Zur Person:

Dipl.-Ing. Peter Zeh, geb. am 02.01.1958
(Sie erreichen mich hier: gf8wiw@hwt-berlin.applicad-atit.de)

1979 – 1990	**Studium Nachrichtentechnik Berlin** **Studium Elektrotechnik HU Berlin**
1983 – 1990	**Forschungs- u. Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Automation** **u.a. µC-Feldmessgerät mit Echtzeit-Betriebssystem (RTS)**
seit 1986	**Lehrtätigkeiten (Vorlesung/Übungen) an Hochschuleinrichtungen**
1987 – 1991	**Administrator Unix-System (WEGA)**
seit 1991	**Administration eines heterogenen Netzwerkes mit 10 Servern und ca. 200 Clients**
seit 1997	**Ing.-Büro f. AT u. IT** **Lösungen in Automation und Informationstechnologien**

Vorlesungsinhalte

1. Integrierte Betriebsführung VL1
2. Vertikale und horizontale Integration
3. Aufbau und Strukturen industrieller Steuerungssysteme VL2
4. SPS-Programmierung nach IEC 61134
5. Übungen VL3

Vorlesungsübersicht
(Zeitplanung)

Prüfung: 09.10.2010

Skripte und weitere Materialien

Skripte und weitere Materialien finden Sie auf meiner Internetseite.

http://htw-berlin.applicad-atit.de

bzw.

www.applicad-atit.de/subweb/htw

Prüfungsleistung

Klausur (90 min)

zugelassene Hilfsmittel:

- → „handgeschriebene“ Formelsammlung
- → Vorlesungsskript
- → Taschenrechner
- → Zeichenwerkzeuge

Klausur - Termin

Sa, 09.10.2010 um 09:45 Uhr/Raum HG ???

Literaturhinweise

siehe auch
http://htw-berlin.applicad-atit.de/gf8wiw/web_2010_gf8wiw_atii_buchliste.pdf

Auswahl:

- Seitz, Matthias
  Speicherprogrammierbare Steuerungen
  Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag; ISBN 978-3-446-41431-0

- Weber, Wolfgang
  Industrieroboter
  Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag; ISBN 978-3-446-41031-2

- Kriesel, W / Heimbold, T. / Telschow, D.
  Bustechnologien für die Automation
  Hüthig Verlag Heidelberg; ISBN 3-7785-2616-2

- Becker, Norbert
  Automatisierungstechnik
  Kamprath-Reihe, Vogel Buchverlag Würzburg; ISBN 978-3-8343-3017-8

1 Integrierte Betriebsführung (01 von 67)

Die integrierte Betriebsführung ermöglicht prinzipiell eine Datendurchlässigkeit von der Produktionsebene bis zur Betriebsebene und umgekehrt.

1 Integrierte Betriebsführung (02 von 67)

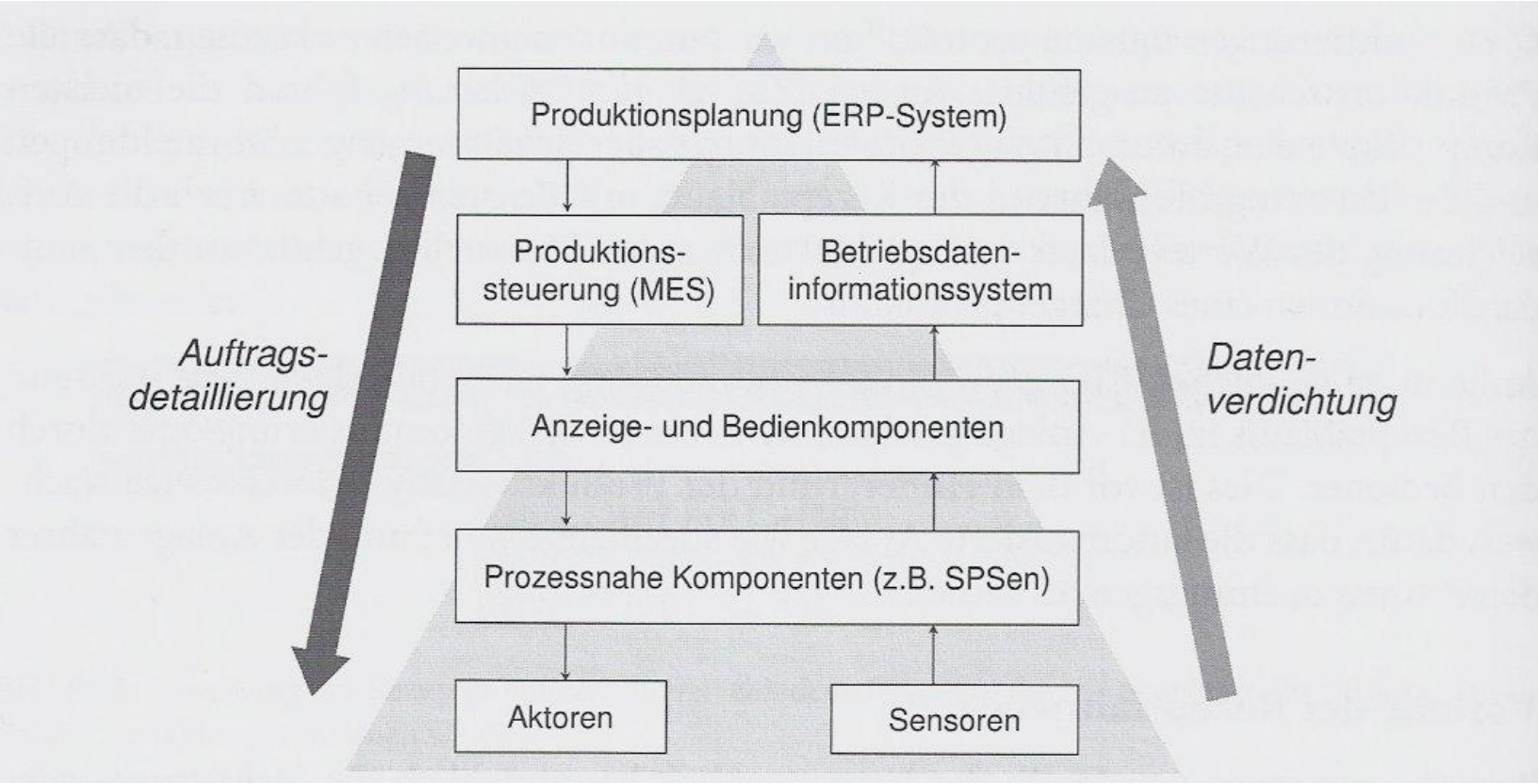
Mit den dazu notwendigen Werkzeugen zur Integration der Hard- und Software von Automatisierungseinheiten ergeben sich die folgenden Möglichkeiten:

1. Die auf der Steuerungs- und Leitebene gesammelten Prozessdaten werden verdichtet und zu verschiedenen Zwecken (z.B. Qualitätskontrolle, Kostenkontrolle, Status von Wartungsaufgaben) ausgewertet.

2. Bei eingehenden Aufträgen werden der Produktionsablauf geplant, automatisch Rezepte erzeugt und Abläufe auf der Steuerungsebene gestartet.

1 Integrierte Betriebsführung (03 von 67)

Der Informationsfluss verläuft somit in zwei Richtungen:



1 Integrierte Betriebsführung (04 von 67)

- zum Einen von **unten nach oben**

  Die im Feld aufgenommenen Prozess- und Fertigungsdaten werden in den SPSen gesammelt und von dort zum Betriebsdateninformations- (BDIS) und zum Produktionsplanungssystem (ERP = Enterprise Ressource Planning) geschickt, wo sie verdichtet und ausgewertet werden.

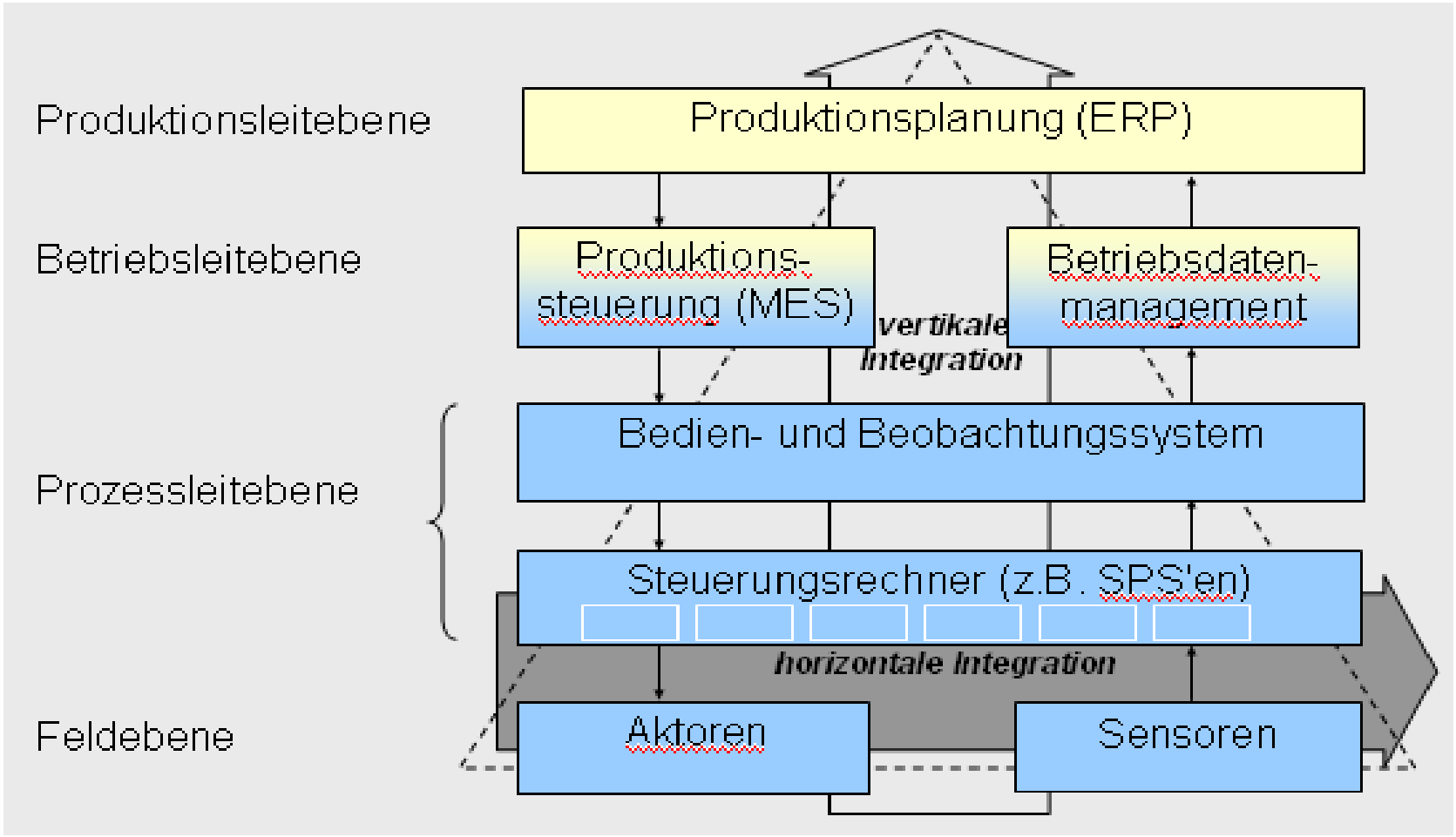
1 Integrierte Betriebsführung (05 von 67)

- zum Anderen von **oben nach unten**

  Das ERP-System aktiviert die Produktionssteuerung (MES = Manufacturing Execution System) und dadurch den automatischen Ablauf der Rezept- oder Fertigungsvorgaben in den SPSen.

1 Integrierte Betriebsführung (06 von 67)

Hier sehen wir die Verhältnisse noch einmal.



1.1 Betriebsdateninformationssysteme (BDIS)

Aufgabe des Betriebsdateninformationssystems (BDIS) ist es, die Prozess- und Fertigungsdaten von den Anzeige- und Bedienkomponenten (ABK) abzuholen und zu abzuspeichern.

1.1 Betriebsdateninformationssysteme (BDIS)

Prozess- und Fertigungsdaten:

Die Prozess- und Fertigungsdatendaten in den ABKen werden dabei zum Teil alle 10 - 100 ms gespeichert.

Die Kapazität ihrer Speichermedien ist dabei begrenzt.

Daraus folgt, dass die Lebensdauer eines Prozesswertes in einer ABK im Bereich von Tagen bis wenigen Wochen liegen kann.

1.1 Betriebsdateninformationssysteme (BDIS)

Betriebsdaten:

Bei den Betriebsdaten handelt es sich dagegen um Langzeitdaten.

Es soll z.B. die Produktivität eines Jahres anhand der erzeugten Produktmengen und der verbrauchten Einsatzmaterialien ermittelt werden.

…

1.1 Betriebsdateninformationssysteme (BDIS)

…

Betriebsdaten:

Hieraus folgt, dass die Prozess- und Fertigungsdaten so verarbeitet, ja verdichtet werden müssen, damit die Datenmengen für die Langzeitspeicherung reduziert werden und dabei die relevanten Aussagen erhalten bleiben.

Das erreicht man durch die Erstellung von Datenauszügen und Anpassung des Datenformats.

1.1.1 Betriebsdatenerfassung (11 von 67)

In der Praxis wird zur Datenreduktion häufig ein erweiterter **Swinging-Door-Algorithmus** eingesetzt.

Dabei werden die online gespeicherten Prozessdaten **x(k)** zunächst hinsichtlich ihrer Amplitudenänderung zusammengefasst.

1.1.1 Betriebsdatenerfassung (12 von 67)

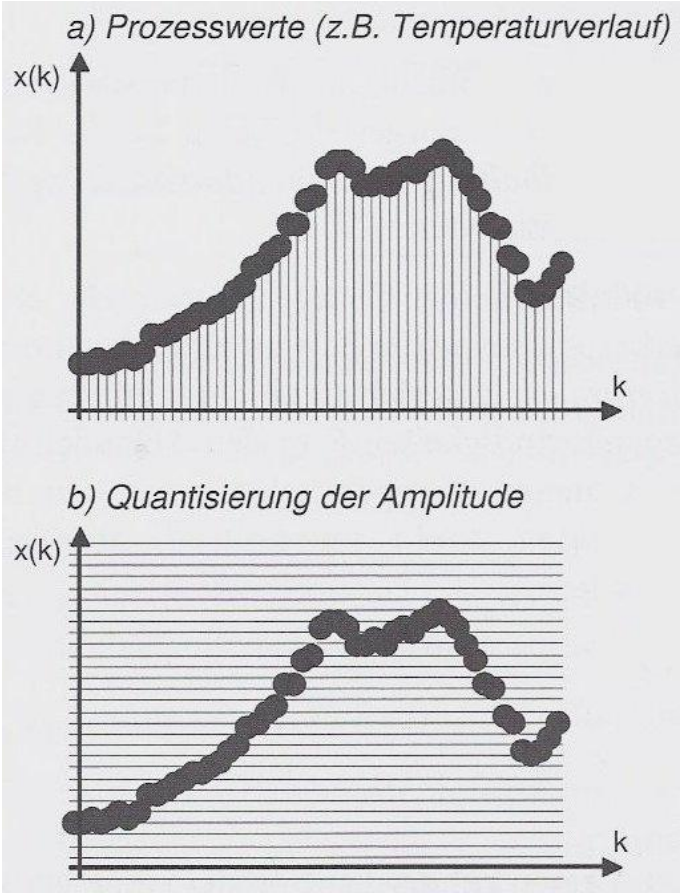


Abb. 01.02a, b

Von allen **i** aufeinander folgenden Werten, die innerhalb eines horizontal angeordneten Schlauchs festgelegter Breite **ε** liegen, wird nur der erste Wert $\mathbf{x(k_1)}$ abgespeichert. Wenn der Abstand eines Werts $\mathbf{x(k_{i+1})}$ zum ersten Wert $\mathbf{x(k_1)}$ des Schlauchs die vorgegebene Schwelle **ε** überschreitet, muss auch dieser Wert als Startwert eines neuen Schlauchs abgespeichert werden.

