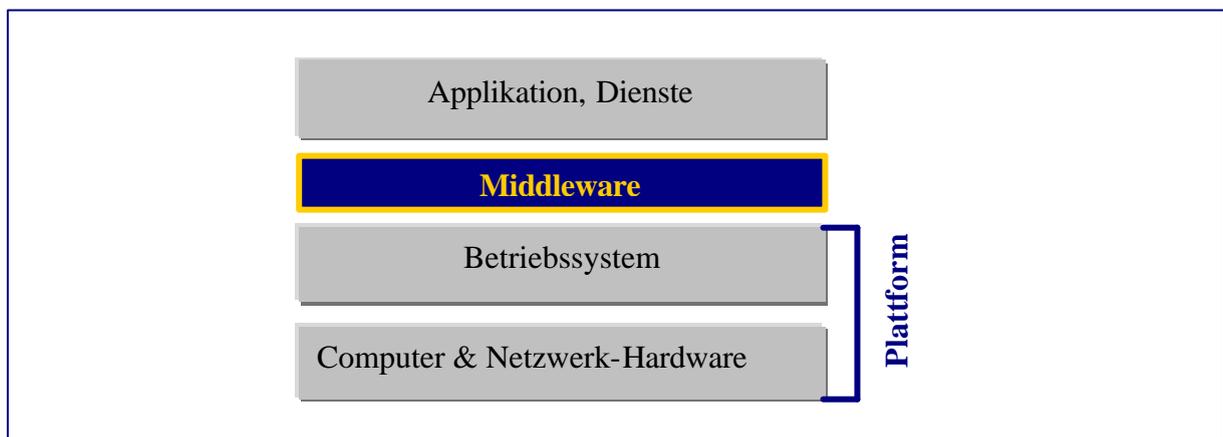


Bis Mitte der achtziger Jahre waren fast alle Computer zentralisierte Systeme, bei denen ein einziger Hauptrechner von mehreren einfachen Terminals bedient und benutzt wurde. Die Rechenleistung, die ein User bekam, war von der Anzahl der Benutzer abhängig. Um dieses Problem zu vermeiden, hat man Systeme entwickelt, die nicht auf einen Prozessor, einen lokalen Speicher und eine eigene Peripherie eingeschränkt sind, sondern sich sowohl Hardware- wie auch Software-Ressourcen teilen können. Man kann sich so ein System wie folgt vorstellen: Gegeben seien mehrere unabhängige Computer. Das Ziel ist, ein System aufzubauen, das dafür sorgt, dass diese Computer miteinander kommunizieren, kooperieren und Nachrichten untereinander austauschen. Allgemein werden solche Systeme als verteilte Systeme bezeichnet. Die gemeinsame Nutzung von Ressourcen ist der wichtigste Motivationsfaktor für den Aufbau solcher Systeme.



Quelle: ([Coulouris et al. 2002] S. 50)

Abbildung 2.1: Software- und Hardware-Serviceschichten in verteilten Systemen

Ein verteiltes System besteht aus Hardware, Software- und Serviceschichten (Abbildung 2.1). Die Darstellung dieser Schichten erfolgt in kanonischer Weise, beginnend mit der Hardware, darüber die Betriebssysteme bis hin zu den Anwendungen. Die beiden unteren Schichten (Betriebssystem, Computer & Netzwerk) bilden zusammen eine Plattform⁸ (siehe Abbildung 2.1), wodurch die Kommunikation und Koordination zwischen den Prozessen vereinfacht wird. Zwischen der Plattform und der Applikation liegt eine Softwareschicht ([Coulouris et al. 2002] S. 35), die eine Programmierabstraktion bereitstellt und die Heterogenität der zugrunde liegenden Netzwerke, Hardware, Betriebssysteme und Programmiersprachen verbirgt. Diese

⁸ Die untersten Hardware- und Softwareschichten werden häufig als Plattformen für verteilte Systeme und Applikationen bezeichnet. Diese Low-Level-Schichten stellen Dienste für die darüber liegenden Schichten bereit, wodurch die Programmierschnittstelle des Systems auf eine Ebene gebracht wird, die die Kommunikation und Koordination zwischen den Prozessen vereinfacht [Coulouris et al. 2002].

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Softwareschicht wird als Middleware bezeichnet, ist das Hauptthema dieser Arbeit und wird im Kapitel 3 beschrieben.

In der Literatur lassen sich mehrere Definitionen eines verteilten Systems finden. An dieser Stelle soll das verteilte System in seiner allgemeinsten Form betrachtet werden. In Anlehnung an [Puder & Römer 2001] wird ein verteiltes System wie folgt definiert:

Definition

„Ein verteiltes System ist ein informationsverarbeitendes System, das eine Vielzahl von eigenständigen Rechnern enthält, die über ein Kommunikationsnetzwerk miteinander kooperieren, um ein angestrebtes Ziel zu erreichen.“

Für weitere vertiefende Informationen zum Thema (verteilte Systeme) ist das Buch [Coulouris et al. 2002] zu empfehlen.

2.1 Mobile verteilte Systeme

Mobile verteilte Systeme⁹ integrieren drei wesentliche Bereiche: Vernetzung, Betriebssysteme und Anwendungen [Baumgarten 2003].

- Für die Vernetzung spielen die Kommunikationssysteme der klassischen Datenverarbeitung (Rechnernetze) und der Telekommunikation eine wesentliche Rolle (siehe Abschnitt 2.2 Datenkommunikationsnetze). Dabei ist die drahtlose Kommunikation für die mobilen Rechensysteme unverzichtbar.
- Die Thematik der Betriebssysteme spiegelt sich in zwei wichtigen Aspekten wieder. Einerseits haben die MCSe (*Mobile Computing System*) eigenständige Betriebssysteme, die den speziellen Randbedingungen der Hardware gerecht werden (siehe Abschnitt 3.2 Betriebssystem, 3.2.1 Pocket PC 2002). Andererseits sind die MCSe Bestandteil eines verteilten Systems, so dass die Verwaltungs-, Organisations- und Managementaufgaben eines verteilten Betriebssystems unter deutlicher Berücksichtigung des Systemmanagements durchzuführen sind.

