEPROM 32 kByte

#### Übertrager, RJ45-Stecker (Physical Layer)

#### Spannungsversorgung, Resetschaltung, Oszillator

Bei der Programmtaktrate ist die Befehlszykluszeit angegeben, die Oszillatorfrequenz ist je nach Microcontroller um Faktor 4 bis 8 höher. Bei der Wahl des Microcontrollers sind auch die Hochsprachentauglichkeit und der Support der Herstellerfirma in Bezug auf Emulation und Unterstützung der Protokolle TCP und IP zu beachten. Dadurch können Entwicklungskosten gespart werden. Je nach Applikation muss mit einem grösseren Programm- und Datenspeicherbedarf gerechnet werden.

### Network-Interface-Controller

Die auf dem Markt erhältlichen Network-Interface-Controller sind vorwiegend für PC-Netzwerkarten vorgesehen und mit einem PCI-Bus-Interface ausgestattet. Sie werden in grossen Stückzahlen eingesetzt und sind dadurch relativ günstig. Bei der Wahl ist auf ein einfaches Bus-Interface und zur Entlastung des Microcontrollers auf einen rela-

tiv hohen Integrationsgrad zu achten. Insbesondere soll ein genügend grosser FIFO-Buffer zur automatischen Zwischenspeicherung von Ethernet-Frames vorhanden und eine komplette Treiberstufe für die Übertrager integriert sein. Viele Controller bieten zusätzlich hilfreiche An-

ger, Stecker und Leiterplatte beträgt rund CHF 70.– (Preisbasis: 200 Stk. inkl. Bestücken und Löten, ohne Prüfkosten). Die gesamte Schaltung lässt sich auf einer Fläche von 50 x 50 mm unterbringen.

Die Rechenleistung des Microcontrollers genügt um mit einem

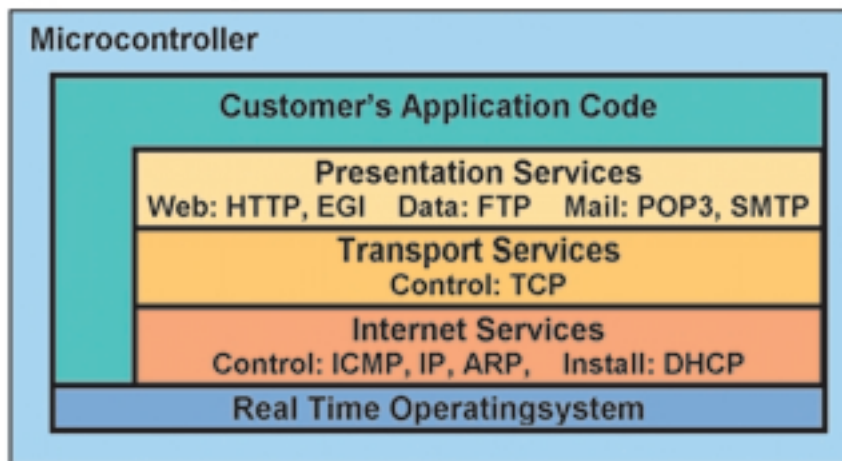
Verschiedene Internetdienste wie Address-Resolution-Protocol (ARP), Internet-Control-Message-Protocol (ICMP) und Dynamic-Host-Configuration (DHCP) werden unterstützt. Selbstverständlich sind die Kommunikationsprotokolle Transmission-Control-Protocol (TCP) und Internet-Protocol (IP) integriert. Die realisierte Softwarestruktur entspricht dem Schichtenmodell und ist in Bild 5 ersichtlich. Die Network-Schicht ist Bestandteil des separaten Network-Interface-Controllers und deshalb nicht in der Microcontrollersoftware integriert.

Für die Funktion des Micro-Servers ist für die ereignisgesteuerte Abarbeitung der Protokolle ein kleines Betriebssystem notwendig. Bei der Applikationssoftware ist darauf zu achten, dass in keinem Fall das Programm durch Warteschlangen blockiert wird.

### Die Details

In unserem Beispiel sind folgende Einschränkungen zu berücksichtigen.

- Es kann nur eine Anfrage gleichzeitig bearbeitet werden. Aufgrund der Tatsache, dass das TCP/IP-Protokoll sehr fehlertolerant ist und das Übermitteln der Daten nur ein paar Millisekunden dauert, ist die Wartezeit bei mehreren Anfragen für den Anwender praktisch nicht bemerkbar.
- Das Frame einer Webpage soll nicht grösser als 1500 Byte sein.