1.1.1 Betriebsdatenerfassung (13 von 67)

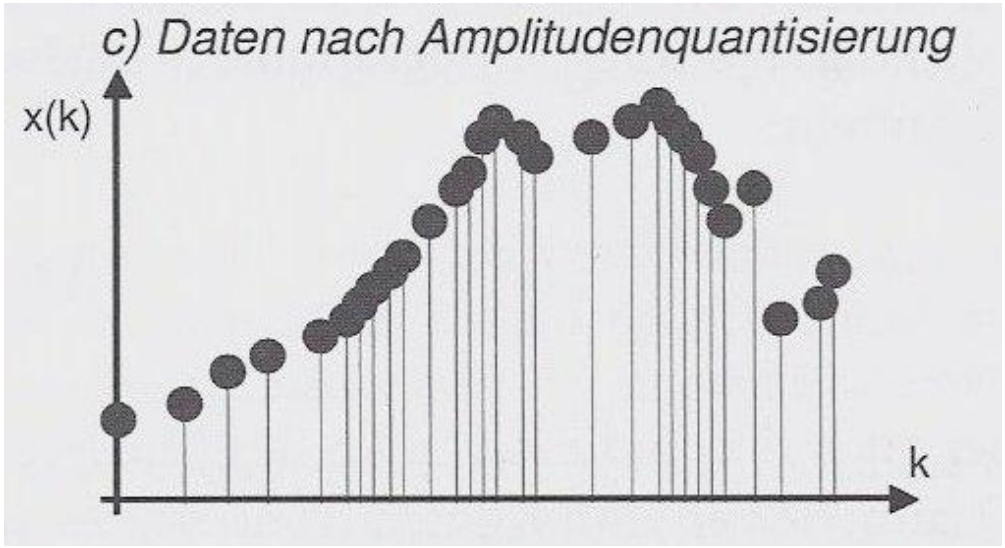


Abb. 01.02c

$$| x(k_{i+1}) - x(k_1) | > \varepsilon$$

Das Ergebnis dieser Filterung ist in Abb. 01.02c zu sehen.

1.1.1 Betriebsdatenerfassung (14 von 67)

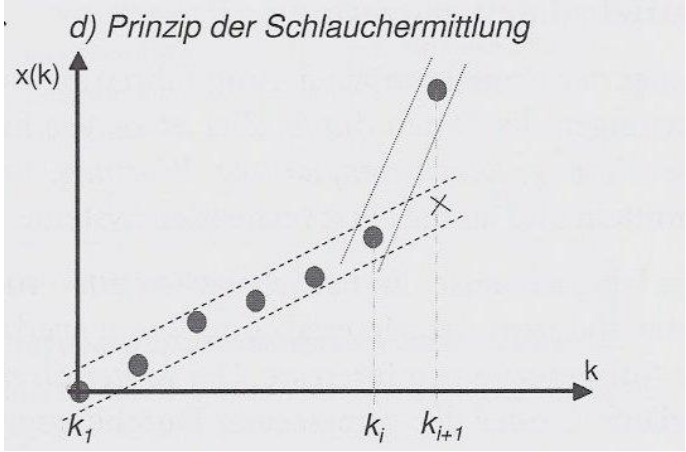


Abb. 01.02d

Ausgehend von diesen Daten wird eine weitere Verdünnung der Daten in der Steigung durchgeführt. Dabei werden die Schläuche nicht mehr horizontal, sondern in Richtung der Verbindungsgeraden zwischen den **i** aufeinander folgenden Punkten $\mathbf{x(k_i)}$ bzw. $\mathbf{x(k_1)}$ angeordnet wie in Abb. 01.02d gezeigt.

Die Verbindungsgerade hat folgende Gleichung:

$$x(k) = x(k_1) + \frac{k - k_1}{k_i - k_1} \cdot [x(k_i) - x(k_1)]$$

1.1.1 Betriebsdatenerfassung (15 von 67)

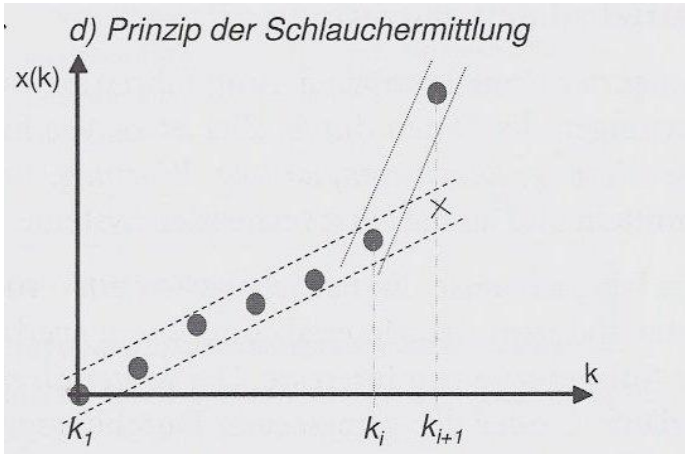


Abb. 01.02d

Nun wird wieder der erste in dem (in Richtung der Verbindungsgeraden liegenden) Schlauch liegende Punkt abgespeichert. Sobald ein Punkt $\mathbf{x(k_{i+1})}$ nicht mehr innerhalb eines Schlauchs liegt, wird ein neuer Schlauch gebildet.

Das ist dann der Fall, wenn die Abweichung des Punktes $\mathbf{x(k_{i+1})}$ von der erwarteten Position im Schlauch die vorgegebene Schwelle $\boldsymbol{\varepsilon}$ überschreitet (gekennzeichnet mit x):

$$\left| x(k_{i+1}) - x(k_1) - \frac{k_{i+1} - k_1}{k_i - k_1} \cdot [x(k_i) - x(k_1)] \right| > \varepsilon$$

1.1.1 Betriebsdatenerfassung (16 von 67)

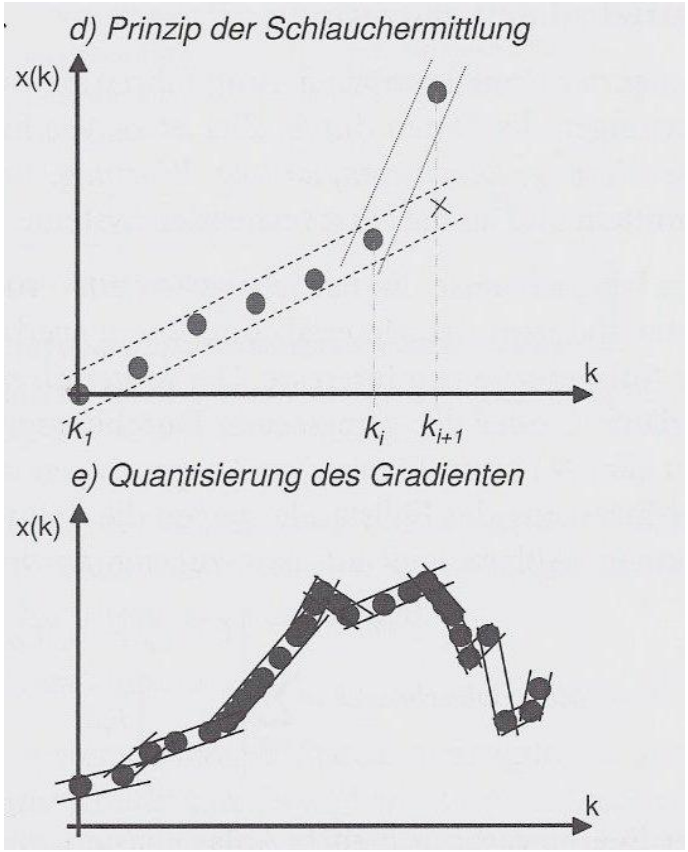


Abb. 01.02d, e

Der letzte Punkt des alten Schlauchs ist damit immer auch der erste Punkt des neuen Schlauchs und wird abgespeichert, Abb. 01.02d, e.

1.1.1 Betriebsdatenerfassung (17 von 67)

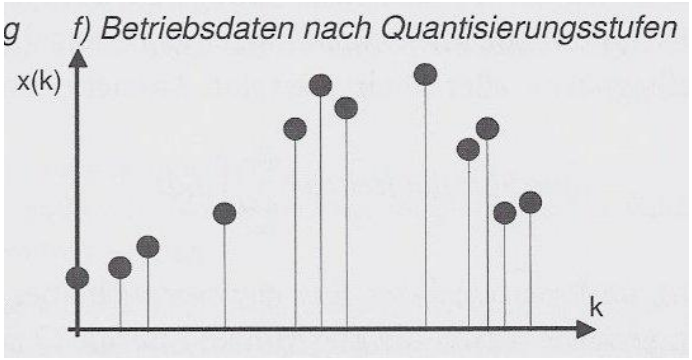


Abb. 01.02f

Die so verbleibenden Daten (in Abb. 01.02f nur noch ca. 25%) werden in die Langzeitarchivierung des Betriebsdateninformationssystems (BDIS) übernommen.

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass die Daten online verarbeitet werden können, also in Echtzeit parallel zur Produktion (Prozess- bzw. Fertigungssteuerung).

1.1 Betriebsdateninformationssysteme (BDIS)

Organisatorische Daten:

Neben den verdichteten Prozess- und Fertigungsdaten umfassen Betriebsdaten auch noch organisatorische Daten, wie z.B. Auftrags-, Personal- und Materialdaten, die zum Teil manuell oder über Barcodeleser in das Betriebsdateninformationssystem eingegeben werden.

…

1.1 Betriebsdateninformationssysteme (BDIS)

Organisatorische Daten:

…

Diese Daten sind für Auswertungen zur Produktivität, zum Personal- und Materialbedarf erforderlich und können ebenfalls automatisiert vorgenommen werden.

1.1.2 Betriebsdatenauswertung (20 von 67)

Betriebsdateninformationssysteme (BDIS) führen auch Auswertungen der Daten durch.

Das Ziel ist dabei, Daten für andere Bereiche (Kostenrechnung, Ressourcenplanung, Wartung, Instandhaltung und Qualitätssicherung) zu ermitteln und an die entsprechenden Systeme weiterzuleiten.

Eine Übersicht dazu zeigt Abb. 01.03.

1.1.2 Betriebsdatenauswertung (21 von 67)

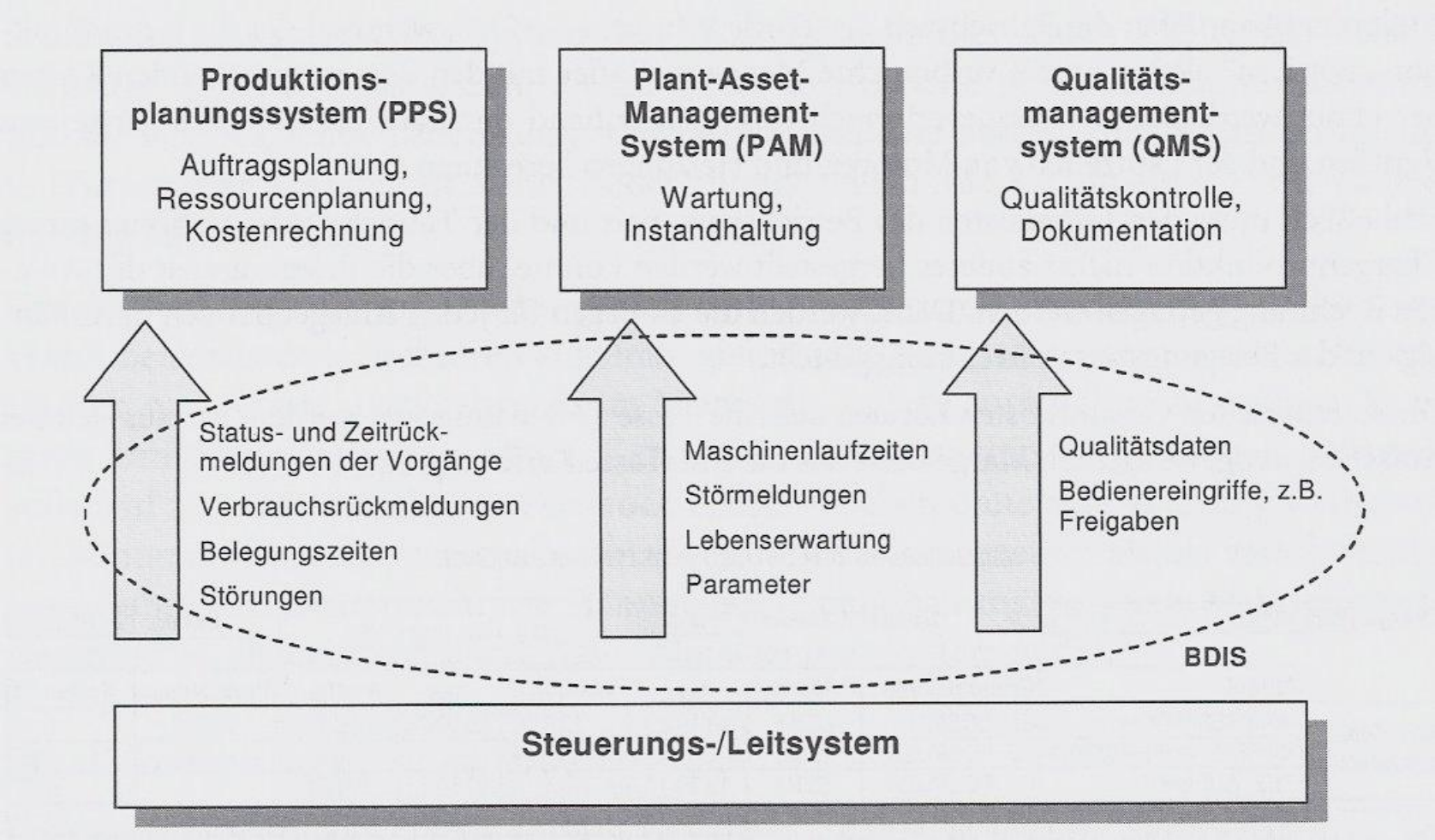


Abb. 01.03

1.1.2 Betriebsdatenauswertung (22 von 67)

Um z.B. die Betriebskosten zur Produktion einer Charge zu ermitteln, sind u.a. der Material- und Energieverbrauch sowie die Belegungszeit bestimmter Anlagenteile von Interesse.

Energieverbrauch = $W \cdot S + P_M \cdot t_M + Q$

Legende:

W	…	Energieverbrauch eines Aggregats (z.B. Transportband)
S	…	Schaltvorgänge eines Aggregats
P_M	…	durchschnittliche Leistung einer Maschine
t_M	…	Maschinenlaufzeit einer Maschine
Q	…	verbrauchte Wärmemenge

1.1.2 Betriebsdatenauswertung (23 von 67)

Eine Reihe solcher Betriebsdateninformationssysteme (BDIS) sind als Spezialanfertigungen genau auf die Daten zugeschnitten, die ein Kunde zum Betreiben seiner Anlagen benötigt.

Zur Datenauswertung kommt vielfach insbesondere bei kleinen Anwendungen ein Tabellenkalkulationsprogramm zur Anwendung.

1.1.3 Plant-Asset-Management-Systeme (PAM)

Als Asset wird ein Wertgegenstand bezeichnet.

Damit sind sämtliche in der Anlage eingesetzte Hardware, insbesondere die Aktoren und Sensoren gemeint.

Ein Plant-Asset-Management-System (PAM) kann über das Netzwerk auf alle über einen Feldbus an die SPS angekoppelte Feldgeräte zugreifen und somit diese parametrieren.

1.1.3 Plant-Asset-Management-Systeme (PAM)

Das System registriert auch die Feldgerätehistorie in Form eines Logbuchs, in dem alle Parametrier- und Schaltvorgänge sowie Störmeldungen und Maßnahmen zu deren Beseitigung abgespeichert werden.

…

1.1.3 Plant-Asset-Management-Systeme (PAM)

…

Mit einem PAM lassen sich die Zustände von Feldgeräten erkennen und es ist in der Lage, bereits einmal aufgetretene Fehler wieder zu erkennen und die damals ergriffenen erfolgreichen Maßnahmen dem Wartungstechniker vorzuschlagen.

1.1.3 Plant-Asset-Management-Systeme (PAM)

Schließlich wird der Wartungstechniker durch die Ausgabe von relevanten Daten in seiner Arbeit unterstützt.

Es werden z.B. die Anzahl der Schaltvorgänge und die Betriebsstunden erfasst, und daraus Schlüsse über Instandhaltungstermine und die zu erwartende Lebensdauer gezogen.

1.1.3 Plant-Asset-Management-Systeme (PAM)

Dadurch können Wartungsarbeiten planmäßiger und vor allem auch gebündelt durchgeführt werden.

Für Anlagen oder Anlagenteile werden somit weniger Wartung- oder Instandhaltungstermine benötigt.

Das wirkt sich positiv auf die Anlagenverfügbarkeit aus.

Auch können so die Wartungstechniker gezielter und effektiver eingesetzt werden.

1.1.3 Plant-Asset-Management-Systeme (PAM)

Die Planung von Wartungs- und Instandhaltungsvorgängen stellt ein wesentliches Element von Plant-Asset-Management-Systemen (PAM) dar.