⁹ Der Begriff ‚mobile verteilte Systeme‘ soll in dieser Arbeit als eine räumlich verteilte und vernetzte Hardwarekonfiguration, bei der zumindest einige Hardwarekomponenten mobil sind, also mit der Zeit an unterschiedlichen Orten zum Einsatz kommen können, verstanden werden.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

- Die Anwendungen sind vielfältig und können in Zusammenarbeit mit der Middleware allgemeine Informationsabfrage und -verarbeitung unterstützen.

Bevor die Middleware-Komponenten betrachtet werden, sollen in den nachfolgenden Abschnitten einige wichtige Begriffe aus dem Bereich der Datenkommunikation kurz angesprochen werden. Dieser Abschnitt soll und kann keine im Detail umfassende Erklärung der einzelnen Technologien sein, sondern dient in erster Linie Klärung der Datenübertragungsgrundlagen. Vertiefende Informationen sind der Literatur [Coulouris et al. 2002] Kapitel 1 und [Puder & Römer 2001] Kapitel 2 zu entnehmen.

2.2 Datenkommunikationsnetze

Schnell kommt die Frage auf: Wie werden die Kommunikationssysteme der Datenverarbeitung vernetzt, um ein verteiltes System zu erzeugen? Die Kommunikationsnetze auf Basis der Datenübertragung bilden die Grundlage für moderne Automationseinrichtungen. Ob bei der Hochschulautomation oder der Büroautomation, immer besteht die Aufgabe, innerhalb eines Systems zwischen verschiedenen Geräten bzw. Teilnehmern Daten und Informationen auszutauschen. Hier bieten Kommunikationsnetze viele Vorteile gegenüber Systemen, in denen jeweils nur zwei Teilnehmer über eine Punkt-zu-Punkt Verdrahtung miteinander verbunden sind.

Abhängig vom Anwendungsbereich ergeben sich bei der Kommunikation ganz unterschiedlich komplexe Aufgabenstellungen. Würde man diese mit nur einem einzigen Kommunikationsnetz umsetzen, ließe sich keine optimale Lösung erzielen. Der Markt bietet deshalb ganz unterschiedliche Netze und Bussysteme, die mehr oder weniger auf einen speziellen Aufgabenbereich zugeschnitten sind.

Da es eine sehr große Vielfalt von Kommunikationsnetzen gibt, beschränkt sich diese Arbeit bewusst auf die grundlegenden Kommunikationsnetze zur Datenübertragung, die für das Verständnis anderer Abschnitte wichtig sind.

2.2.1 Datenübertragungsmedien und -wege

Die in verteilten Systemen verwendeten Netzwerke setzen sich aus den unterschiedlichsten Übertragungsmedien zusammen. Wobei die technischen Aspekte des Übertragungsnetzes wie die Verbindungen, die sich durch Übertragungsleistung und -verfahren unterscheiden, eine große Rolle spielen. Bei den Übertragungswegen werden die wirtschaftlichen und organisatorischen Aspekte wie Eigentümer des Netzes, Nutzungsvoraussetzungen und Kosten betrachtet [Tanenbaum 2000].

- ❖ **Übertragungsmedien:** Bei der Schaffung einer Datenkommunikationsinfrastruktur liegt der erste Schritt in der Durchführung einer Gerätevernetzung. Es bieten sich

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

verschiedene Techniken an, die in diesem Kapitel näher untersucht werden sollen, um zu zeigen, welche Möglichkeiten es gibt, die untersuchten Geräte (PDA, Laptop und PC) zu vernetzen.

Man geht derzeit von folgenden Übertragungsmedien aus: Kabelwege (Kupfer- & Koaxialkabel), Lichtwellenleiter und Funkstrecken (Mobil- und Satellitenfunkstrecken). Eine gute Einführung und detaillierte Informationen zu den einzelnen Medien finden sich z.B. in [Tanenbaum 2000] und [Haaß 1997].

Daraus folgt, dass die Netzwerkverbindungen für mobile und tragbare Geräte (PDA, Laptop, etc.) heute über drei gebräuchliche Wege realisiert werden können: Über ein kabelgebundenes Interface, über eine Infrarotschnittstelle¹⁰ oder über eine Funkschnittstelle. Weil in der Praxis die Preise, Bandbreite, Fehlerrate und Störungen sowie die Vor- und Nachteile der Verbindungsmöglichkeiten in einem verteilten Netzwerk eine große Rolle spielen, werden diese Aspekte der drei Kommunikationsverbindungen in der *Tabelle 2.1* verglichen. Dieser Vergleich soll nicht die einzelnen Verbindungsarten im Detail darstellen, sondern dient in erster Linie deren grober Unterscheidung. Um diese Unterschiede schnell nachvollziehen zu können, wird die Tabelle in einer zusammengefassten übersichtlichen Form gehalten. In Anlehnung an [Uni-Magdeburg 2002] (siehe auch die beiliegende CD, Datei: Diplomarbeit, Kapitel 2 Abschnitt 2.1.2 Kommunikationsverbindung) und an [Muller 2001] ist die Tabelle zusammengestellt worden.

	Kabelgebundene Kommunikations-schnittstelle	Infrarotschnittstelle	Funkschnittstelle
Verbindung	<ul style="list-style-type: none"> An mobilen Geräten werden zumeist Modems oder Netzwerkkarten installiert, die an einer Telefonsteckdose angeschlossen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Datenübertragung erfolgt über Infrarotlicht, wobei eine direkte Sichtverbindung zur Gegenstelle benötigt wird. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Datenübertragung erfolgt über Funk.