**Bild 5 Die Software des beschriebenen Funktionsmusters unterstützt Serverfunktionen mit einer implementierten Webpage im HTML-Format. Die Softwarestruktur entspricht dem Schichtenmodell.**

schlüsse für Statusanzeige mit LEDs.

### Speicherung der Webpage

Das EEPROM dient zur Speicherung der Webpage. Dieser Speicherraum kann auch im Microcontroller oder Network-Interface-Controller integriert sein. Eine RS232-Schnittstelle ist für die Funktion des Internetknotens nicht unbedingt notwendig, sie ist aber hilfreich für das Herunterladen und Aktualisieren der Webpage.

Eine Spannungsversorgung und je ein Quarz oder Resonator für den Microcontroller und NIC komplettieren die Hardware-schaltung. Abgesehen von ein paar Widerständen und Kondensatoren sind keine weiteren Bauteile notwendig.

### Praxisbeispiel

Für ein Funktionsmuster hat man sich für die Bausteine gemäss Tabelle 2 entschieden:

Der Herstellungspreis eines Ethernetknotens mit den in Tabelle 2 genannten Schlüsselkomponenten plus Spannungsversorgung, Restartlogik, Oszillator, Übertra-

geren Applikationstask eine kleine Gerätesteuerung zu implementieren. Für anspruchsvollere Anwendungen stehen pin-kompatible Derivate bis zu 32 KByte Flash zur Verfügung.

Die Software unterstützt Serverfunktionen mit einer implementierten Webpage im HTML-Format und dem Hypertext-Transfer-Protocol (HTTP). Aktuelle Betriebsdaten werden beim Versenden durch das Embedded-Gateway-Interface (EGI) dynamisch in die Webpage eingesetzt. Zudem können über Simple-Mail-Transfer Protocol (SMTP) E-Mails gesendet und mit Post-Office-Protocol (POP3) abgerufen werden.

**Tabelle 2: Bausteine für Funktionsmuster**

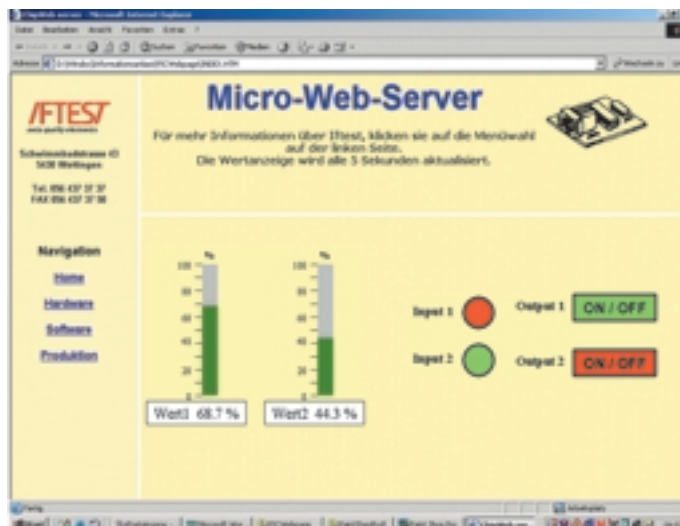
Microcontroller	Microchip PIC18F442 Flash 16384 Byte, RAM 512 Byte, 34 I/O-Ports, ADC, UART, IIC, SPI, 44-Pin-TQFP
Network Interface Controller	Realtek RTL8019AS 16 KByte SRAM, FIFO-Buffer, 10BaseT (10 MHz), Full-Duplex Ethernet-Funktion, 100-Pin-PQFP-Gehäuse
EEPROM	24LC256 32 KByte, IIC; 2,2...5,5V; 8-Pin-SOIC

Dasselbe gilt für eingebundene Grafikfiles. Grössere Webpages lassen sich durch mehrere Frames realisieren.

Die Webpage in unserem Praxisbeispiel (Bild 6) besteht aus drei Frames.

Auf der linken Seite ist der Navigationsteil mit vier Links untergebracht. Auf der rechten Seite ist ein Textframe mit eingebundener Grafik realisiert. Im unteren Frame werden aktuelle Betriebsdaten der Steuerung in Zahlenwerten sowie grafisch in Balkendiagrammen angezeigt. Zudem können zwei Ausgänge über die Schalter unten rechts von der Webpage aus gesteuert werden. Solange die Verbindung zum Micro-Server aufgebaut ist, werden die Anzeigewerte alle 5 Sekunden aktualisiert.