1.1.4 Qualitätsmanagementsysteme (QMS)

Qualitätsmanagementsysteme (QMS) speichern qualitätsrelevante Sensordaten zu bestimmten kritischen Zeitpunkten während eines Prozess- oder Fertigungsablaufs ab und vergleichen diese Qualitätsdaten mit entsprechenden Vorgaben.

1.1.4 Qualitätsmanagementsysteme (QMS)

Für die Nachvollziehbarkeit des Prozess- oder Fertigungsablaufs ist häufig auch von Bedeutung, dass manuelle Eingriffe korrekt durchgeführt wurden.

…

1.1.4 Qualitätsmanagementsysteme (QMS)

…

Deshalb müssen wichtige Bedienereingaben, wie z.B. „Laboranalysen oder Werkstoffprüfung eines hergestellten Zwischenprodukts ist O.K.!“, mit Namen und elektronischer Unterschrift des Bedieners protokolliert und im QMS abgespeichert werden (Qualitätskontrolle).

1.2 Produktionsplanung und -steuerung (PPS)

Systeme zur Produktionsplanung und –steuerung (PPS) sind zumeist Bestandteile von Unternehmensleitsystemen, wie z.B. SAP, die eine Reihe von Modulen umfassen, um unterschiedliche Aufgaben, wie z.B. Finanz- und Personalwesen, Vertrieb, Produktion zu verwalten.

1.2 Produktionsplanung und -steuerung (PPS)

…

Solche übergeordneten Unternehmensleitsysteme werden auch als ERP-Systeme (Enterprise Ressource Planning) bezeichnet.

1.2 Produktionsplanung und -steuerung (PPS)

In einem ERP-System werden u.a. alle die Produktion betreffenden Daten verwaltet. Hierzu erhält es vom Betriebsdateninformationssystem (BDIS) verdichtete Prozess- bzw. Fertigungsrückmeldungen bezüglich Materialverbrauch, Kosten, Wartung und Qualität.

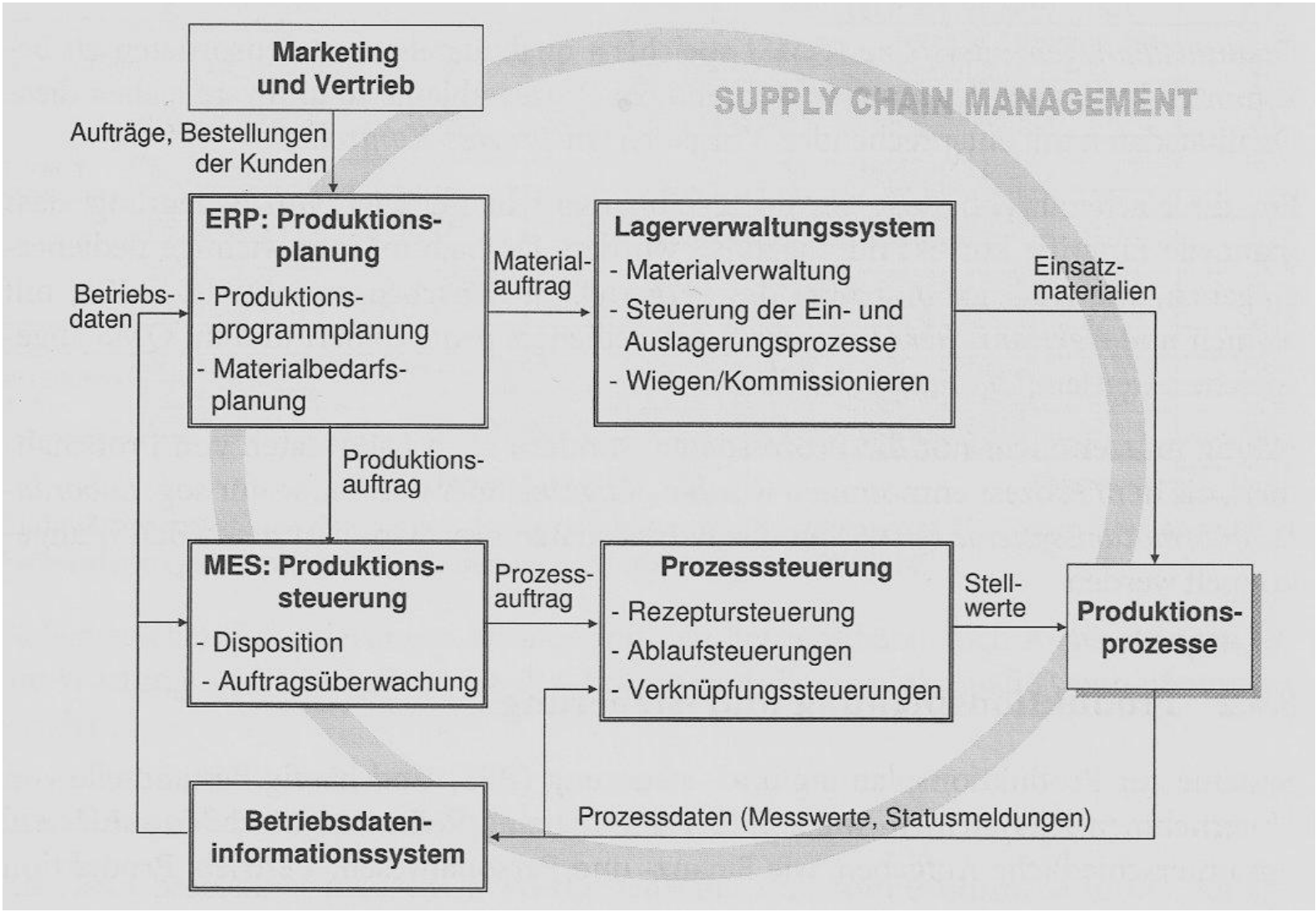
1.2 Produktionsplanung und -steuerung (PPS)

Für die Automatisierung von Prozessen ist es die Aufgabe eines ERP-Systems, auf Basis der vom BDIS zur Verfügung gestellten Daten die Produktionsabläufe zu planen und anzustoßen.

Abb. 01.04 stellt das Zusammenspiel zwischen Produktionsplanung, Produktionssteuerung, Prozesssteuerung und Logistik dar.

1.2 Produktionsplanung und -steuerung (PPS)

Abb. 01.04



1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

Zur Produktionsplanung werden vom Marketing und Vertrieb die Bestellungen für ein herzustellendes Produkt in das ERP-System eingegeben.

Anhand der Terminvorgaben und der Auslastung der Anlagen wird ein Produktionsprogramm zusammengestellt.

1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

Darin werden zunächst grobe Vorgaben gemacht:

Wann wird wie viel von welchem Produkt in etwa in den nächsten vier Wochen hergestellt?

Je nach erforderlicher Menge werden die zur Produktion benötigten Personen, Materialien und Anlagen im ERP-System reserviert.

1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

Die eingeplanten Produktionsvorgänge werden zu sogenannten Produktionsaufträgen zusammengestellt.

Diese enthalten sämtliche Informationen, die zur Herstellung eines Produkts benötigt werden, wie Einsatzstoffe, Anlagenteile, Zeiträume u.a.

…

1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

Die Aufträge werden so zusammengesetzt, dass die Produktion **just in time** erfolgt und möglichst wenige Produktwechsel stattfinden.

Dadurch werden Lagerkapazitäten sowie Reinigungs- und Umrüstzeiten klein gehalten.

1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

Abb. 01.04 zeigt, dass ERP- und MES-System gewissermaßen als Produktionsregler arbeiten.

Das bedeutet, dass sie ständig die Abweichung der Soll- und Istdaten überwachen und entsprechend die Produktionsplanung anpassen.

1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

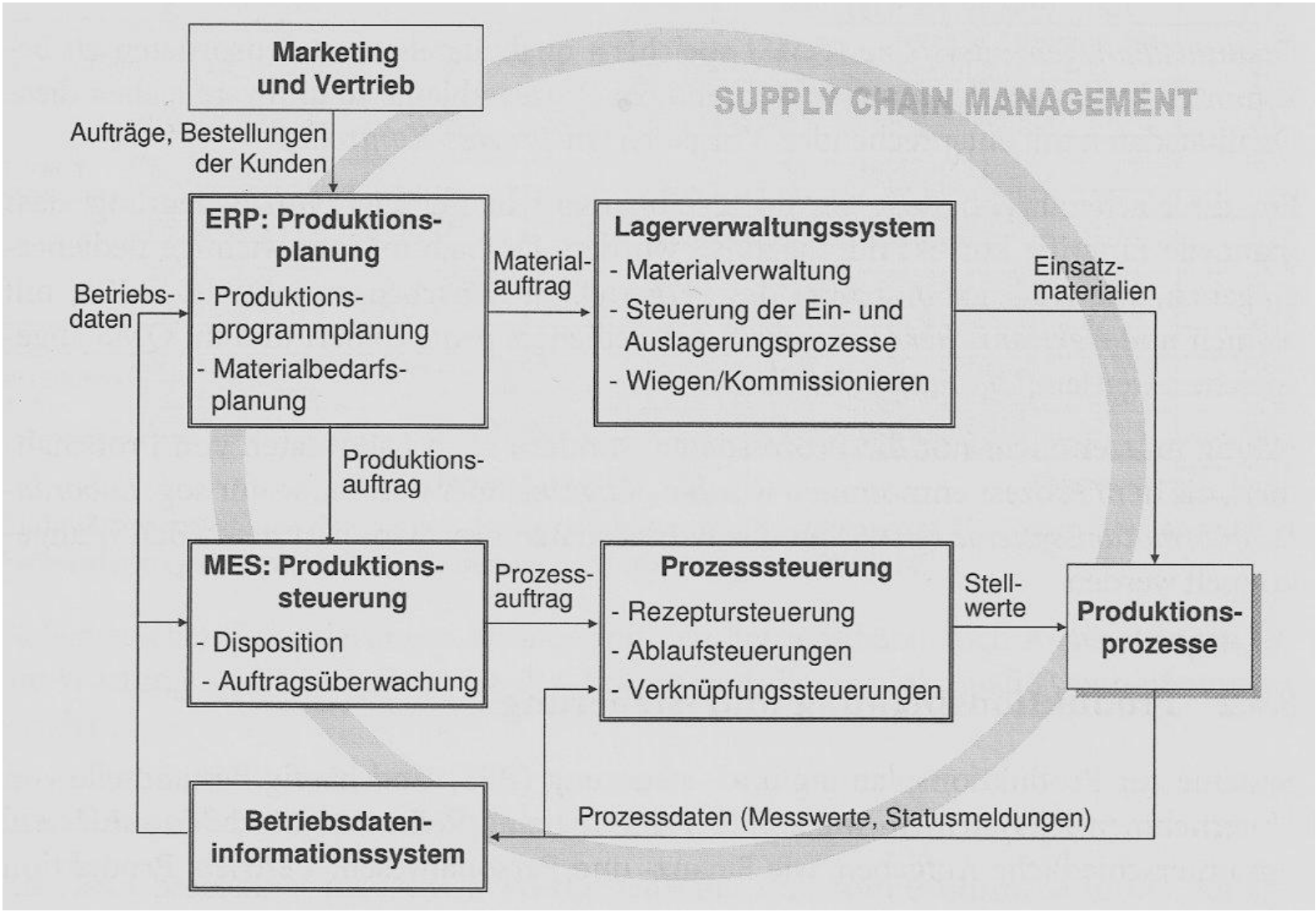
Wenn z.B. neue und eilige Bestellungen eingehen oder die Produktionsprozesse etwa infolge von Störungen länger dauern als geplant, kommt es zu solchen Abweichungen und die Produktionsplanung und –steuerung muss um planen.

1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

Bei einer Umplanung werden Produktionsaufträge terminlich verschoben oder auf verschiedene Anlagenteile verteilt, falls mehrere Anlagenteile das Produkt oder ein Zwischenprodukt herstellen können.

1.2.1 Produktionsplanung mit ERP-Systemen

Abb. 01.04



1.2.2 Produktionsplanung mit MES

Im Rahmen der Produktionssteuerung wird eine Feinplanung der Produktions- und Reinigungsvorgänge in einer Anlage durchgeführt. Diese erfolgt im Allgemeinen erst in der Vorwoche des Produktionsstarts.

1.2.2 Produktionsplanung mit MES

Dabei wird aus dem Produktionsauftrag für jede Anlage ein Prozessauftrag erzeugt. Dieser umfasst die Disposition der Steuerrezepte mit der Nummer der zu produzierenden Charge und dem geplanten Startzeitpunkt, zu dem das Steuerrezept im Automatisierungssystem ablaufen soll.

1.2.2 Produktionsplanung mit MES

Wenn der Starttermin erreicht ist, wird automatisch das entsprechende Steuerrezept im Automatisierungssystem gestartet.

1.2.2 Produktionsplanung mit MES

Außerdem ist im Prozessauftrag festgelegt, welche Betriebsdaten zu welchem Zeitpunkt des Rezeptablaufs zurückgemeldet werden müssen, um sie mit Sollwerten zu vergleichen.

Diese Auftragsüberwachung dient der Qualitätssicherung, Terminüberwachung, Material- und Energiebilanzierung u.a. Bei Abweichungen des Betriebsgeschehens vom vorgesehenen Ablauf reagiert das MES mit Umplanung oder Meldung, dass manuelle Vorkehrungen getroffen werden müssen.

1.3 Lagerverwaltungssystem

Die Produktionsplanung und –steuerung muss sich darauf verlassen können, dass die benötigten Einsatzmaterialien rechtzeitig zu Produktionsbeginn bereitgestellt werden.

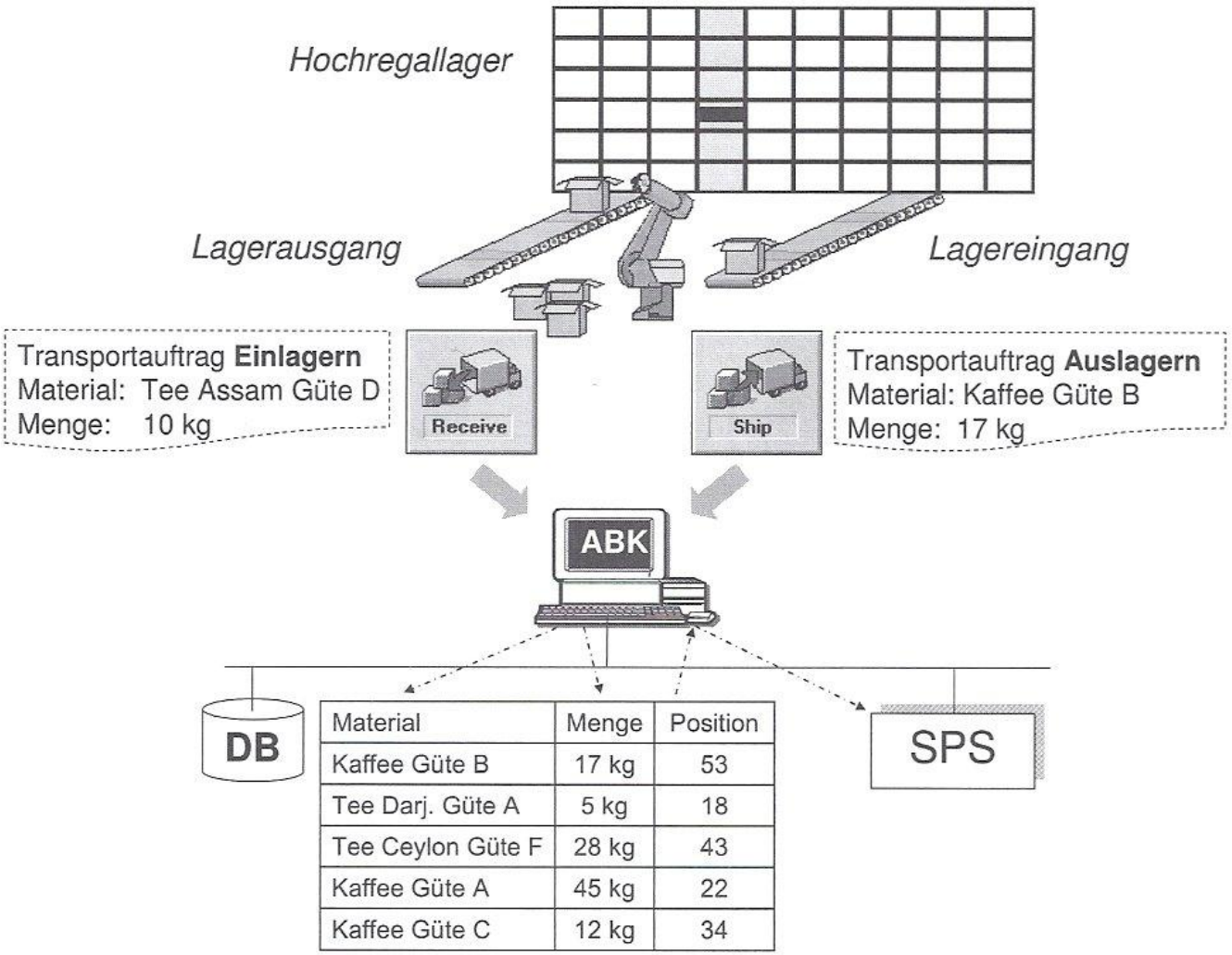
Deshalb sind voll automatisierte Lager mit einer betriebsübergreifenden Datensteuerung aus heutigen Betrieben nicht mehr wegzudenken, denn sie sind ein entscheidender Produktionsfaktor.