⇒ **Weiter**

Tabelle 2.1: Kommunikationsverbindungen im Überblick

¹⁰ IR-Technologie (*Infrared*) basiert auf einer kabellosen Verbindung zwischen zwei Elektrogeräten, im EDV-Bereich eine Alternative zur *seriellen Schnittstelle* für den Datenaustausch zwischen Computer und Peripheriegerät. Die Datenübertragung erfolgt nicht über Kabel, sondern über Infrarotlicht. Beide Geräte benötigen dazu einen Infrarot-Sender/Empfänger.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

	Kabelgebundene Kommunikations-schnittstelle	Infrarotschnittstelle	Funkschnittstelle
Bandbreite, Fehlerrate	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Bandbreiten. • Niedrige Fehlerraten. • Sichere Verbindungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Niedrige Bandbreiten. • Hohe Fehlerraten. • Häufige Verbindungsabbrüche. 	<ul style="list-style-type: none"> • Niedrige Bandbreiten. • Hohe Fehlerraten. • Häufige Verbindungsabbrüche. • Hier bietet sich Satellitenfunk für große Distanzen und hohe Übertragungsleistungen an.
Preis	<ul style="list-style-type: none"> • Sie kann vor allem durch den großen Preisvorteil gegenüber in Übertragungsgeschwindigkeit gleichwertigen Funkdiensten bestehen. 	<ul style="list-style-type: none"> • In geschlossenen Räumen, in denen die Umgebungsbedingungen für IR-Übertragungen geeignet sind, ist es möglich, größere Netzwerke auf Infrarot-Basis sehr preiswert aufzubauen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sie ist bisher nicht preiswert, aber sie soll in Zukunft billiger werden.
Störungen	<ul style="list-style-type: none"> • Durch die im Vergleich zu kabellosen Übertragungstechnologien Systemimmanent sind geringe äußere Störeinflüsse und hohe Datenübertragungsraten mit wenigen Übertragungsfehlern möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> • Systemimmanente Probleme bestehen bei der Arbeit unter direkter Sonneneinstrahlung und in Umgebungen mit zahlreichen IR-Licht reflektierenden Flächen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Funkwellen unterliegen ebenso wie Infrarotlicht den physikalischen Phänomenen der Beugung, Brechung und Reflektion, die eine aufwendige Signalaufbereitung notwendig machen.

⇒ **Weiter**

Tabelle 2.1: Kommunikationsverbindungen im Überblick

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

	Kabelgebundene Kommunikations-schnittstelle	Infrarotschnittstelle	Funkschnittstelle
Vor- und Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Hohe Datenübertragungsrate. ☞ Der wesentliche Nachteil dieser Kommunikations-schnittstelle ist die Beschränkung auf Orte mit einem Telefonanschluss und die damit einhergehende geringe Verfügbarkeit. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Empfänger ist leicht auszuwählen. ☞ Bei dieser Kommunikations-schnittstelle müssen die Geräte im Sichtkontakt stehen. ☞ Die Datenübertragungskapazität sowie die Reichweite von Infrarotstrecken sind gering. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Die mögliche Reichweite von Funknetzen sowie die Freiheit, das Gerät nach Belieben auszurichten, bieten erhebliche Vorteile für die Anwendung dieser Technologie zur mobilen Datenkommunikation. ☞ Funkübertragungen verbrauchen vergleichsweise viel Energie, um eine angemessene Sende-reichweite zu erzielen.

Quelle: [Muller 2001] Kapitel 1 und [Uni-Magdeburg 2002] (siehe auch die beiliegende CD)

Tabelle 2.1: *Kommunikationsverbindungen im Überblick*

Zusammengefasst ist die Nutzung der kabelgebundenen Kommunikationsschnittstellen stark eingeschränkt in der mobilen Datenkommunikation. Die kabellose Kommunikation differiert in Qualität und Quantität erheblich von kabelgebundenen Kommunikationsmitteln, weil die Umgebung und die Charakteristika der Übertragungswege sich verändern können. Bei einer kabellosen Verbindung werden Signale kurzzeitig blockiert, gestreut, durch Signale aus der Umgebung überlagert oder interferiert. Daher zeichnen sich kabellose im Vergleich zu kabelgebundenen Übertragungsstrecken im Allgemeinen durch niedrige Bandbreiten, hohe Fehlerraten und häufige Verbindungsabbrüche aus.

Nahezu jedes moderne, mobile Endgerät verfügt über eine Infrarotschnittstelle. Dies liegt darin begründet, dass die dafür erforderlichen elektronischen Komponenten sehr preiswert sind. Weiterhin sind sie klein, leicht und verbrauchen nur sehr wenig Strom. Standards wie IrDA¹¹ und Fast-IrDA sorgen für die Interoperabilität der Geräte untereinander. Ist eine permanente Sichtverbindung nicht möglich, so bietet sich die Funktechnologie als Ausweg an. Derzeit werden zur Funkkommunikation lokale auf den Datenverkehr spezialisierte

¹¹ Der Standard IrDA (*Infrared Data Association*) definiert eine kabellose Infrarot-Schnittstelle. IrDA ist gleichzeitig der Name einer Vereinigung und die Bezeichnung eines von ihr spezifizierten Standards für Infrarot-Kommunikation [Microsoft Press 2000] (siehe auch IrDA-Abschnitt). Weitere Informationen zur IrDA sind unter der Webadresse [IrDA 2002] abrufbar.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Funknetzwerke gemäß Standards wie WLAN oder Bluetooth sowie globale, primär für die Sprachübermittlung vorgesehene Funkdienste nach Standards wie GSM¹² oder GPRS¹³ eingesetzt.

Die HAW-Organisation kennt sich mit kabelgebundenen Kommunikationsnetzwerken bestens aus, und da sie ein mobiles Labor bauen möchte, sind für sie meiner Meinung nach die mobilen Kommunikationsverbindungen, die eine gute Verbindungsqualität und hohe Übertragungskapazität aufweisen, zur Zeit viel interessanter. Trotzdem sind alle Varianten zu betrachten, um die alternativen Lösungen für eine bestimmte Aufgabe vor Augen zu haben.

Bei den kabellosen Kommunikationsverbindungen stellt sich die folgende Frage: Wenn Infrarottechnologie und Funktechnologie viele gleiche Anwendungsgebiete bedienen können, warum benötigt man dann überhaupt zwei ähnliche Technologien? Die Antwort ergibt sich aus der Tatsache, dass beide Technologien ihre Vor- und Nachteile haben und in den Fällen, in denen die Infrarotlösung von Nachteil ist, die Funktechnologie durch ihre Vorteile glänzt und umgekehrt (siehe [2.2.4 Vernetzungstechnologien und deren Eigenschaften](#)).