Das Beispiel schöpft nicht alle Möglichkeiten des Micro-Servers aus. Die Anzahl der Anzeige- und Eingabemöglichkeiten sowie die



**Bild 6** Die Webpage des Praxisbeispiels besteht aus drei Frames: Navigationsteil mit vier Links, Textframe mit eingebundener Grafik sowie Frame mit aktuellen Betriebsdaten (Zahlenwert und Balkendiagramm). Zwei Ausgänge lassen sich über Schalter unten rechts von der Webpage aus steuern.

Funktionen können unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen erweitert werden. Die Entwicklung auf diesem Gebiet steht noch am Anfang. Immer leistungsfähigere Controller werden weitere Möglichkeiten eröffnen.

### Informationsanlass

Ein Informationsanlass zum Thema «Netzwerk- und internetfähige Elektronik», durchgeführt durch die Iftest AG am 21. Juni, zeigte das rege Interesse, das seitens Fachkräften in diesem Bereich herrscht. Die Hauptthemen

waren die prinzipielle Funktionsweise des Internets, Ableiten des Nutzens und der Möglichkeiten sowie die Kenntnis der Voraussetzungen und des Aufwands für elektronische Steuerungen.

(rb)

**Der Informationsanlass «Netzwerk- und internetfähige Elektronik» wird wiederholt. Das Durchführungsdatum ist Donnerstag, 31. Oktober 2002. Siehe hierzu auch Anmeldemöglichkeit Seite 4 im aktuellen Heft!**

### Infobox

**Autor:**

Werner Kunz  
Iftest AG  
5430 Wettingen  
056 437 37 37  
werner.kunz@iftest.ch

# IFTTEST

## Gesamtanbieter für innovative Industrie- Elektronik

- Entwicklung
- PCB-Layoutdesign
- Industrialisierung
- Beschaffung
- Produktion
- Prüfung

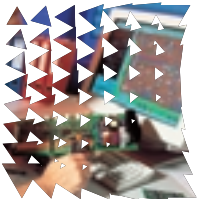
Iftest AG, Schwimmbadstrasse 43, 5430 Wettingen  
Tel. +41 (0)56 437 37 37, info@iftest.ch, www.iftest.ch



## Entwicklung

Sie haben eine Idee.  
Wir bringen das  
Entwicklungs-Know-how.

- Hard- / Software-Entwicklung nach kundenspezifischem Pflichtenheft
- Konzeptstudien
- Komponentenengineering



## PCB-Layoutdesign

Vom Schaltschema zum Prototyp: Die Grundlage für den Industrialisierungsprozess entsteht.

- PCB-Layoutdesign und Gerätekonstruktion unter Berücksichtigung aller produktionsrelevanten Kriterien



## Beschaffung/Einkauf

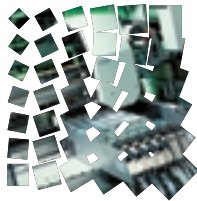
Global, effizient und kostengünstig – Kostenersparnis dank Outsourcing.

### Beschaffung

- Strategische Beschaffung
- Komponenten-Beschaffungsmarketing

### Einkauf

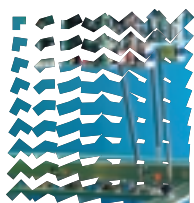
- Projektorientierter Einkauf
- Einkauf und Bewirtschaftung von elektronischen und mechanischen Bauteilen
- Second-source Einkauf
- Wareneingangsprüfung



## Produktion

Vom Prototyp bis zur Gross-Serie: High-Tech-Elektronik durch Einsatz neuester Produktions-Technologien.

- Leiterplattenbestückung
- Prototypen
- Klein- bis Gross-Serien
- Modulfertigung
- Gerätefertigung
- Schutzlackierung
- Vergiessen
- Montage



## Test

Umfassende, auf die Produkte abgestimmte Testkonzepte garantieren Qualitäts-Produkte.

- Optische Inspektion
- Funktionstest
- Incircuittest
- Flying Probe
- Systemtest
- Burn In

Sind Sie interessiert? Gerne geben wir Ihnen ausführlich Auskunft zu Iftest und zu unseren Dienstleistungen und Produkten.

Iftest AG  
Schwimmbadstrasse 43  
CH-5430 Wettingen  
Tel. +41(0)56/437 37 37  
Fax +41(0)56/437 37 50  
info@iftest.ch  
www.iftest.ch  
Zertifiziert nach ISO 9001