1.3.1 Auslagerprozesse

Für jeden Produktionsauftrag überträgt das ERP-System einen Materialauftrag an das Lagerverwaltungssystem. Dieses erstellt daraufhin einen Transportauftrag zum Auslagern der benötigten Materialien. Der Transportauftrag enthält Typ und Menge des gewünschten Materials (siehe Abb. 01.05).

1.3.1 Auslagerprozesse

Abb. 01.05



Material	Menge	Position
Kaffee Güte B	17 kg	53
Tee Darj. Güte A	5 kg	18
Tee Ceylon Güte F	28 kg	43
Kaffee Güte A	45 kg	22
Kaffee Güte C	12 kg	34

1.3.1 Auslagerprozesse

Anhand dieser Angaben wird die Position des gewünschten Materials im Lager aus einer Datenbank ausgelesen.

Eine SPS steuert dann den Warenaufzug zu diesem Lagerplatz, dieser lagert das Material aus und stellt es am Lagerausgang zur Verfügung.

1.3.1 Auslagerprozesse

Über weiterführende Transporteinrichtungen, wie z.B. Roboterarme, Lastkräne oder fahrerlose Fahrzeuge, wird das Material dann in die Produktionsanlage transportiert.

Dabei muss die dem Lager entnommene Menge in der Datenbank eingetragen und dem Auftrag in Rechnung gestellt werden.

1.3.1 Auslagerprozesse

Wenn sich nun durch die Materialbedarfsrechnung ergibt, dass das Lager aufgefüllt werden muss, sind im Lagerverwaltungssystem zwei Prozesse zu aktivieren. Zum einen muss die fehlende Menge über den Einkauf nachbestellt werden, zum anderen ist die daraufhin gelieferte Ware einzulagern.

1.3.2 Einlagerprozesse

Zur Wareneinlagerung erhält das Lagerverwaltungssystem wieder einen Transportauftrag, in dem Warentyp und –menge spezifiziert sind (vgl. Abb. 01.05).

Die Steuerung ermittelt automatisch für den Warentyp die optimale Lagerposition.

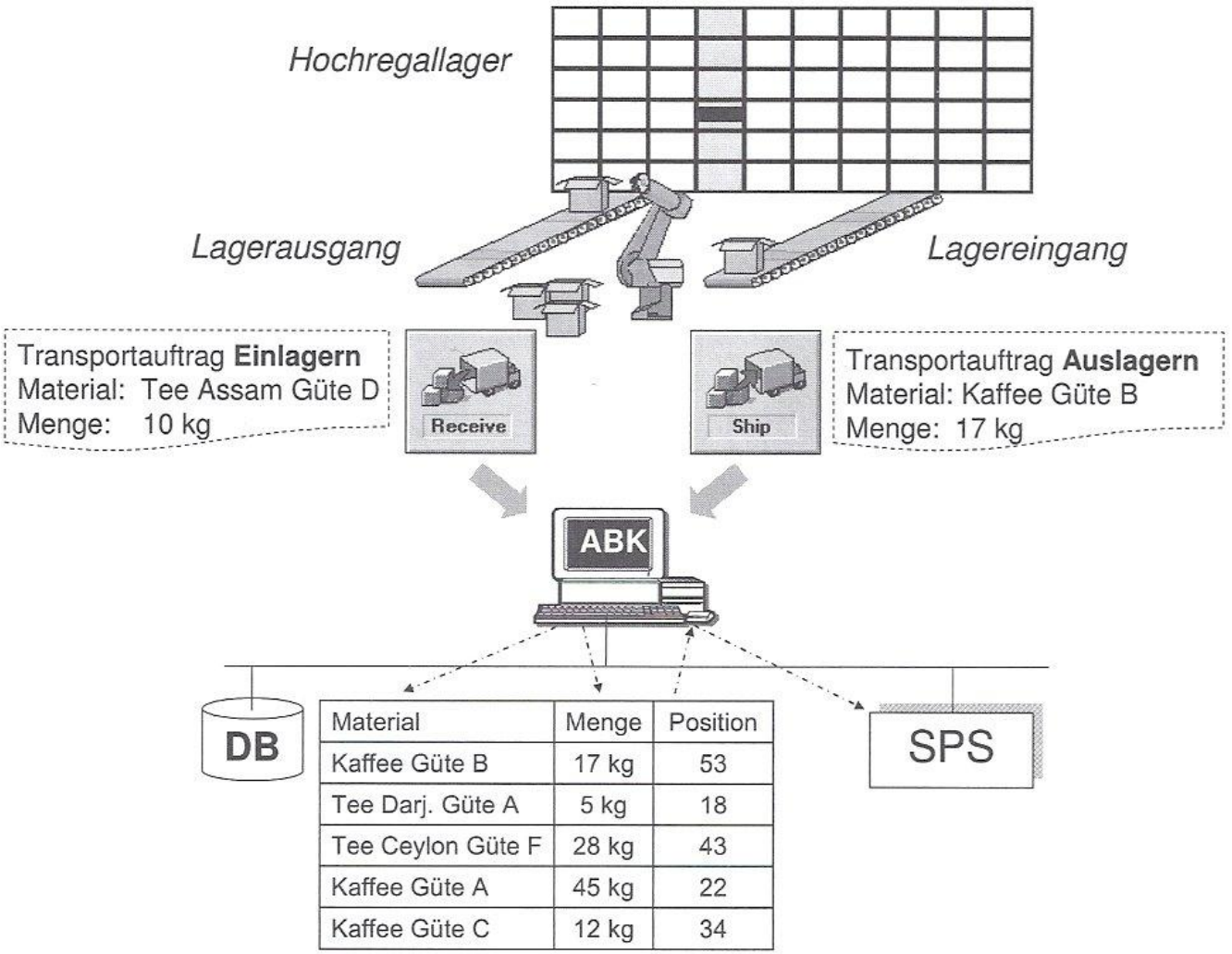
1.3.2 Einlagerprozesse

Heutzutage werden Waren meistens nicht einfach einem festen Lagerplatz zugeordnet, sondern durch eine chaotische Lagerhaltung wird die Lagerfachposition situationsabhängig festgelegt.

Um z.B. Auslieferzeiten zu minimieren, werden häufig bestellte Waren in der Nähe des Warenausgangs positioniert, seltener bestellte Waren werden davon weiter entfernt eingelagert.

1.3.1 Auslagerprozesse

Abb. 01.05



Material	Menge	Position
Kaffee Güte B	17 kg	53
Tee Darj. Güte A	5 kg	18
Tee Ceylon Güte F	28 kg	43
Kaffee Güte A	45 kg	22
Kaffee Güte C	12 kg	34

1.3.2 Einlagerprozesse

So ermöglicht eine ***chaotische Lagerhaltung*** die optimale Nutzung des verfügbaren Lagerraums.

Daraufhin steuert die SPS den Warenaufzug an die ausgewählte Lagerplatzposition und lagert die neuen Materialien ein.

1.3.2 Einlagerprozesse

Auch beim Einlagern muss die Datenbank um die eingelagerten Mengen ergänzt werden.

Das Schreiben in die und das Lesen aus der Datenbank kann ebenso wie die Lagerplatzzuweisung z.B. in einer Skriptsprache auf der ABK implementiert werden, die wie in Abb. 01.05 mit der Materialdatenbank verbunden ist.

1.3.2 Einlagerprozesse

Für kleinere Magazine kann die Materialdatenverwaltung aber auch in einer SPS programmiert werden.

1.3.3 Supply Chain Management

Die beschriebenen Vorgänge zeigen wie in Abb. 01.04 angedeutet eine logische Kette auf. Sie wird durch die Bestellung eines Kunden angestoßen und führt über Marketing, Produktionsplanung und –steuerung zum Lagerverwaltungssystem, das die erforderlichen Materialien bereitstellt.

1.3.3 Supply Chain Management

Nach Herstellung des Produkts und Bilanzierung der Verbrauchs- und Qualitätsdaten wird das bestellte Produkt ggf. wieder eingelagert oder über den Vertrieb an den Kunden ausgeliefert.

1.3.3 Supply Chain Management

Unter Supply Chain Management versteht man die weitgehende Automatisierung der Vorgänge in dieser logistischen Kette.

Da die verschiedenen Steuerungssysteme miteinander vernetzt sind, kann ein System die durchzuführenden Prozesse im nächsten System automatische anstoßen.

1.3.3 Supply Chain Management

Beispielsweise werden zur Nachbestellung von Materialien Aufträge über das Intra- oder Internet automatisch an andere Lagerverwaltungssysteme, interne oder externe Lieferantensysteme, übertragen.

1.3.3 Supply Chain Management

Ein Supply Chain Management ermöglicht es, den Status des Produktionsprozesses nach außen sichtbar zu machen, so dass der Kunde jederzeit abfragen kann, wann mit der Lieferung zu rechnen ist.

Außerdem erkennt der Betreiber, wo aktuell Engpässe, in der logischen Kette vorliegen.

1.3.3 Supply Chain Management

ERP-Systeme führen hierfür eine Beschaffungsrechnung durch.

Sie finden den besten Kompromiss zwischen einer Minimierung von Lagerzeiten und einer Optimierung von Bestellvorgängen, da für große Mengen im Allgemeinen günstigere Preise erzielt werden.

- Ende Kap. 1 -

2 Vertikale und horizontale Integration

(01 von 100)

Die Fortschritte auf dem Gebiet der Informationstechnik erlauben es, zahlreiche Rechner über nahezu unbegrenzte Distanzen miteinander zu verbinden (Computernetzwerke).

Die meisten betrieblichen Arbeitsvorgänge laufen ja sowieso rechnergestützt ab.

2 Vertikale und horizontale Integration

(02 von 100)

Es liegt also nahe, Abläufe der Fabrik- und Prozessautomatisierung mit Abläufen der betrieblichen Planung und Buchhaltung zu koppeln.

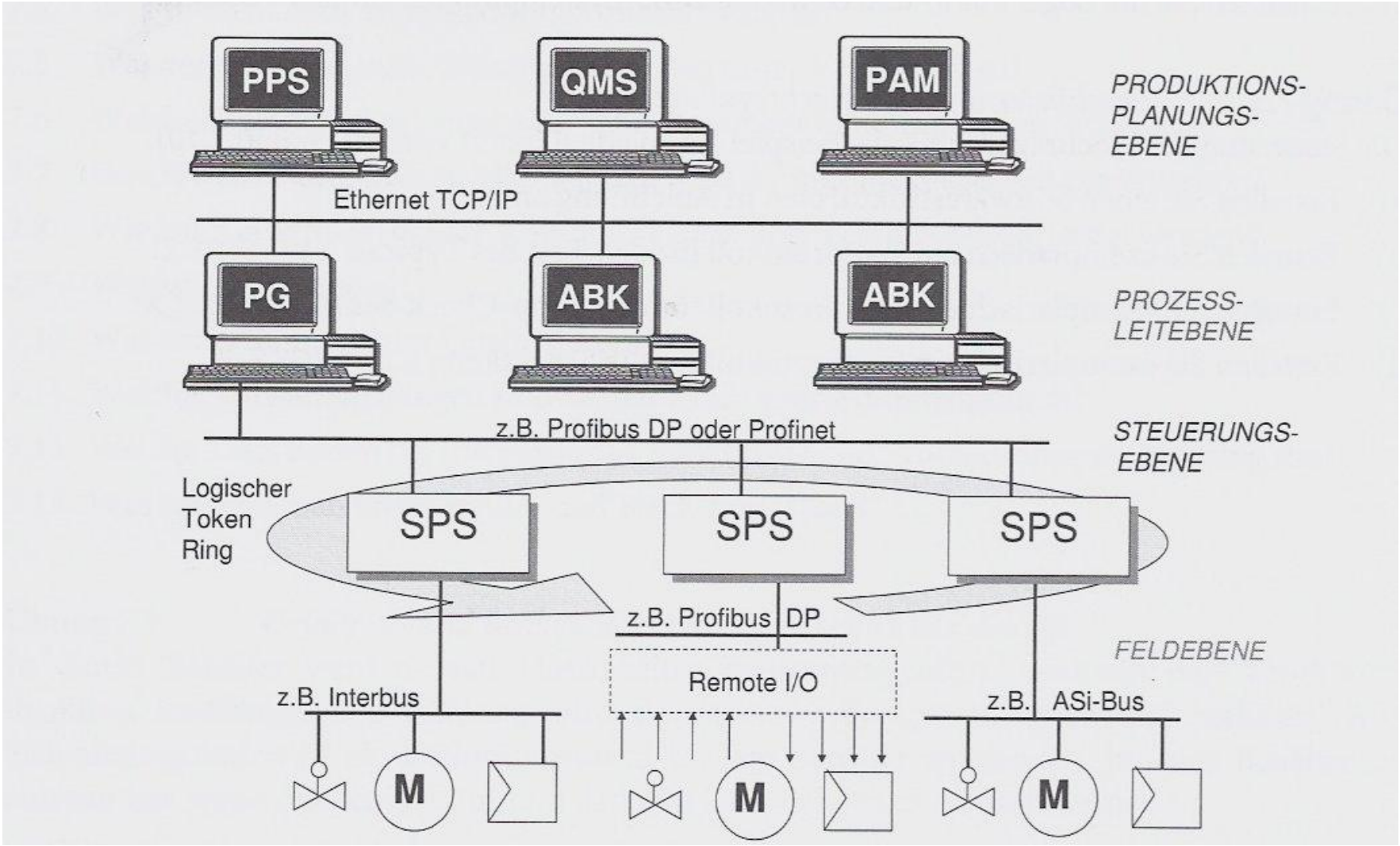
2 Vertikale und horizontale Integration

Dem Ziel einer zentralen Verwaltung und Steuerung von Betrieben steht die zunehmende Dezentralisierung auf der Automatisierungsebene gegenüber.

Dabei sammeln die SPSen wie die Wurzeln eines Baumes die Prozessinformation auf und stellen sie den übergeordneten Systemen zur Verfügung (siehe Abb. 02.01).

2 Vertikale und horizontale Integration

Abb. 02.01



2 Vertikale und horizontale Integration

(05 von 100)

Die Basis für die vertikale Integration zwischen den Automatisierungssystemen und den betriebswirtschaftlichen Systemen stellt die horizontale Vernetzung der SPSen und Feldgeräte dar.

Hierauf wird weiter unten eingegangen.

2.1 Vertikale Integration mit den höheren Ebenen (06 von 100)

Im Vergleich zur Feldebene ist der Datenaustausch für die vertikale Integration nicht der in der Feldebene erforderlichen Echtzeitfähigkeit der Datenübertragung unterworfen.

Typische Abtastzeiten auf der Prozessleitebene liegen im Bereich von 0,1…10 s.

2.1 Vertikale Integration mit den höheren Ebenen (07 von 100)

Die Daten werden nicht mehr zyklisch übertragen, sondern nur, wenn eine signifikante Änderung im Signalverlauf eingetreten ist.

Hierbei kann das weiter unten noch zu beschreibende TCP/IP-Protokoll verwendet werden. Das setzt die Verfügbarkeit der *Socket Library* und die Möglichkeit zur freien Programmierung voraus.

2.1 Vertikale Integration mit den höheren Ebenen (08 von 100)

Viele Visualisierungssysteme und andere Anwenderprogramme bauen auf einer TCP/IP-Verbindung auf, muten ihren Anwendern aber die Programmierung von Server und Client nicht zu, sondern stellen Schnittstellen zur Verfügung, in die die zu übertragenden Daten eingetragen werden können.

Dabei hat sich OPC als Standard für den vertikalen Datenaustausch in der Automatisierungstechnik durchgesetzt.