- ❖ **Übertragungswege:** Eine erste grobe Klassifizierung von Netzen unterscheidet die räumliche Ausdehnung, also die Entfernung zwischen den Rechnern, über die hinweg kommuniziert wird. So gibt es: PANs (*Personal Area Networks*), LANs (*Local Area Networks*), MANs (*Metropolitan Area Networks*), WANs (*Wide Area Networks*). Verteilte Systeme verwenden u. a. LANs, WANs, MANs und miteinander verbundene Netzwerke (Internet works) für die Kommunikation (siehe [\[Coulouris et al. 2002\]](#) Kapitel 3, Abschnitt [3.2 Netzwerktypen](#) und [\[Tanenbaum 2000\]](#)).

Die Transferrate von einem Netzwerk zum anderen ist unterschiedlich. Wann und wo welche Übertragungswege gut geeignet sind, hängt von den folgenden Auswahlkriterien ab:

- Datenmenge
- Zeitlicher Anfall der zu übertragenden Daten
- Maximale Übertragungszeit
- Notwendige Übertragungsgeschwindigkeit
- Entfernung
- Gewünschte Übertragungssicherheit (Fehlerwahrscheinlichkeit, Abhörsicherheit)
- Erforderliche Infrastruktur
- Vorgesehene Übertragungs- und Betriebsarten
- Kosten.

¹² GSM (*Global System for Mobile Communication*) ist ein weltweiter Standard für Mobilfunknetze.

¹³ GPRS (*General Packet Radio Services*) ist eine Technologie für den Internetzugang via Mobilfunk mit Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 115 kbit/s [\[Microsoft GmbH 2002\]](#).

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

2.2.2 OSI-Referenzmodell

Damit Anwendungen miteinander interagieren können, bedarf es einer Netzinfrastruktur, d.h. neben der physikalischen Verbindung von Systemen sind gewisse Basisfunktionalitäten nötig. In diesem Abschnitt wird das OSI-Referenzmodell (*Open Systems Interconnection Reference Model*) und dessen Schichten kompakt vorgestellt, um die aufgeführten Technologien einordnen zu können. Damit ist in den nächsten Abschnitten (2.2.5 und 4.5) nachvollziehbar, welche Technologie bzw. Middleware in welcher Schicht im OSI-Modell einzuordnen ist. Das OSI-Modell ist ein bekanntes Konzept für Kommunikationsprotokolle, das in der Praxis nicht weit verbreitet ist, aber eine wichtige theoretische Konzeption liefert. Das OSI-Modell selbst ist keine Netzarchitektur, weil es die auf den Schichten zu benutzenden Dienste und Protokolle nicht definiert. Es sagt lediglich etwas darüber aus, was die einzelnen Schichten bewirken sollen [Tanenbaum 2000].

Wie in der *Abbildung 2.2* zu sehen ist, stellt das OSI-Modell eine geschichtete Architektur mit sieben übereinander liegenden Subsystemen dar. Die obersten drei Schichten sind anwendungsorientiert, die darunter liegenden vier Schichten sind übertragungsorientiert. Das Buch [Tanenbaum 2000], nach dem die einzelnen Schichten beschrieben sind, ist als Nachschlagewerk und für ausführliche Informationen zu empfehlen.

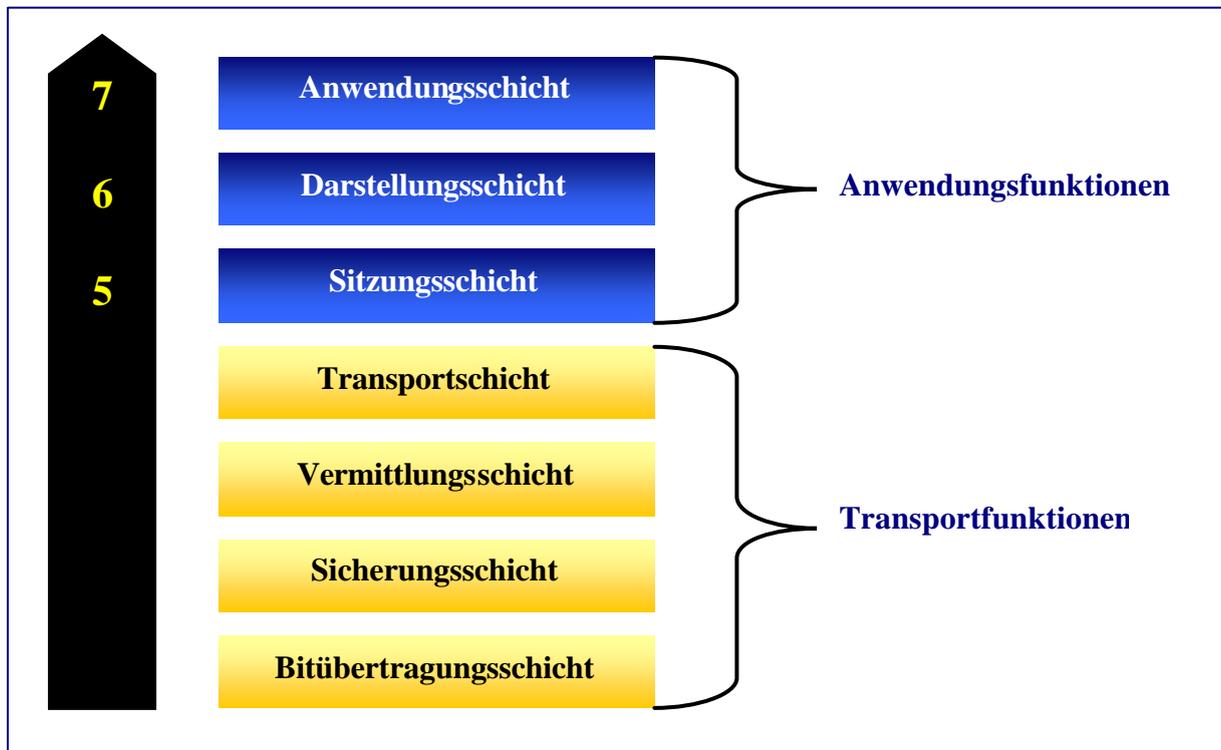


Abbildung 2.2: OSI-Referenzmodell

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

- ❖ **7 Anwendungsschicht:** Die einzige Zugangsmöglichkeit eines Anwendungsprozesses zum OSI-Netzwerk. Sie stellt die Mittel zur Kooperation zwischen verteilten Anwendungsprozessen zur Verfügung.
- ❖ **6 Darstellungsschicht:** Diese Schicht stellt Ausdrucksmittel zur Verfügung, die es den Anwendungsinstanzen ermöglichen, Informationen eindeutig zu benennen. Im Darstellungsprotokoll wird eine konkrete Transfersyntax definiert und die lokale Syntax in diese transformiert.
- ❖ **5 Sitzungsschicht:** Diese Schicht regelt das Gespräch, die Sitzung, zwischen kommunizierenden Partnern. Dazu gehören die Passwortabfrage und Vorkehrungen zum Wiederanlaufen einer unterbrochenen Übertragung ab einem vorher vereinbarten Punkt im Datenstrom.
- ❖ **4 Transportschicht:** Diese Schicht nimmt die Anforderung der Anwenderprozesse hinsichtlich des Datentransfers und u. U. der Übertragungsqualität entgegen, erstellt entsprechende Aufträge an die darunter liegenden Schichten und gleicht gegebenenfalls ungenügende Leistungen dieser Schichten aus.
- ❖ **3 Vermittlungsschicht:** Hier werden Teilstrecken des Netzes zu einer Endsystemverbindung verknüpft. Sie ist auch für die Lenkung der Datenströme (Routing), Auf- und Abbau von Verbindungen und Multiplexing von Verbindungen der Schicht 2 zuständig. Ist in Schicht 2 nur ein Datenaustausch zwischen benachbarten Endsystemen möglich, so erlaubt diese Schicht die Einschaltung von Zwischensystemen.
- ❖ **2 Sicherungsschicht:** verbessert ungesicherte Verbindungen auf Teilstrecken zu gesicherten Verbindungen, die die Fehler in der Datenübertragung erkennen und korrigieren.
- ❖ **1 Bitübertragungsschicht:** Diese Schicht stellt ungesicherte Verbindungen zwischen Systemen für die Übertragung von Bits zur Verfügung. Hier sind die elektrischen und mechanischen Spezifikationen sowie die Datenrate und die elektrische Repräsentation der Signale standardisiert.

2.2.3 Zugriffsverfahren und Kommunikationsprotokolle

Aus der Literatur sind mehrere Definitionen eines Protokolls bekannt. In Anlehnung an [Coulouris et al. 2002] soll ein Protokoll wie folgt charakterisiert werden:

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Definition

„Der Begriff Protokoll beschreibt eine bekannte Menge aus Regeln und Formaten, die für die Kommunikation zwischen Prozessen genutzt werden, um eine bestimmte Aufgabe zu erledigen. Die Definition eines Protokolls besteht aus zwei wichtigen Teilen:

- Die Spezifikation der Reihenfolge, in der die Nachrichten ausgetauscht werden müssen.
- Eine Spezifikation des Formats der Daten in den Nachrichten.“

Ein allgemein anerkanntes Protokoll für die Standardisierung der kompletten Computerkommunikation stellt das OSI-Schichtenmodell dar, ein auf sieben Schichten basierendes Modell mit Richtlinien, die den Einsatz von Hardware und Software regeln. (siehe hierzu Abschnitt 2.2.2 OSI-Referenzmodell). Weiterführende Aspekte und Vertiefungen zu den Protokollen sind der Literatur [Coulouris et al. 2002] (Abschnitt 3.3 Netzwerkgrundlagen, 3.3.4 Protokolle) zu entnehmen.

Wie aus der *Abbildung 2.3* ersichtlich, existiert eine Menge von verschiedenen Protokollen, welche drahtgebunden oder drahtlos sein können. Wobei Ethernet, Fast-Ethernet, Tokenring und ATM u. a. für LAN als drahtgebundene Protokolle gut geeignet sind und xDSL, Dlx-P (*Datex-Packet*) und Powerline für WAN. FDDI ist für beide Netzwerke interessant. Parallel dazu kommen bei LAN Bluetooth, Wireless ATM, Infrarot, HiperLAN und Richtfunk bzw. bei WAN GSM, MBS und UMTS als drahtlose Protokolle zum Einsatz. Die Erläuterungen zu einigen dieser Protokolle folgen weiter unten. Auf die Details ihrer Eigenschaften wird hier nicht eingegangen. Es wird lediglich eine kurze Erläuterung ihrer Besonderheiten aufgezeigt. (Siehe dazu [Bünning & Krause 2002]).

❖ Drahtgebundene Protokolle

- Ethernet verwendet eine Bus- oder Sterntopologie und regelt den Verkehr auf den Kommunikationsleitungen über das Zugriffsverfahren CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) [Tanenbaum 2000]. Die Verbindung der Netzwerkknoten erfolgt durch Koaxialkabel, Glasfaserkabel oder durch Twistedpairverkablung. Fast Ethernet ist ein Ethernet, das 100 Mbit/s unterstützt. Die neueste Ethernet-Generation (Gigabit-Ethernet), die bereits in Servern standardmäßig verfügbar ist, leistet das Zehnfache der Übertragungsrate von Fast-Ethernet [Bünning & Krause 2002].
- Tokenring ist ein lokales Netzwerk, das in einer ringförmigen Bustopologie aufgebaut ist und Tokenpassing zur Regelung des Verkehrs auf der Leitung verwendet. Die Technik nutzt ein gemeinsames Medium und läuft mit 4 oder 16 Mbit/s auf verdrehten Kabelpaaren [Tanenbaum 2000].