2.1.1 OPC - Kopplung (09 von 100)

Der Mechanismus zum Datenaustausch zwischen verschiedenen Programmen basiert auf der OLE-Technologie (**O**bject **L**inking and **E**mbedding), die auch zum Datenaustausch zwischen Windows-Programmen (z.B. zwischen MS Word und MS Excel) zum Einsatz kommt.

2.1.1 OPC - Kopplung (10 von 100)

Anfangs ermöglichte OLE lediglich, dass z.B. eine Excel-Tabelle über die Zwischenablage in ein Worddokument kopiert werden kann.

In den folgenden Versionen konnte mit OLE ein dynamischer Datenaustausch realisiert werden, d.h. wenn sich ein Wert in der Excel-Tabelle ändert, wird diese Änderung automatisch auch im Worddokument übernommen.

2.1.1 OPC - Kopplung (11 von 100)

Da SPSen in der Regel nicht unter dem Betriebssystem Windows laufen, sind für den Datenaustausch zwischen SPS und ABK gewisse Anpassungen erforderlich.

SPS-Hersteller bieten deshalb so genannte OPC-Server (**O**LE for **P**rocess **C**ontrol) an, die bestimmte Regeln der OPC-Foundation einhalten, damit ein Client mit jedem beliebigen OPC-Server Daten austauschen kann.

2.1.1.1 OPC - Server (12 von 100)

Ein OPC-Server ist ein Anwendungsprogramm, das auf einem PC läuft.

2.1.1.1 OPC - Server (13 von 100)

Es muss im Wesentlichen zwei Aufgaben erfüllen:

1. Um zwischen dem Ethernet-TCP/IP-Netz der PCs und einem Feldbus-Netz der SPSen Daten austauschen zu können, muss der OPC-Server als Gateway arbeiten.

2. Außerdem muss er als Server arbeiten, indem er die Werte der Variablen aller SPSen in einer Datenbank sammelt und als so genannte Item-Liste für die OPC-Clients bereitstellt.

2.1.1.1 OPC - Server (14 von 100)

Bei Siemens und anderen Herstellern von Hardware-SPSen sind Gateway- und Serverfunktion in einem Produkt integriert.

Das bedeutet aber, dass für jeden Feldbustyp, der die SPSen untereinander verbinden kann, ein eigener OPC-Server angeboten wird.

Mitunter ist es deshalb sinnvoller Gateway- und Serverfunktion zu trennen. Damit muss nur ein OPC-Server verwendet werden.

2.1.1.1 OPC - Server (15 von 100)

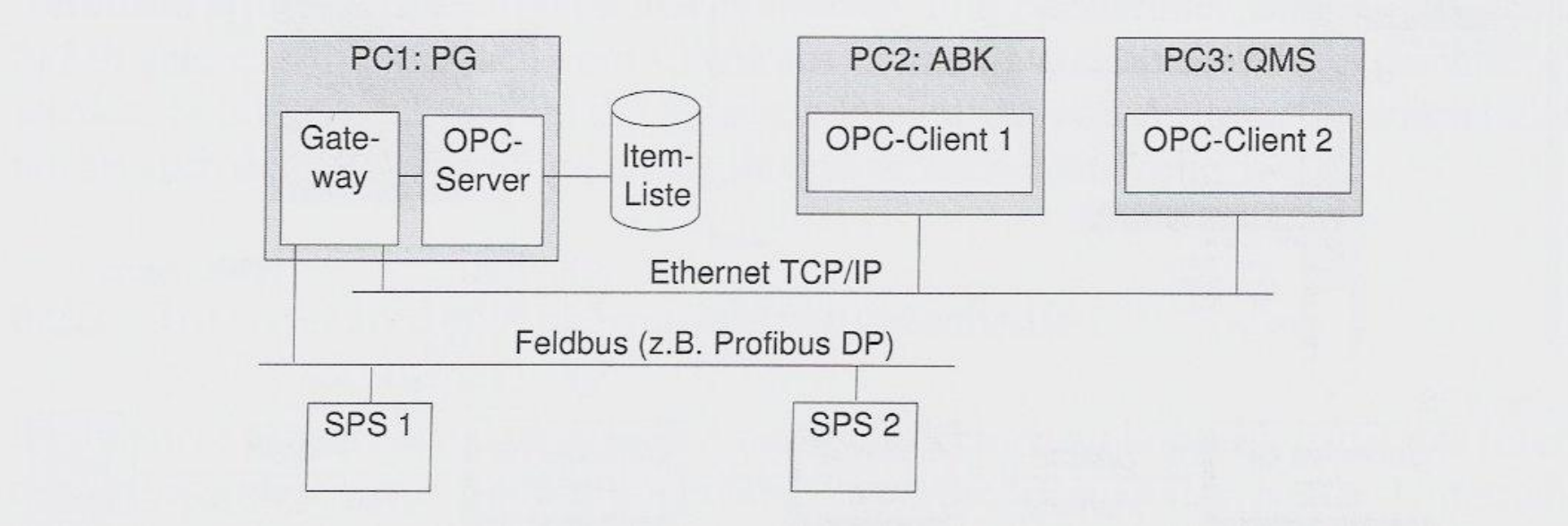


Abb. 02.02

Die in den SPSen verarbeiteten Prozessdaten werden in einem OPC-Server, der auf einem PC läuft, zur Verfügung gestellt. Ein OPC-Client kann die Daten vom Server abfragen, um sie z.B. zu visualisieren oder für einen Qualitätsnachweis zu verwenden.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Ein Visualisierungsprogramm einer ABK kann also als OPC-Client auf den OPC-Server der SPSen zugreifen, der in Abb. 02.02 z.B. im Programmiergerät (PG) läuft.

Für den OPC-Server ist es dabei ohne Belang, welche Anwendung auf seine Daten zugreift.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Er stellt einfach seine Daten zur Verfügung, und ein beliebiger OPC-Client kann sie nutzen.

Die Schnittstelle für den OPC-Client ist standardisiert.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Sie legt fest

- von welchem Server
- welche Daten
- gelesen und/oder überschrieben

werden sollen.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Der Vorteil der OPC-Kopplungen ist, dass sie systemunabhängig arbeiten, d.h. die Schnittstelle für einen OPC-Client (z.B. eine ABK) muss nur einmal konfiguriert werden unabhängig davon, von welchem Hersteller der OPC-Server ist.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

(20 von 100)

Beispiel Anfang:

Es soll eine Prozessvisualisierung realisiert werden. Der OPC-Client „Voyager“ der Fa. NETxAutomation soll dazu auf die Daten des OPC-Servers von „CoDeSys“ zugreifen.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Beispiel:

Wie die Systemstruktur in Abb. 02.03 zeigt, arbeitet der OPC-Server „PLC1“ von CoDeSys zusammen mit dem Gateway „Lokal“, das die Daten von der Soft-SPS CoDeSys RTE (Real Time Engine) einliest und in der Item-Liste ablegt.

Der Client greift dann auf die OPC-Items zu.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

(22 von 100)

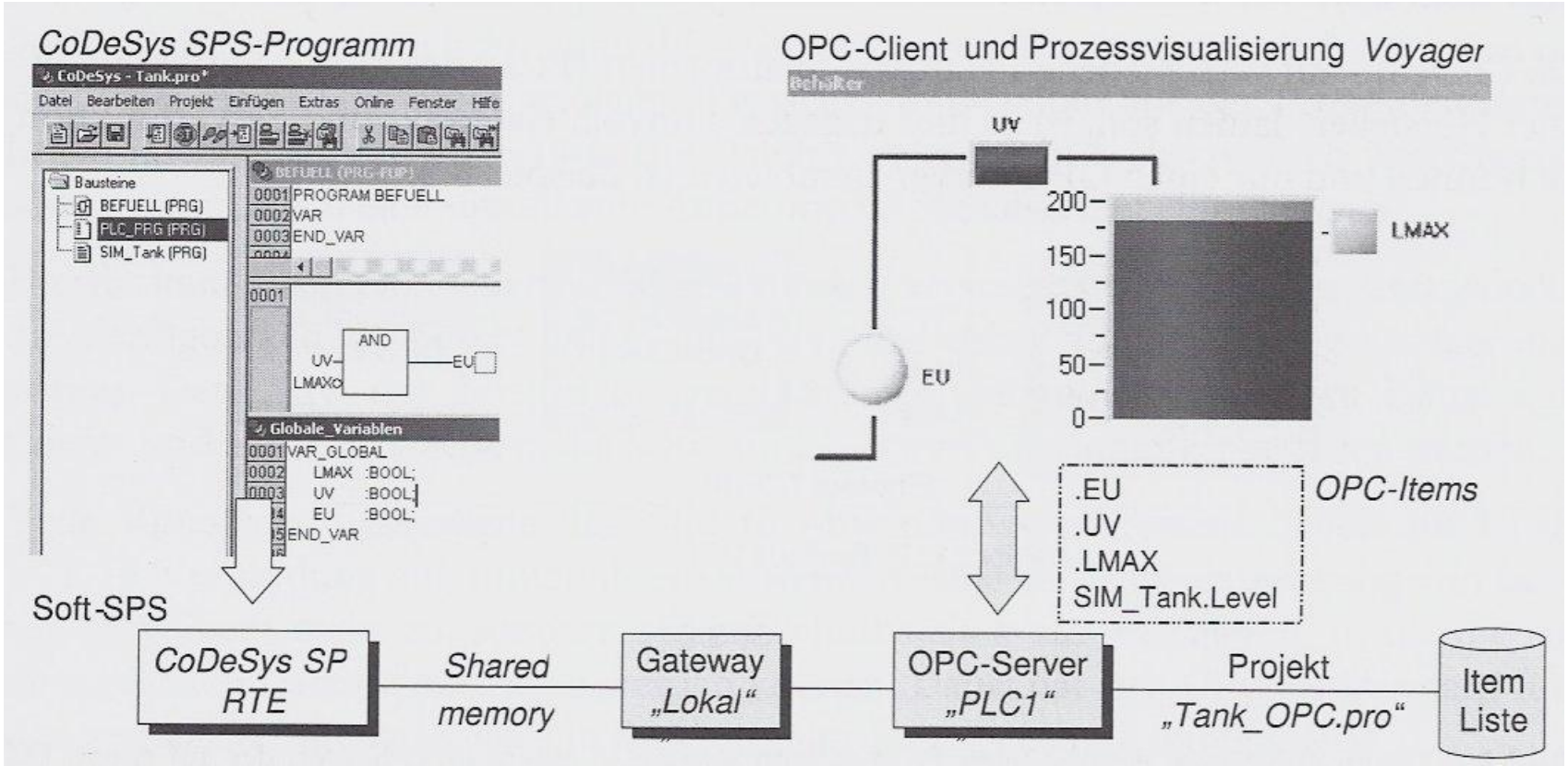


Abb. 02.03

Der OPC-Server von CoDeSys liest die OPC-Items über ein lokales Gateway von der Soft-SPS. Der OPC-Client Voyager der Fa. NETxAutomation greift auf die OPC-Items zu, um diese in einer Prozessgrafik darzustellen.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Beispiel:

Zur Einrichtung des Gateways sind die Variablenwerte der SPS durch Anklicken des Menüpunkts „Projekt | Optionen | Symbolkonfiguration“ als Symboleinträge für die Item-Liste zu erzeugen.

Danach ist wie in Abb. 02.04 unter dem Menüpunkt „Online | Kommunikationsparameter“ das Gateway „Lokal“ auszuwählen.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Beispiel:

Da Programmiersystem und Soft-SPS auf dem selben PC laufen, wird das Gateway als *shared memory* konfiguriert.

Wenn die Soft-SPS auf einem anderen PC als das Programmiersystem läuft, wird eine TCP/IP-Verbindung für das Gateway eingestellt, wofür dann die IP-Adresse der Soft-SPS anzugeben ist.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

(25 von 100)

Beispiel:

Sobald die Soft-SPS, z.B. durch die Anwendung CoDeSys RTE, gestartet und das Projekt geladen wurde, zeigt das Gateway das Projekt (hier Tank_OPC.pro) an, aus dem aktuell die Daten geladen werden.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

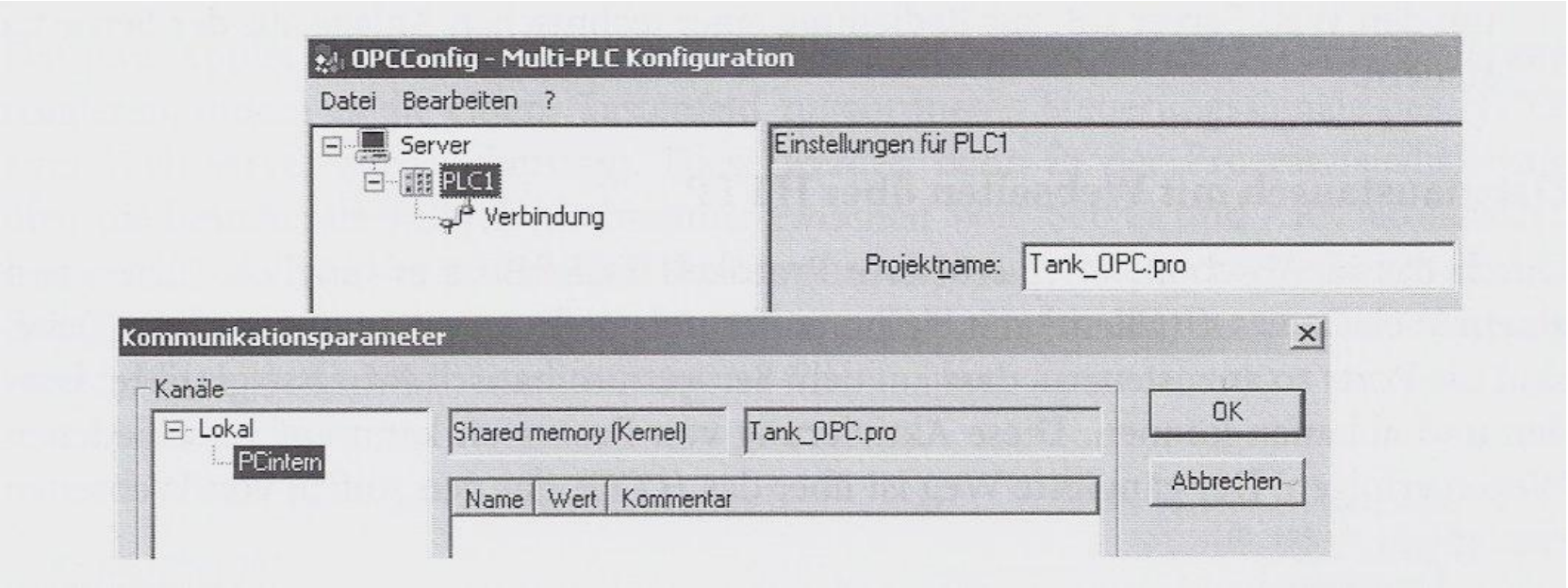


Abb. 02.04
Bekanntmachung der SPS P L C 1 sowie des Gateways L o k a l , das die Daten des Projekts Tank_OPC.pro von der Soft-SPS CoDeSys RTE mit dem Server verbindet.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Beispiel:

Zur Konfigurierung des OPC-Servers ist die Anwendung „OPCConfig“ zu starten. Hier kann man wie in Abb. 02.04 dargestellt eine oder mehrere SPSen an den Server anhängen. Für jede SPS ist der Name des Projekts anzugeben, das auf der SPS läuft. Außerdem ist das bereits im Programmiersystem eingestellte Gateway für die Verbindung der SPS mit dem OPC-Server zu nennen.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Beispiel:

Nun kann ein beliebiger Client auf die Daten des OPC-Servers zugreifen. Startet man z.B. den OPC-Client „Voyager“, so ist dort der OPC-Server „CoDeSys.OPC.02“ auszuwählen, auf dessen Daten zugegriffen werden soll.

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Beispiel:

Damit können die so genannten OPC-Items, also die binären und analogen Variablen, den Grafikelementen zugeordnet werden, deren Werte dargestellt oder manipuliert werden sollen. Im Beispiel von Abb. 02.03 ist das Ventil „UV“ anzuklicken, woraufhin in der SPS die Pumpe „EU“ gestartet wird und sich der Behälter füllt, bis der Niveauschalter „LMAX“ erreicht ist.

:Beispiel Ende

2.1.1.2 OPC – Client / Server - Strukturen

Wie das Beispiel zeigt, können durch Konfiguration der OPC-Client-Server-Verbindung die Werte ausgewählter Variablen mit Zeitstempel aus verschiedenen SPSen gelesen werden.

Auch vom Client aus können Daten in die SPSen geschrieben werden.

Somit ist OPC sowohl die Basis zur Integration von Automatisierungseinheiten als auch die Voraussetzung für eine integrierte Betriebsführung.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

Eine weitere Möglichkeit Automatisierungskomponenten zu koppeln, bietet das Internet, insbesondere wenn die Komponenten an verschiedenen Standorten des Unternehmens angesiedelt sind.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

Die Anwendungsmöglichkeiten des Internets in der Automatisierungstechnik reichen von Fernwartung und Ferntest über die Fernbedienung und –beobachtung bis hin zur Automatisierung von Geschäftsprozessen über das Internet, wie integrierte Unternehmensführung, integriertes Engineering, E-Commerce u.a.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

Die zur Realisierung dieser Anwendungen benötigten Techniken teilt man in drei Ebenen ein:

1. Mit den Netzwerkprotokollen wie TCP/IP wird eine Datenverbindung zwischen Client und Server geschaffen.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2. Spezielle Internet-Dienste, wie E-Mail, FTP zum Dateitransfer (**F**ile **T**ransfer **P**rotocol) oder http (**H**yper **T**ext **T**ransmission **P**rotocol) zum Transfer von Webseiten, dienen dazu, Daten als Standard-Anwendungen auszutauschen.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

3. Für nicht standardisierte Anwendungen können z.B. Java-Applets mit der Webseite an den Web-Client übertragen werden, wo sie als Anwendungsprogramme ablaufen, um den Web-Server z.B. zur Bedienung einer technischen Anlage aus der Ferne zu steuern.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.1 Datenaustausch mit Webseiten über HTTP

Durch das TCP/IP-Protokoll ist es möglich, Daten zwischen einen Web-Browser (Client) und einem entfernten Web-Server auszutauschen. Dabei sind die Ports so anzusteuern, dass auf dem Server automatisch Prozesse gestartet werden und ablaufen können.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.1 Datenaustausch mit Webseiten über HTTP

Diese Aktivierung von Prozessen kann auf verschiedenen Wegen erfolgen.

Der gängigste Weg ist über das HTTP, das den Aufruf von Webseiten ermöglicht.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.1 Datenaustausch mit Webseiten über HTTP

HTTP definiert, wie ein Client vom Server Daten anfordert und wie der Server diese Daten zur Verfügung stellt.

Eine Webseite wird durch eine URL-Adresse (**U**niversal **Ressource** **L**ocator, z.B. http://htw-berlin.applicad-atit.de/index.html) von einem Client-PC aus aufgerufen.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.1 Datenaustausch mit Webseiten über HTTP

Dabei werden die Daten der Webseite durch ein Telegramm, einem so genannten Request, vom Server angefordert.

Nachdem die Verbindung durch gegenseitiges Versenden einer Quittierung (Handshake) gesichert ist, beantwortet der Server die Anforderung, in dem er die gewünschte Webseite paketweise in Telegrammen als so genannter Response an den Client zurückschickt.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.1 Datenaustausch mit Webseiten über HTTP

Da Webseiten früher hauptsächlich aus Text bestanden, erfolgt die Übertragung der Daten vorwiegend im ASCII-Format.

Zur Erzeugung von Webseiten auf einem Server dient die Programmiersprache HTML (**H**yper **T**ext **M**arkup **L**anguage).

Mit ihr können Texte, Links auf andere Webseiten, Bilder oder die Einbettung von Java-Applets programmiert werden.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

Zur Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen bieten viele Hersteller die Möglichkeit, Prozessgrafikbilder als XML-Dateien zu beschreiben.

Mit XML (E**x**tensible **M**arkup **L**anguage) können Variablennamen, ihre Verschachtelungen und Abhängigkeiten in speziellen Schemata festgelegt werden.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

Prozess- und Betriebsdaten der Prozessgrafik werden somit als Variablen deklariert und von der restlichen Textinformation getrennt dargestellt.

Der Code erscheint dadurch sehr viel strukturierter als in HTML.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

Der Datenaustausch zwischen Anzeige- und Bedienkomponente (ABK), Web-Server und Web-Client wird durch Abb. 02.05 verdeutlicht.

Zunächst wird die Prozessvisualisierung als XML-Datei zusammen mit der SPS-Software auf die SPS geladen.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

In der SPS läuft ein Web-Server, der die Steuerungsdaten ebenfalls in XML verarbeitet und damit die XML-Datei der Prozessvisualisierung ständig aktualisiert.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

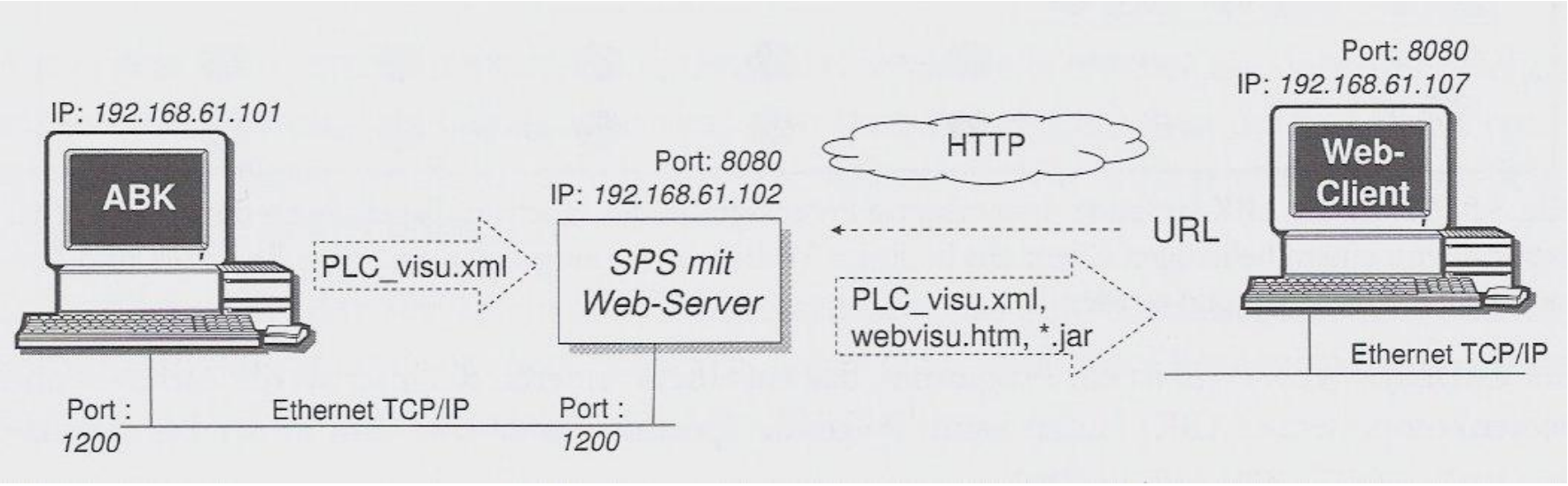


Abb. 02.05

Die Prozessgrafik einer ABK wird als XML-Datei beschrieben und zusammen mit einem Java-Applet als Webseite an einen Client übertragen. Das im Client gestartete Java-Applet erzeugt auf Basis der XML-Datei die Prozessgrafik im Web-Browser.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

Die XML-Datei der Prozessvisualisierung wird zusammen mit einem Java-Applet vom Web-Server zu einem Web-Client im Internet übertragen.

Das Java-Applet ist in eine Webseite eingebettet.

Nach Aufruf dieser Webseite im Web-Browser des Clients wird das Java-Applet im Client gestartet und erzeugt auf Basis der XML-Datei die Prozessgrafik im Browser des Clients (siehe Abb. 02.06)

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

Das Java-Applet kann dabei auch auf Eingaben des Bedieners in der Webvisualisierung reagieren, indem es die einem Tastenfeld zugeordneten Steuersignale per http zum Web-Server zurücküberträgt.

Diese werden dann in der Prozessvisualisierung über die bestehende TCP/IP-Verbindung zwischen Web-Server und ABK aktualisiert.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen

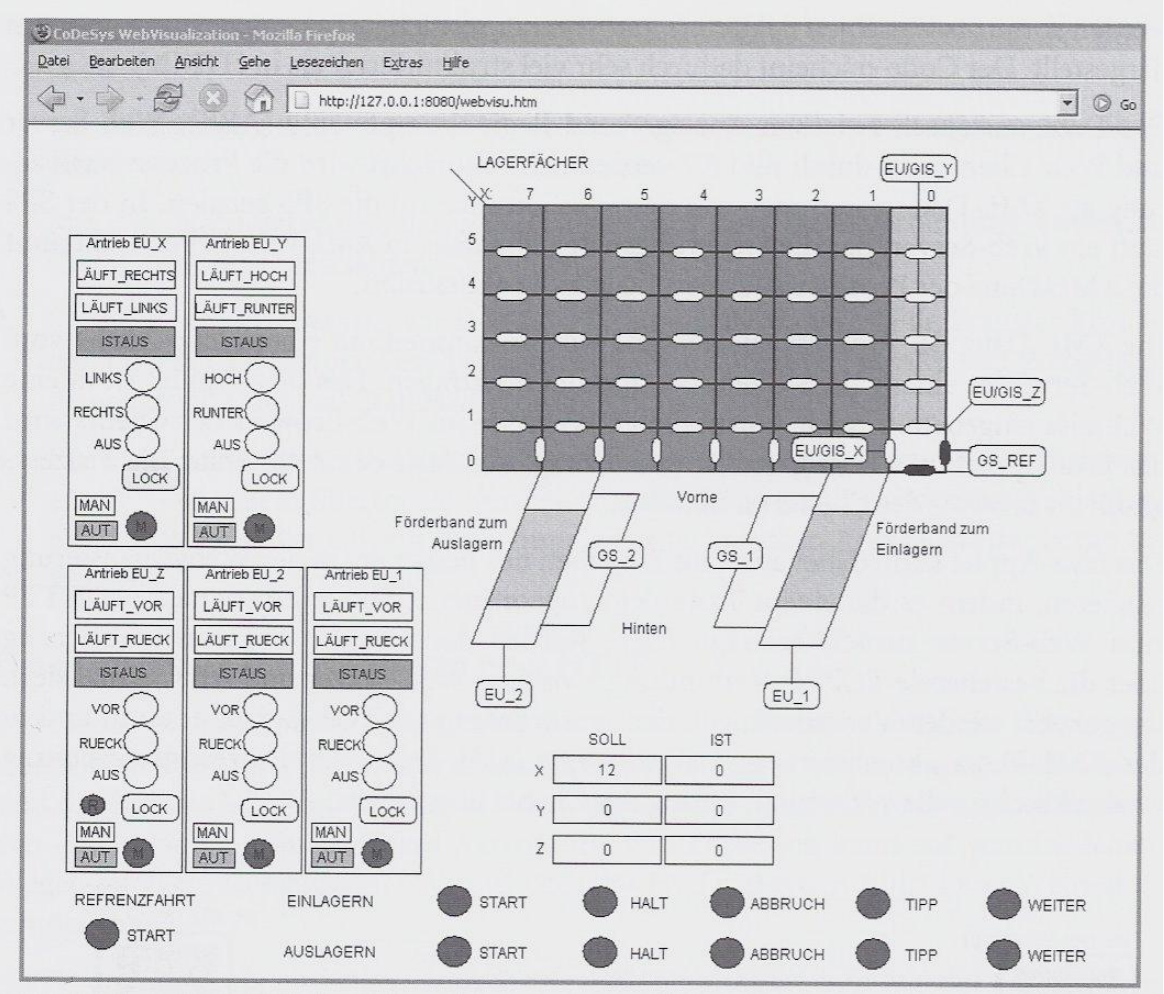
Das folgende Beispiel zeigt, dass auf dem Rechner des Clients keinerlei Software zur Prozessvisualisierung erforderlich ist.

Lediglich ein bislang kostenloser Internet-Browser ist erforderlich, um den Prozess zu bedienen und zu beobachten.

Diese Unabhängigkeit des Clients von Plattform und Software ist einer der wichtigsten Vorteile von Internet-Anwendungen in der Automatisierungstechnik.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.2 Fernbedienung und –beobachtung von Anlagen



2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.3 Sicherheitsaspekte

Nicht unberücksichtigt bleiben darf aber die Frage der Sicherheit.

Selbstverständlich muss für den Zugriff des Clients auf den Server eine Authentifizierung mit Benutzerkennung und Passwort erforderlich sein, die verschlüsselt übertragen werden sollten.

Darüber hinaus sind nicht authentifizierte Zugriffe mit einem Firewall-Programm zu verhindern.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.3 Sicherheitsaspekte

Die Firewall ist ein Gateway, das zwischen Server und Client eingebaut ist und die Datenpakete kontinuierlich dahingehend filtern, ob die Verbindung erlaubt ist oder nicht. Datenpakete mit unbekannter Socketnummer werden abgewiesen und nicht zum Server übertragen.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.3 Sicherheitsaspekte

Außerdem kann man auch einen so genannten Proxy-Server als Stellvertreter für den eigentlichen Server vorschalten.

Der Client adressiert also statt des eigentlichen Servers den Proxy-Server, und dieser prüft inhaltlich, ob der Client für die adressierte Internet-Adresse Zugriffsrechte besitzt oder nicht.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.3 Sicherheitsaspekte

Schließlich sollte der Server ein HTTP unterstützen, das eine besondere Socketverbindung durch eine so genannte Secure Socket Layer (SSL) aufgebaut. Diese wird durch einen eigenen URL-Typ (https://...) gekennzeichnet.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.4 Fernwartung von Steuerungen

Die Fernwartung und –diagnose von Steuerungen erfolgt durch Zugriff auf die Anwendersoftware der SPS. Hierzu läuft der Web-Server in der SPS, so dass ohne zusätzlichen PC vom Internet direkt auf die SPS zugegriffen werden kann.

Um die besonderen Anforderungen des Datenschutzes zu berücksichtigen, wird ein VPN (**V**irtual **P**rivate Network) aufgebaut.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.4 Fernwartung von Steuerungen

Dabei wird, wie in Abb. 02.07 gezeigt, jeweils ein Router im Segment des Servers und im Segment des Clients eingesetzt.

Die Router bieten Verschlüsselungssysteme für geschützte Verbindungen, wie das PPTP-Protokoll (**P**oint-to-**P**oint **T**unneling **P**rotocol) oder das etwas neuere IPSec-Protokoll (**I**nternet **P**rotocol **S**ecurity).

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.4 Fernwartung von Steuerungen

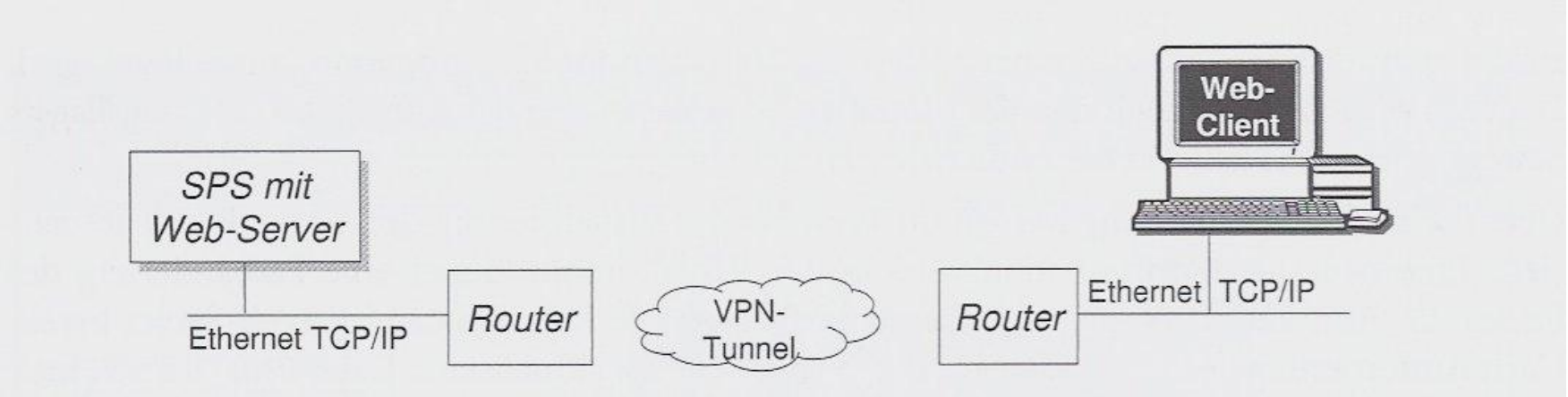


Abb. 02.07
Für den Internet-basierten Zugriff auf die Steuerung läuft der Web-Server in der SPS. Mit Routern wird ein VPN-Tunnel aufgebaut, der die Internet-Verbindung gegen Fremdeinwirkung schützt.