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

- ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) ist eine Netzwerktechnologie, mit der sich Daten, Sprache und Video in Echtzeit übertragen lassen. ATM ist im Breitband-ISDN-Protokoll auf den Schichten definiert, die den Schichten 1 und 2 des OSI-Schichtenmodells entsprechen [Microsoft Press 2000]. Die Website des ATM Forums ist unter der Adresse <http://www.atmforum.com> erreichbar.

	LAN	WAN
drahtgebunden	Ethernet Tokenring Fast-Ethernet ATM FDDI	Analoge/Digitale Telefonie xDSL Datex-Packet Powerline
drahtlos	Bluetooth Mobile IP Richtfunk Wireless ATM Infrarot HiperLAN	Satellitenkommunikation GSM UMTS MBS

Quelle: [Fährnich 2003]

Abbildung 2.3: Drahtlose und drahtgebundene Protokolle

- FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) ist von ANSI (*American National Standards Institute*) als Standard für lokale Hochgeschwindigkeitsnetzwerke auf Glasfaserbasis entwickelt worden. Bei FDDI beträgt die Übertragungsrate 100 Mbit/s auf Lichtwellenleitern oder verdrehten Kabelpaaren. Es verwendet die Tokenpassing-Methode [Tanenbaum 2000]. FDDI II ist eine Erweiterung des FDDI-Standards und enthält zusätzliche Spezifikationen für Echtzeitübertragung von analogen Daten in digitalisierter Form [Microsoft Press 2000].
- xDSL (*digital subscriber line*) ist ein Überbegriff, der alle Technologien der Reihe DSL zusammenfasst. Alle Technologien arbeiten mit gewöhnlichen Telefonkupferkabeln und unterscheiden sich vor allem hinsichtlich des eingesetzten Modulationsverfahrens. Das »x« stellt einen Platzhalter für den ersten oder die ersten

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

beiden Buchstaben einer der Technologien dar. Man unterscheidet u. a. folgende xDSL-Technologien: ADSL (*Asymmetric DSL*), HDSL (*High-Data-Rate DSL*), IDSL (*Internet DSL*), RADSL (*Rateadaptive Asymmetric DSL*) und SDSL (*Symmetric DSL*) [[Microsoft Press 2000](#)].

- Die Zugangstechnologie Powerline wird umgangssprachlich auch als "Internet aus der Steckdose" bezeichnet. Diese Technologie nutzt das Stromnetz für die Übertragung von Daten. Über ein PLC-Modem (*Powerline Communication*) schließt man einfach den Computer an jede beliebige Steckdose an. Eine Ortsnetzstation koppelt Strom und Kommunikationssignale auf die Stromleitung im Niederspannungsnetz. Bei einer Massennutzung der Stromleitungen als Telefon- und Internetverbindungen werden jedoch Störstrahlungen mit Einfluss auf bestehende Funkverbindungen befürchtet. Zur Zeit steht eine Übertragungsrate von 2 Mbit/s zur Verfügung [[Uni-Regensburg 2003](#)].

❖ Drahtlose Protokolle

- Ähnlich wie WLAN arbeitet ein Bluetooth genannter Standard auf Basis von Funkwellen. Allerdings war das Entwicklungsziel dieser Technik, den Kabelsalat für Peripheriegeräte drastisch zu vermindern. Diese Technologie eignet sich u. a. für die Vernetzung von Computern [[Bünning & Krause 2002](#)]. Weitere Informationen sind unter der Webadresse [[Bluetooth 2003](#)] zu erhalten.
- Wireless ATM baut auf ATM-Festnetzen auf, die über Access Points die drahtlose Verbindung zu den mobilen Terminals herstellen. Der Access Point ist also die Basisstation des ATM-Funknetzes und die Mobilstation der mobilen Terminals. Die Access Points-Stationen sind unmittelbar an die ATM-Switches des ATM-Netzes angebunden, wobei diese eine entsprechende Mobilitätsunterstützung haben. Die Basisstationen versorgen jeweils eine Funkzelle mit einer Reichweite von 30 m bis 50 m. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit der Access Points-Station beträgt bei der angegebenen Entfernung 20 Mbit/s und kann dynamisch auf die verschiedenen mobilen Terminals verteilt werden. Das mobile Terminal ist solange mit der Access Points-Station verbunden, solange es sich in Sendereichweite befindet. Die An- und Abmeldung eines mobilen Terminals von der Access Points-Station erfolgt in einem vergleichbaren Procedere wie bei GSM-Netzen [[Siemens Lexikon 2003](#)].
- Infrarot ist eine kabellose Verbindung zwischen zwei Elektrogeräten, die dazu einen Infrarot-Sender/Empfänger benötigen. Die Datenübertragung erfolgt nicht über Kabel, sondern über Infrarotlicht. IrDA ist der bekannteste Standard, der für die Datenübertragung im Radius von etwa einem Meter geeignet ist [[IrDA 2002](#)] (siehe auch IrDA-Abschnitt). Weitere Informationen zur IrDA finden sich unter der Webadresse [[IrDA 2002](#)].
- Das Mobile IP ist eine Erweiterung des standardmäßigen IP-Protokolls auf der Netzwerkschicht. Statt das IP-Routing oder die Routing-Einträge zu verändern,

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

definiert Mobile IP eine Paketweitervermittlung, die für das Ankommen der Pakete beim mobilen Rechner unabhängig von seiner momentanen Position sorgt. Im Mobile IP wird das mobile Endsystem als Mobile Node (MN) bezeichnet. Dieses Endsystem kann zwischen mehreren Subnetzen wechseln, ohne seine IP-Adresse ändern zu müssen. Obwohl der Anschlusspunkt wechseln kann, wird im Mobile IP die Möglichkeit für den MN geschaffen, eine dauerhafte Verbindung zu einem Fremdrechner im Internet aufrecht zu erhalten [Baumgarten 2003].