2.1.2 Internet in der Automatisierungstechnik

2.1.2.4 Fernwartung von Steuerungen

Mit dieser Verschlüsselung schafft man eine Verbindung zwischen den beiden Routern, die von außen geschützt ist und intern die Möglichkeit gibt, alle Teilnehmer über den Namen oder die lokale IP-Adresse anzusprechen.

Nach der Konfiguration des VPN/IPSec-Tunnels ist das Handling genau so, als wären die Teilnehmer durch ein Netzwerkkabel miteinander verbunden.

2.2 Horizontale Integration auf der Steuerungsebene (57 von 100)

Insbesondere die Einführung der Feldbustechnik führte zu einer Integration der Feld- und Steuerungsebene.

Viele Feldgeräte besitzen schon längere Zeit eine eigene Elektronik, mit der sie kleine Abläufe (z.B. Dosieren) eigenständig steuern konnten.

Diese dezentrale Intelligenz kann über eine Feldbusverbindung an die Steuerung gekoppelt werden.

2.2 Horizontale Integration auf der Steuerungsebene (58 von 100)

Vernetzung der Feldgeräte mit einer SPS

Die Kommunikation der SPSen mit den Feldgeräten geschieht über das Master-Slave-Protokoll im Polling-Betrieb.

Außer den Messwerten können zusätzliche Prozessinformationen übertragen werden, wie z.B. der Gerätestatus, Messbereiche, zusätzliche Messwerte, Betriebszeiten.

2.2 Horizontale Integration auf der Steuerungsebene (59 von 100)

Die Anzahl der an eine SPS (ein Bus-Master) an koppelbaren Feldgeräte ist jedoch begrenzt.

Sowohl die Rechenleistung der SPS als auch die Buskapazität erlauben nur die Ansteuerung von 31 Feldgeräten (Slaves) an einen Bus-Master.

Die Rechenleistung bei den SPSen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Reichweite des Busses ist limitiert. Wird die zulässige Leitungslänge überschritten, müssen die über den Bus übertragenen Signale durch einen Repeater verstärkt werden.

2.2 Horizontale Integration auf der Steuerungsebene (60 von 100)

Der Repeater ist ein Verstärker für elektrische oder optische Signale und kann also ein Bussegment verlängern (siehe Abb. 02.08).

Durch den Einsatz des Repeaters wird auch die zulässige Anzahl an Busteilnehmern verdoppelt, so dass dann bis zu 63 Feldgeräte (Slaves) an einen Bus-Master angeschlossen werden können.

2.2 Horizontale Integration auf der Steuerungsebene (61 von 100)

Für größere Anlagen, also mehr als 31 bzw. 63 Busteilnehmer, müssen mehrere Bus-Master eingesetzt werden.

Das können mehrere SPSen mit jeweils einem Bus-Master, eine SPS mit mehreren Bus-Mastern oder eine Mischung aus beiden sein.

2.2.1 Vernetzung mehrerer SPSen über Feldbus (62 von 100)

Werden auf einem Feldbus mehrere SPSen mit ihren Bus-Mastern betrieben, scheidet das Master-Slave-Protokoll aus.

Es handelt sich hierbei um eine Kommunikation gleichberechtigter Teilnehmer, also um eine Mehr-Master-Kommunikation bzw. Multi-Master-Communication.

Bei der Topologie handelt es sich also physikalisch um eine Bus-Struktur, logisch jedoch wird eine Ring-Struktur (Token Ring) realisiert.

2.2.1 Vernetzung mehrerer SPSen über Feldbus (63 von 100)

Dabei kreist ein Token im Ring herum und gibt die Reihenfolge der Stationen innerhalb der Kommunikation vor.

Nur der Besitzer des Tokens hat die Berechtigung, aktiv Daten zu schreiben oder zu lesen.

Ein Token ist ein Telegramm, das zwischen den Teilnehmern des Ringes in einer festgelegten Reihenfolge weitergereicht wird.

2.2.1 Vernetzung mehrerer SPSen über Feldbus (64 von 100)

2.2.1.1 Buszugriff mit dem Token-Passing-Verfahren

Bein Token-Passing-Verfahren wird das Token wie ein „Staffelholz“ zwischen den Bus-Mastern weitergereicht. Will ein Bus-Master senden, markiert er den gerade noch freien Token als belegt, adressiert das Ziel und hängt seine Daten an.

2.2.1 Vernetzung mehrerer SPSen über Feldbus (65 von 100)

2.2.1.1 Buszugriff mit dem Token-Passing-Verfahren

Jede Station interpretiert dann die Adresse und reicht das Token weiter, wenn die Adresse nicht mit der eigenen Adresse übereinstimmt.

Die angesprochene Zielstation (die Adresse stimmt mit der eigenen Adresse überein) kopiert die gesendeten Daten in ihren Speicher, quittiert den fehlerfreien Empfang und hängt gegebenenfalls angeforderte Daten an das Token an.

2.2.1 Vernetzung mehrerer SPSen über Feldbus (66 von 100)

2.2.1.1 Buszugriff mit dem Token-Passing-Verfahren

Der Bus-Master, der mit der Übertragung begann, nimmt die Empfangsquittung und gegebenenfalls die Daten auf und gibt danach das Token wieder frei.

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

Im Fall größerer Anlagen besteht mitunter auch die Notwendigkeit, verschiedene Netzsegmente wie in Abb. 02.08 skizziert miteinander zu verknüpfen.

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

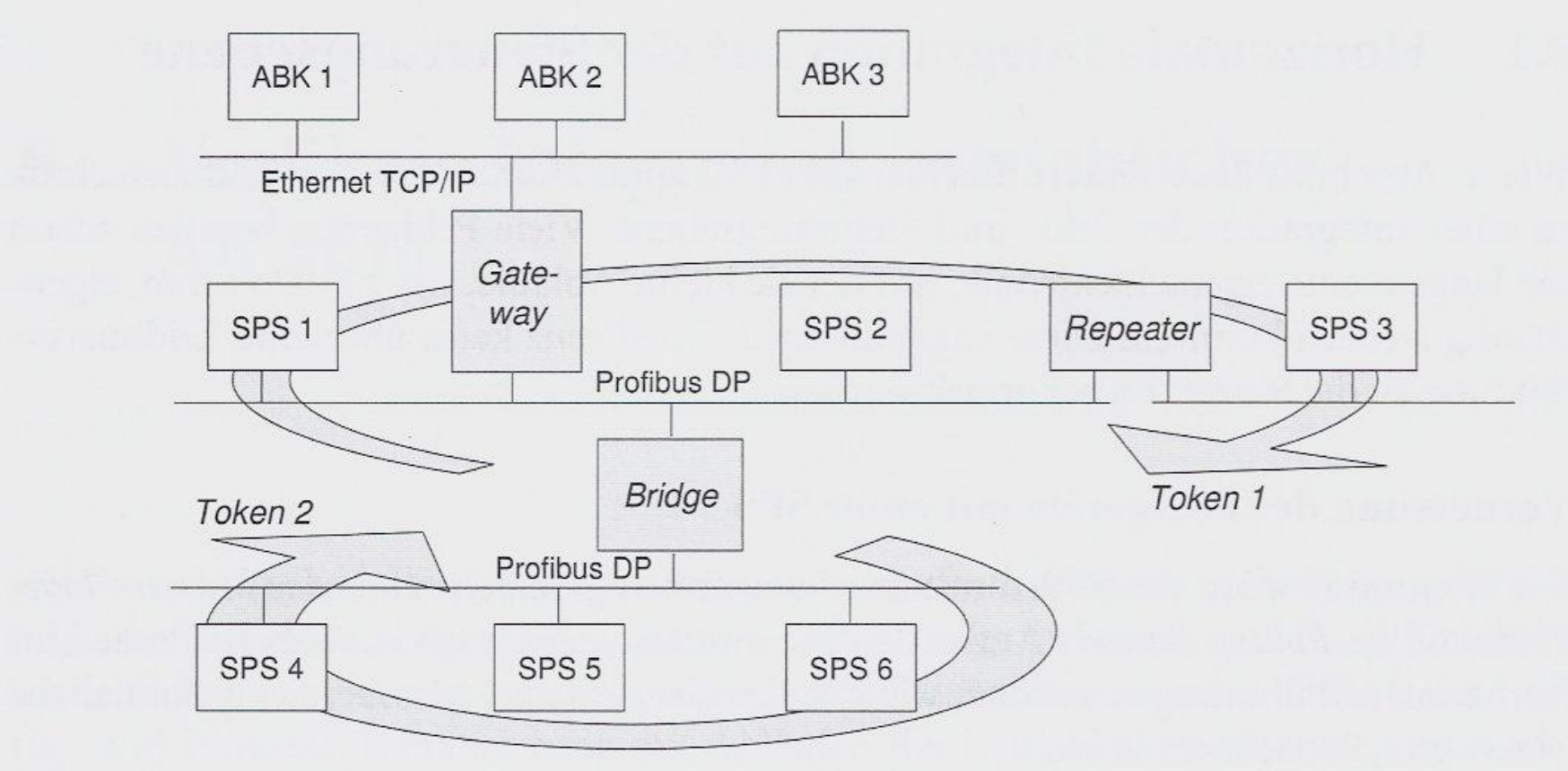


Abb. 02.08
Kopplung ungleicher Netze über ein Gateway, Kopplung gleichartiger Netze über Bridge und Verlängerung eines Bussegments durch einen Repeater.

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

Hierfür gibt es folgende Integrationswerkzeuge:

(1) **Hub**s und **Repeater** verstärken elektrische bzw. optische Signale und verlängern somit Bussegmente. Während ein Repeater nur einen Eingang und einen Ausgang hat, besitzt ein Hub mehrere Anschlüsse.

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

Hierfür gibt es folgende Integrationswerkzeuge:

(2) **Switches** und **Bridges** koppeln Bussegmente gleichen Typs. Dabei leiten sie Nachrichten anhand der Hardwarezieladresse von einem Segment zum anderen Segment. Der lokale Datenverkehr wird abgewiesen, d.h. die Daten innerhalb eines logischen Token-Rings gelangen z.B. nicht über eine Bridge. Der Unterschied zwischen Bridges und Switches ist der, dass Switches über mehr als nur zwei Anschlüsse verfügen.

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

Hierfür gibt es folgende Integrationswerkzeuge:

(3) **Router** verbinden ebenso Netzsegmente mit gleichem Protokoll und Adressierungsmechanismen. Zusätzlich führen sie die Wegsuche (das Routing) für die Datenpakete in stark vermaschten Netzen wie z.B. dem Internet durch.

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

Hierfür gibt es folgende Integrationswerkzeuge:

(4) **Gateways** koppeln Bussegmente ungleichen Typs. Dabei erfolgt eine Protokollumsetzung so, dass Gateways auch Netze mit unterschiedlicher Kommunikationsarchitektur und inkompatiblen Protokollen koppeln können. Der Datenaustausch erfolgt je nach Anwendung meist über ein Serverprogramm (z.B. OPC-Server).

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

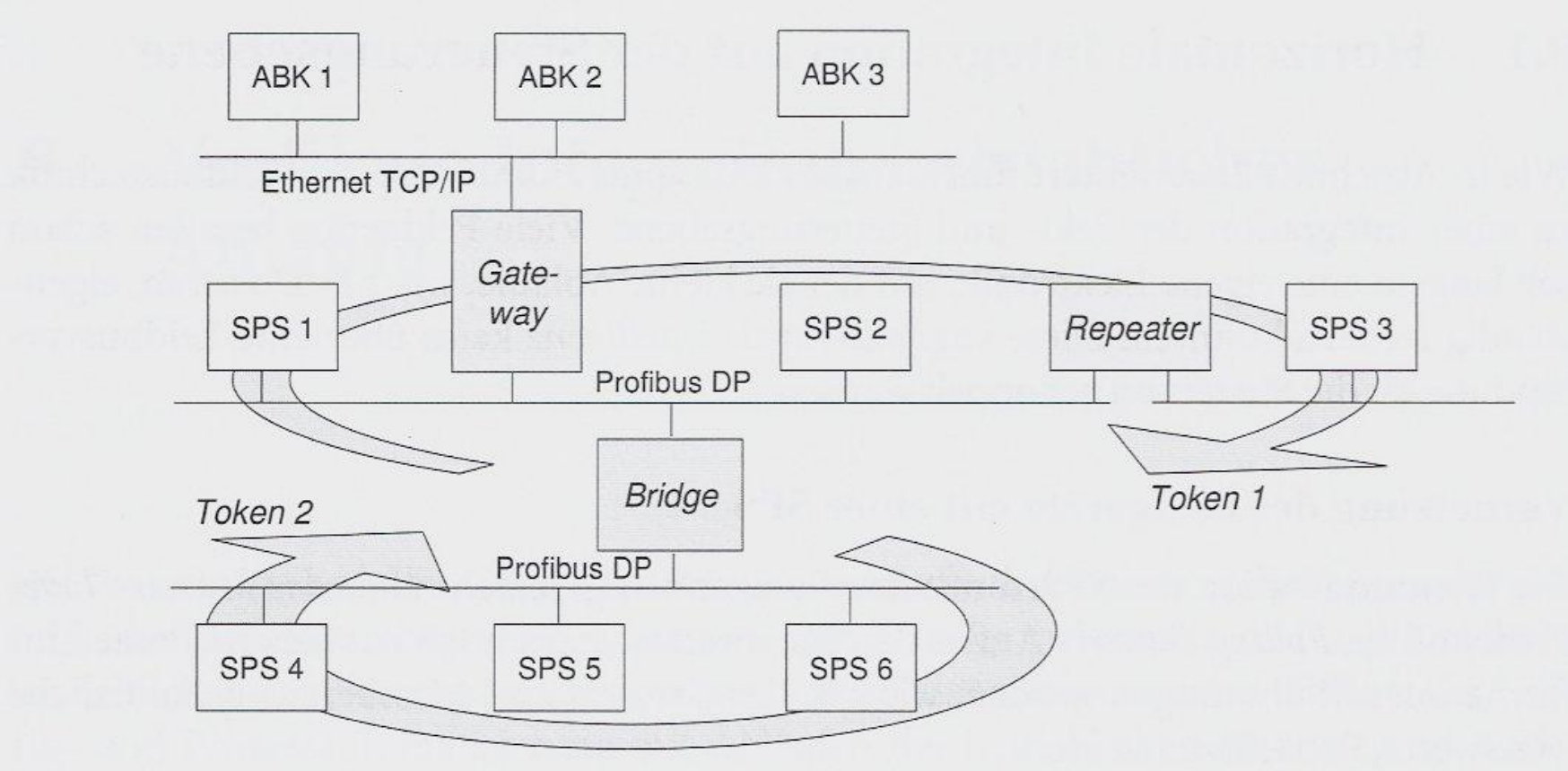


Abb. 02.08
Kopplung ungleicher Netze über ein Gateway, Kopplung gleichartiger Netze über Bridge und Verlängerung eines Bussegments durch einen Repeater.