- HiperLAN (*High Performance Radio Local Area Networks*) unterstützt die Hochgeschwindigkeitskommunikation mit Übertragungsraten von 20 Mbit/s zwischen portablen Geräten. Als Funkfrequenzbereich nutzt HiperLAN den 5-GHz-Frequenzbereich. Der HiperLAN-Standard deckt die Breitband-Übertragung für drahtlose lokale Netzwerke (WLAN) ab und orientiert sich an bestehenden LAN-Konzepten mit ATM- und IP-Protokollen [Siemens Lexikon 2003] (Hierzu siehe auch [Sikora 2001]).
- Beim Richtfunk handelt es sich um Funkverbindungen des so genannten festen Funkdienstes, bei denen stark bündelnde Parabolantennen Signale im GHz-Bereich senden und empfangen. Der Abstand zwischen den Antennen von Sender und Empfänger heißt Funkfeld und liegt üblicherweise in Sichtweite. Gesendet wird im Mikrowellenbereich zwischen 2 GHz und 60 GHz. Die maximal überbrückbaren Entfernungsbereiche sind frequenzabhängig und können bei Frequenzen von 2 GHz zwischen 40 km und 100 km liegen. Bei höheren Frequenzen reduziert sich die Reichweite und liegt bei 10 GHz bei maximal 30 km [Siemens Lexikon 2003].
- Bei dem MBS (*mobile Breitbandssystem*) handelt es sich um ein Zellulernetz¹⁴, das im Frequenzbereich von 47 GHz bis 60 GHz mit Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 155 Mbit/s arbeiten soll [Siemens Lexikon 2003].
- UMTS ist ein vom ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) 1998 standardisiertes System für die universelle Mobilfunk-Telekommunikation. Dieser Standard soll die bisherige Mobilkommunikation über GSM mit einem erweiterten Leistungsspektrum ablösen. Vor allem soll UMTS dank seiner wesentlich höheren Übertragungsraten (der theoretische Wert liegt bei 2 Mbit/s) leistungsfähige Multimediadienste eröffnen. Dazu gehören neben den Sprach- und Audiodiensten, auch die schnelle Daten-, Grafik- und Textübertragung sowie die Video-Übertragung [Siemens Lexikon 2003].

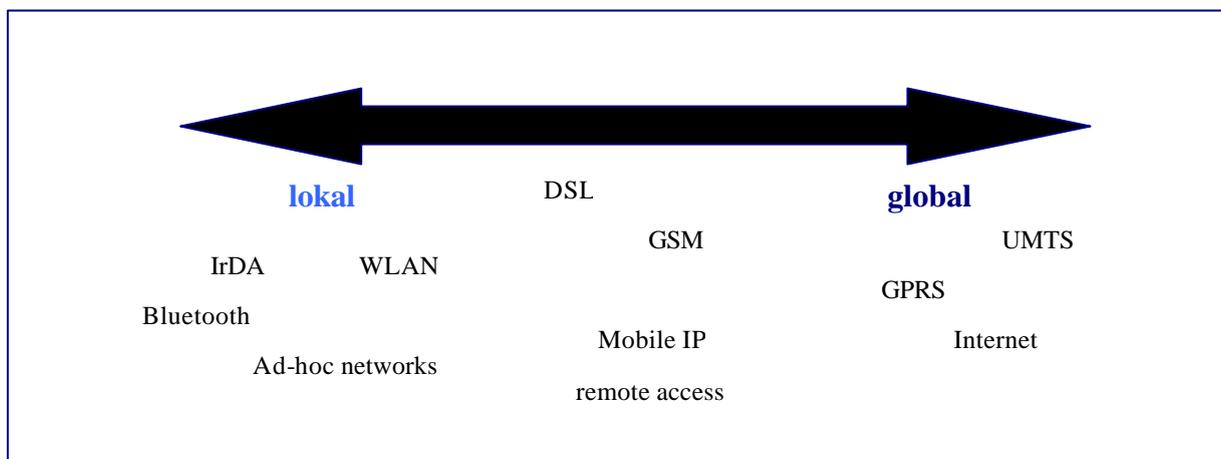
Aus der *Abbildung 2.4* ist zu ersehen, welche der Kommunikationsprotokolle für lokale Netzwerke und welche für globale Netzwerke geeignet sind. Für den Zugriff im Nahbereich

¹⁴ Zellulernetze sind Funknetze für die Mobilkommunikation und stellen das Äquivalent zu den öffentlichen Weitverkehrsnetzen dar. Diese sind in allen Industrieländern flächendeckend aufgebaut und können uneingeschränkt für die geschäftliche und private Kommunikation genutzt werden [Siemens Lexikon 2003].

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

über Infrarot dient IrDA und über Funk stehen Bluetooth, GSM, GPRS oder auch UMTS zur Verfügung. In so genannten Hotspots wie Flughäfen oder Hotels etablieren sich WLANs als Alternative zu Mobilfunklösungen (siehe *Tabelle 2.2*).

Für den Transport der Daten kommt entweder direkt TCP/IP mit HTTP oder eine Kombination aus TCP/IP und WAP¹⁵ zum Einsatz. Letzteres wurde für den drahtlosen Einsatz optimiert und kann an die verschiedenen Funktechnologien angepasst werden. Es berücksichtigt die geringe Leistung von mobilen Endgeräten und die gegenüber dem Kabel deutlich anfälligere Übertragung durch die Luft [Wap 2002].



Quelle: [Software-forumsaar] (siehe auch die beiliegende CD, Datei: Sichere Netze)

Abbildung 2.4: Drahtlose Standards-Protokolle

2.2.4 Vernetzungstechnologien und deren Eigenschaften

Weil mobile Netzwerke üblicherweise Funkleitungen verwenden und diese besondere Charakteristiken besitzen, ist eine spezielle Berücksichtigung dieser Eigenschaften notwendig. Dies drückt sich vor allem in Eigenschaften wie Verzögerung, Durchsatz und Fehlerrate aus, welche einen starken Einfluss auf Anwendungen haben. Um die gleiche Dienstgüte wie in Festnetzen anbieten zu können, ist eine Anpassung von Protokollen und transferierten Daten an die speziellen Charakteristiken von Funknetzen notwendig.