2.2.2 Werkzeuge der Netzintegration

Für das in Abb. 02.08 gezeigte Beispiel bedeutet das, dass das Gateway nur die Daten zu den ABKn weiterleitet, die für das Visualisierungsprogramm erforderlich sind. So müssen nicht alle Daten der Steuerungsebene dauernd auf der Leitebene aktualisiert werden, sondern ein Gateway leitet nur die Prozesswerte an die ABKn weiter, die sich seit der letzten Abtastung verändert haben. Dadurch wird der Datenverkehr auf dem Ethernet verringert.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (75 von 100)

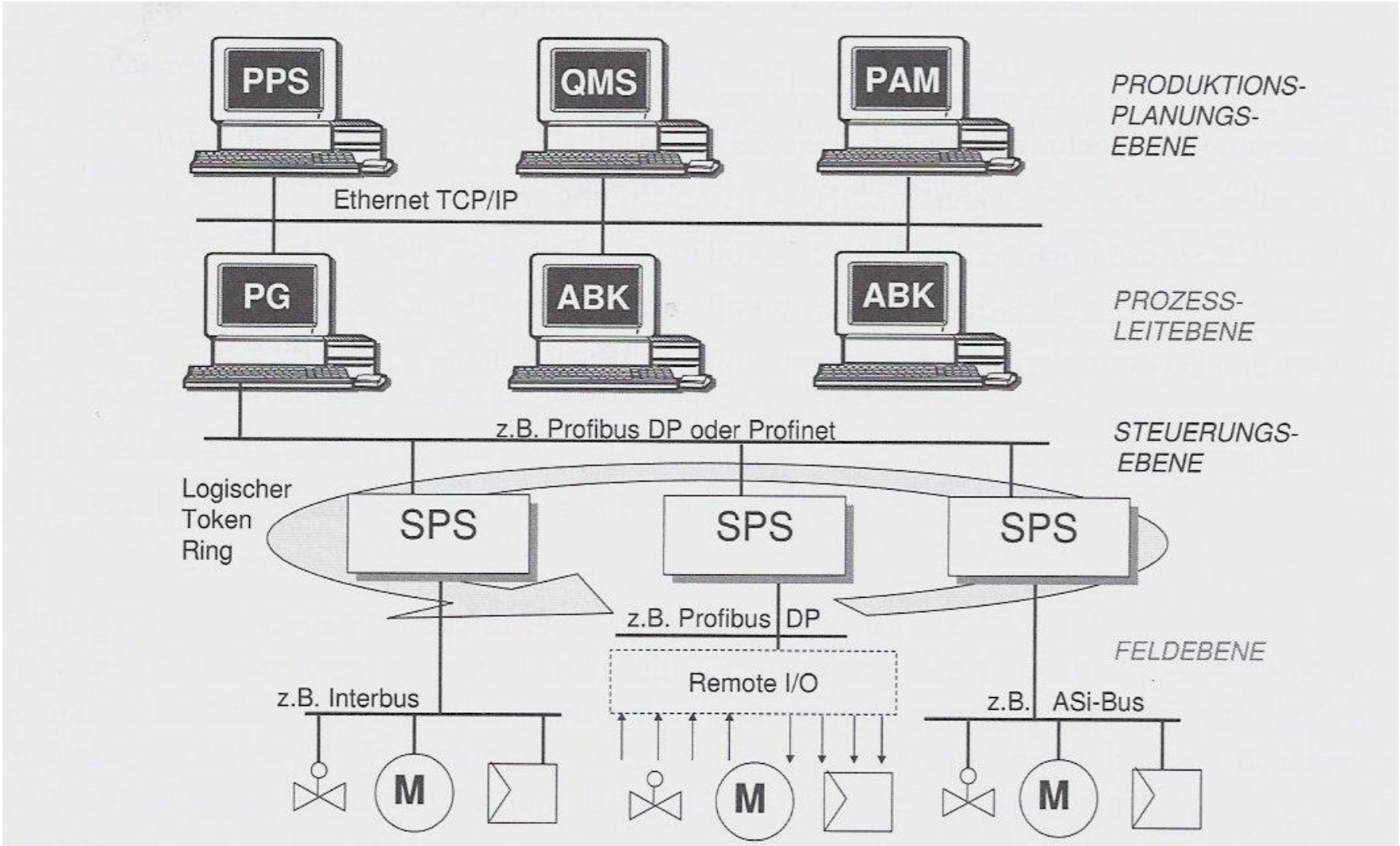
Die Vernetzung der SPSen kann mittlerweile auch direkt über Ethernet erfolgen.

Der Vorteil liegt vor allem in der höheren Brutto-Datenrate von 10…1000 MBit/s gegenüber 30…1500 kBit/s bei Feldbussen.

Ethernet ist das Standard-Bussystem für die PC-Vernetzung und wird somit schon längere Zeit auf der Leitebene und den darüber liegenden Managementebenen eingesetzt (vgl. Abb. 02.01).

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (76 von 100)

Abb. 02.01



2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (77 von 100)

Aus Gründen der Einheitlichkeit wäre es sinnvoll, auch die SPSen und sogar die Feldgeräte über Ethernet zu vernetzen.

Damit könnten dann die gleichen Integrationswerk-zeuge wie Hubs, Switches, Router usw. verwendet werden, was die Projektierung, Installation und Erweiterung vergleichsweise einfach und kostengünstig macht.

Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, Steuerungen und Feldgeräte drahtlos über WLAN anzubinden.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (78 von 100)

2.2.3.1 Buszugriff mit dem CSMA/CD-Verfahren

Der Einsatz des Ethernets für die Kommunikation prozessnaher Komponenten war bislang problematisch, da die Determiniertheit des Datenaustauschs und damit die Echtzeitfähigkeit des Systems nicht garantiert werden konnte.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (79 von 100)

2.2.3.1 Buszugriff mit dem CSMA/CD-Verfahren

Ursache dafür ist das bei Ethernet standardmäßig verwendete Buszugriffsverfahren CSMA/CD (**C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess / **C**ollision **D**etection).

Dieses sieht vor, dass jeder Teilnehmer zu jedem Zeitpunkt senden kann. Will ein Teilnehmer Daten senden, prüft er, ob bereits Daten auf dem Bus vorhanden sind.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (80 von 100)

2.2.3.1 Buszugriff mit dem CSMA/CD-Verfahren

Ist der Bus frei, beginnt der Teilnehmer zu senden.

Der Sender überwacht dann den Bus und vergleicht seine gesendeten Daten mit den aktuellen Daten auf dem Bus.

Sind die Daten nicht gleich, weil ein oder mehrere Teilnehmer ebenfalls den Bus benutzen, unterbrechen alle Sender ihre Übertragung und starten nach zufälligen Zeitabständen erneut.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (81 von 100)

2.2.3.1 Buszugriff mit dem CSMA/CD-Verfahren

Das Vorhanden sein von mehreren sendenden, also aktiven Teilnehmern auf dem Bus ist trotz der vor dem Senden durchgeführten Prüfung der Busleitung möglich, weil die Signale auf der Busleitung endliche Laufzeiten aufweisen.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (82 von 100)

2.2.3.1 Buszugriff mit dem CSMA/CD-Verfahren

Über Ethernet können große Netzwerke mit vielen Teilnehmern aufgebaut werden.

Um den Datenverkehr in einem so komplexen Netz zu regeln, sind zusätzliche Maßnahmen notwendig.

Die Übertragung der Daten und ihre Adressierung über Ethernet erfolgt das TCP/IP-Protokoll (**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol / Internet **P**rotocol).

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (83 von 100)

2.2.3.2 Datenübertragung mit dem IP-Protokoll

Das Internet-Protokoll IP bildet auch die Grundlage der Kommunikation im Web (eben Internet), an dem natürlich sehr viele Rechner angeschlossen sind.

Um zu vermeiden, dass ein sehr großes Datenpaket die Leitung blockiert, werden die Daten in kleine Pakete zerstückelt, die später im Zielrechner wieder zusammengesetzt werden.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (84 von 100)

2.2.3.2 Datenübertragung mit dem IP-Protokoll

Das Internet-Protokoll IP bildet auch die Grundlage der Kommunikation im Web (eben Internet), an dem natürlich sehr viele Rechner angeschlossen sind.

Um zu vermeiden, dass ein sehr großes Datenpaket die Leitung blockiert, werden die Daten in kleine Pakete zerstückelt, die später im Zielrechner wieder zusammengesetzt werden.

Jedes dieser Pakete erhält die IP-Adressen von Sender und Empfänger.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (85 von 100)

2.2.3.2 Datenübertragung mit dem IP-Protokoll

Die IP-Adressen beinhalten sowohl die Adresse des jeweiligen Rechners oder Knotens (Host-Adresse) als auch die des Netzwerksegmentes (Netzwerk-Adresse), in dem der Rechner sich befindet.

Der Sachverhalt ist in etwa vergleichbar mit einer Telefonnummer, die aus Ortskennzahl (Vorwahl) und Teilnehmernummer (eigentliche Telefonnummer) besteht.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (86 von 100)

2.2.3.2 Datenübertragung mit dem IP-Protokoll

Die einzelnen Datenpakete werden durch Router auf dem aktuell günstigsten Weg vom Sender zum Empfänger übertragen.

Problematisch ist hierbei die Tatsache, dass anders als bei einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung nicht garantiert werden kann, dass alle Datenpakete ankommen, denn die zerstückelten Daten können über verschiedene Wege zum Ziel gelangen.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (87 von 100)

2.2.3.2 Datenübertragung mit dem IP-Protokoll

Wenn sie dann alle ankommen, kann es sein, dass die Datenpakete nicht in der richtigen Reihenfolge beim Empfänger eintreffen und somit falsch zusammengesetzt werden könnten.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (88 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Deshalb wird zusätzlich zum IP-Protokoll das Kontrollprotokoll TCP (**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol) zur Sicherung der Datenübertragung angewendet.

Es sorgt dafür, dass die zerstückelt versendeten Daten sicher (also tatsächlich und ohne Fehler) ankommen und in der richtigen Reihenfolge wieder zusammengesetzt werden.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (89 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Zwischen den beiden kommunizierenden Anwenderprogrammen wird ein fester Übertragungskanal eingerichtet.

Anfangs- und Endpunkt eines Übertragungskanals bilden die so genannten Sockets.

Diese setzen sich aus der IP-Adresse des Rechners und einer für die Anwendung spezifizierten Port-Nummer zusammen.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (90 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Ein Socket stellt also quasi die Zieladresse des Anwenderprogramms dar, mit dem ein Datenaustausch stattfinden soll.

Bei dem Übertragungskanal handelt es sich, wie in Abb. 02.09 dargestellt, um eine Vollduplex-Verbindung.

Somit können die Daten gleichzeitig gesendet und empfangen werden.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (91 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

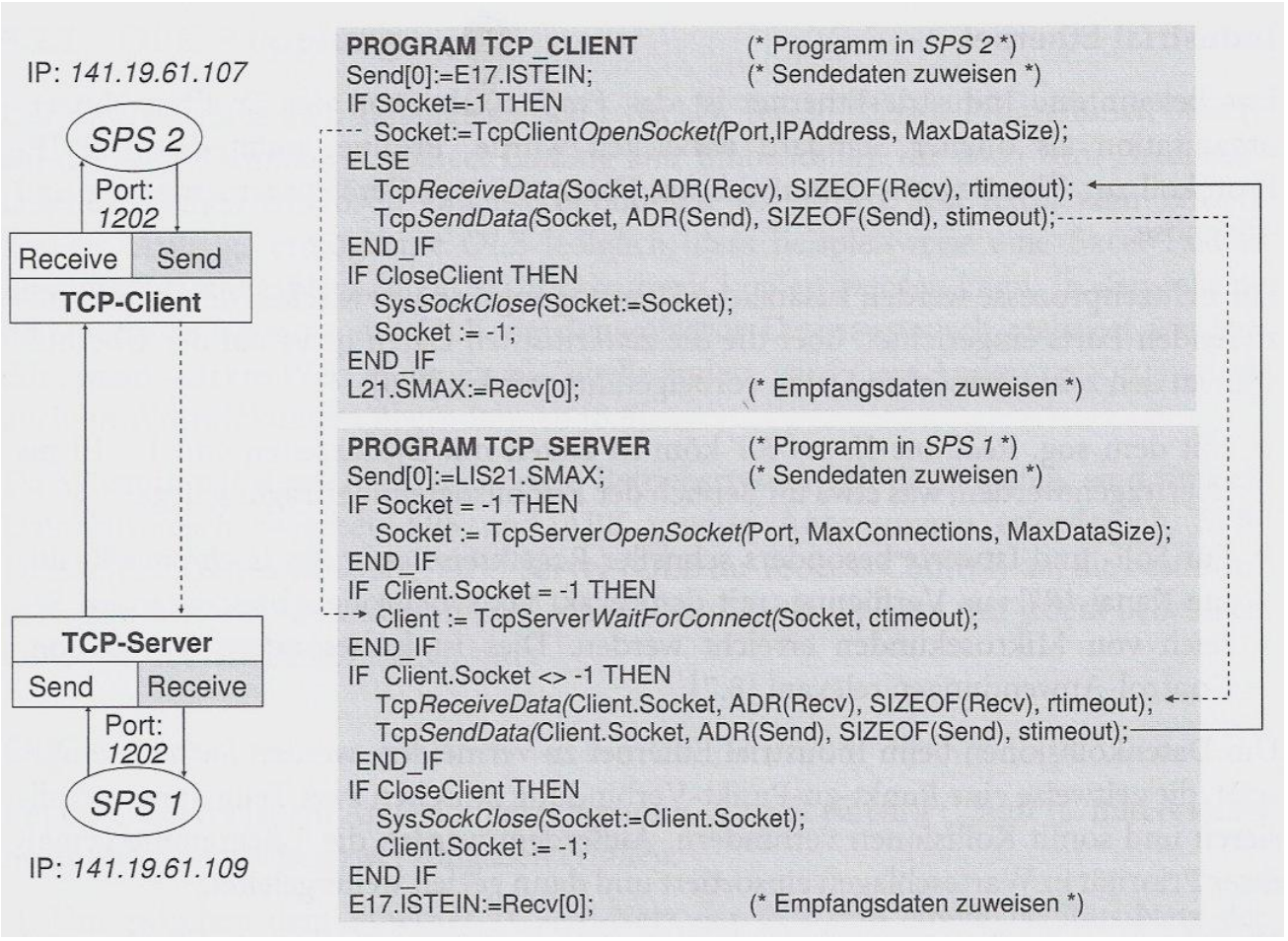


Abb. 02.09
Kommunikation zwischen Client und Server über eine Vollduplex-Verbindung mit TCP/IP-Protokoll.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (92 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Zur Programmierung dieser Datenübertragung stehen plattformunabhängige Routinen der *Socket Library* zur Verfügung.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (93 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Die Datenübertragung lässt sich in drei Abschnitte aufteilen:

1. **Aufbau der Verbindung** zwischen den Teilnehmern durch einen *Handshake*
2. **Datenaustausch** über die wechselseitig verwendeten Befehle *Send* und *Receive*
3. **Abbau der Verbindung** durch einen erneuten *Handshake*

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (94 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Die *Socket Library* stellt auch Befehle für das UDP-Protokoll (**U**ser **D**atagram **P**rotocol) zur Verfügung, dass ein minimiertes Kontrollprotokoll gegenüber TCP darstellt.

Mit UDP kann zwar nicht garantiert werden, dass Pakete in der richtigen Reihenfolge empfangen werden, aber die Kommunikation ist deutlich schneller als über TCP.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (95 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Da Automatisierungsnetzwerke zumeist relativ klein und unverzweigt sind, treten dort solcherlei Kommunikationsfehler ohnehin selten auf.

Außerdem können sie durch zusätzliche Protokollmaßnahmen in den Anwenderprogrammen behoben werden.

Damit stellt das UDP-Protokoll für die Vernetzung von SPSen eine attraktive Variante dar.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (96 von 100)

2.2.3.3 Datensicherung mit dem TCP-Protokoll

Ethernet TCP/IP und UDP/IP können aber keine determinierte Zykluszeit gewährleisten, weil das Buszugriffsverfahren CSMA/CD vom Zufall einer Kollision abhängig ist.

Außerdem verursacht das TCP/IP-Protokoll mit seinem großen Telegramm-Overhead und seiner aufwändigen Wegsuche lange Zykluszeiten, die für Echtzeitprozesse unzureichend sind.

Deshalb müssen für die industrielle Nutzung des Ethernets noch einige Erweiterungen vorgenommen werden.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (97 von 100)

2.2.3.4 Industrial Ethernet

Das bekannteste Industrie-Ethernet (industrielles Ethernet) ist das **Profinet** .

Es wurde von der Profibus-Nutzerorganisation als offener Standard entwickelt.

Profinet nutzt das TCP/IP-Protokoll zur Übertragung zeitunkritischer Daten (Bsp. Geräteparametrierung, Gerätediagnose).

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (98 von 100)

2.2.3.4 Industrial Ethernet

Für Echtzeitprozesse werden zusätzliche Übertragungskanäle zwischen den kommunizierenden Ports eingerichtet, über die die zeitkritischen Daten quasi auf der Überholspur an den zeitunkritischen Daten vorbeigeführt werden:

- Mit dem so genannten Realtime-Kanal (RT) können Daten mit Zykluszeiten von 1…10 ms übertragen werden,
  was etwa im Bereich der Feldbusübertragung liegt.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (99 von 100)

2.2.3.4 Industrial Ethernet

- Für Soll- und Istwerte besonders schneller Regelkreise steht ein isochroner Realtime-Kanal (IRT) zur Verfügung, mit dem exakt taktsynchrone Abtastzeiten im Bereich von Mikrosekunden erreicht werden.

  Dies ist insbesondere für Motion-Control-Anwendungen relevant.

2.2.3 Vernetzung mehrerer SPSen über Ethernet (100 von 100)

2.2.3.4 Industrial Ethernet

Um Datenkollisionen beim Industrial Ethernet zu vermeiden, werden Switches eingesetzt, die zeitweise eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen zwei Teilnehmern realisieren und dadurch Kollisionen verhindern.

Außerdem werden die Telegramme gemäß ihrer Priorität in Warteschlangen einsortiert und dann gezielt weitergeleitet.

- Ende Kap. 2 -