Da die Distanz und die Übertragungsbandbreite sowie die zur Verfügung gestellten Sicherheitsfunktionen bei der Datenübertragung die wichtigsten Merkmale einer Technologie sind, werden diese Aspekte der Technologien IrDA, Bluetooth, WLAN und UMTS in der

¹⁵ WAP (*Wireless Application Protocol*) ist ein offener Standard für die Kommunikation zwischen Handy und Internet. WAP konvertiert, in HTML-Format vorliegende, Webseiten in das TTML-Format (*Tagged Text Markup Language*), so dass die Informationen per SMS-Nachricht an das Handy gesendet werden können. Die Wap-Homepage [Wap 2002] ist für mehr Informationen über WAP zu empfehlen.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

nachfolgenden *Tabelle 2.2* aufgeführt. Diese Aufführung soll nicht die einzelnen Technologien detailliert darstellen, sondern dient in erster Linie der kurzen Erklärung ihrer Eigenschaften. Um diese Eigenschaften mit einem Blick nachvollziehen zu können, wird die Tabelle in einer zusammengefassten übersichtlichen Form gehalten. In Anlehnung an [Muller 2001], [Microsoft Press 2000] und [Microsoft GmbH 2002] ist die *Tabelle 2.2* zusammengestellt worden.

Technologie		Eigenschaften
IrDA	Distanz	<ul style="list-style-type: none"> • Kurze Distanz (1 m) • Sichtverbindung wird erfordert und muss im kleinen Winkel (ca. 30°) ausgerichtet werden • Empfänger ist leicht auszuwählen • Sendet nicht durch Wände
	Übertragung	<ul style="list-style-type: none"> • Point to Point ad-hoc Übertragung bis zu ca. 1m mit bis zu 4 Mbit/s (16 Mbits/s mit VFIR-Protokoll¹⁶) • Mit IrDA kann kein Netzwerk mit Access-Points aufgebaut werden
	Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Keinerlei Sicherheitsfunktionen • Braucht Unterstützung auf Anwendungsebene
Bluetooth	Distanz	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsumgebung mit max. 8 Geräten in einem Raum bis zu 10 m • Lokale, drahtlose Geräteverbindung
	Übertragung	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: up and down jeweils 433 kbit/s oder up 58 kbit/s und down 721 kbit/s (max. 1 MBit/s) • Multipoint

⇒ **Weiter**

Tabelle 2.2: Vernetzungstechnologien und deren Eigenschaften

¹⁶ VFIR (*Very Fast Infrared Protocol*) ist mit dem Ziel entwickelt worden, die hohen Datendurchsatzanforderungen zu erfüllen, die bei der Übertragung großer Bilddateien zwischen digitalen Kameras, Scannern und PCs bestehen [Muller 2001].

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Technologie		Eigenschaften
	Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Symmetrische Datenverschlüsselung • Optionale Autorisierung challenge-response authentication¹⁷, um zu prüfen, ob beide Seiten eines Gerätepaars denselben Schlüssel verwenden • Schneller Frequenzwechsel • Bluetooth bietet Basissicherheit für einfache Netze • Geeignet für Massenmarkt und Batteriebetrieb mit geringer Strombedarf
WLAN (IEEE 802.11b)	Distanz	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible LAN-Erweiterung in kleineren Gebäuden bis 500 m • Heim-Netzwerk
	Übertragung	<ul style="list-style-type: none"> • Breitband (basierend auf IEEE 802.11 Standard) • 2,4 GHz (IEEE 802.11b Standard) bis zu 11 Mbit/s • Übertragungstechnologie: FHSS¹⁸ oder DSSS¹⁹
	Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Frequenzsprung • Adressfilter MAC (<i>Media Access Control</i>) • Verschlüsselung: WEP (<i>Wired Equivalent Privacy</i>) • Verschlüsselt Daten, aber lässt die Header intakt • Eingesetzter bzw. zu kurzer Initialisierungsvektor • Challenge-response authentication • Ist genauso verletzlich wie drahtgebundenes LAN • (Internet-Zugang, Mitlesen, ...) und zusätzlich empfindlich für Funkstörung • Erfordert sorgfältig implementierte Sicherheitsarchitektur

⇒ Weiter

Tabelle 2.2: Vernetzungstechnologien und deren Eigenschaften

¹⁷ Das *challenge-response authentication* ist eine sicherere Variante des PAP (*Password Authentication Protocol*) zur Authentifizierung eines Teilnehmers bei einer PPP-Verbindung (*Point to Point Protocol*).

¹⁸ FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) ist ein Übertragungsverfahren von WLAN Systemen. Durch Interferenzen der auf unterschiedlichen Wegen beim Empfänger eintreffenden Funksignale kommt es zu Störungen. Für WLAN-Anwendungen nach IEEE 802.11 behebt das Frequenzsprungverfahren diese Störungen durch das Aufteilen des im ISM-Band (*Industrial Scientific Medical*) zur Verfügung stehenden Frequenzbereiches [Microsoft GmbH 2002].

¹⁹ DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) ist ein Übertragungsverfahren in WLAN Systemen. Hier wird ein breitbandiges Signal mit niedriger Leistung verwendet, das gegenüber schmalbandigen Störungen relativ unempfindlich ist. Bei dem DSSS-Verfahren wird das 2,4-GHz-Frequenzband in 22 MHz bis 26 MHz breite Frequenzabschnitte unterteilt [Siemens Lexikon 2003].

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Technologie		Eigenschaften
UMTS	Distanz	<ul style="list-style-type: none"> Landesweite Abdeckung in Kombination mit GSM
	Übertragung	<ul style="list-style-type: none"> UMTS soll Datenübertragungsraten von bis zu 2 Mbit/s ermöglichen
	Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> End to End Verschlüsselung Gegenseitige Authentifizierung auf asymmetrische Kryptographie Erweiterte Anonymitätsverfahren sowie Integritäts- und Nichtabstreitbarkeitsmechanismen

Tabelle 2.2: Vernetzungstechnologien und deren Eigenschaften

2.2.5 Einordnung in das OSI-Schichtenmodell

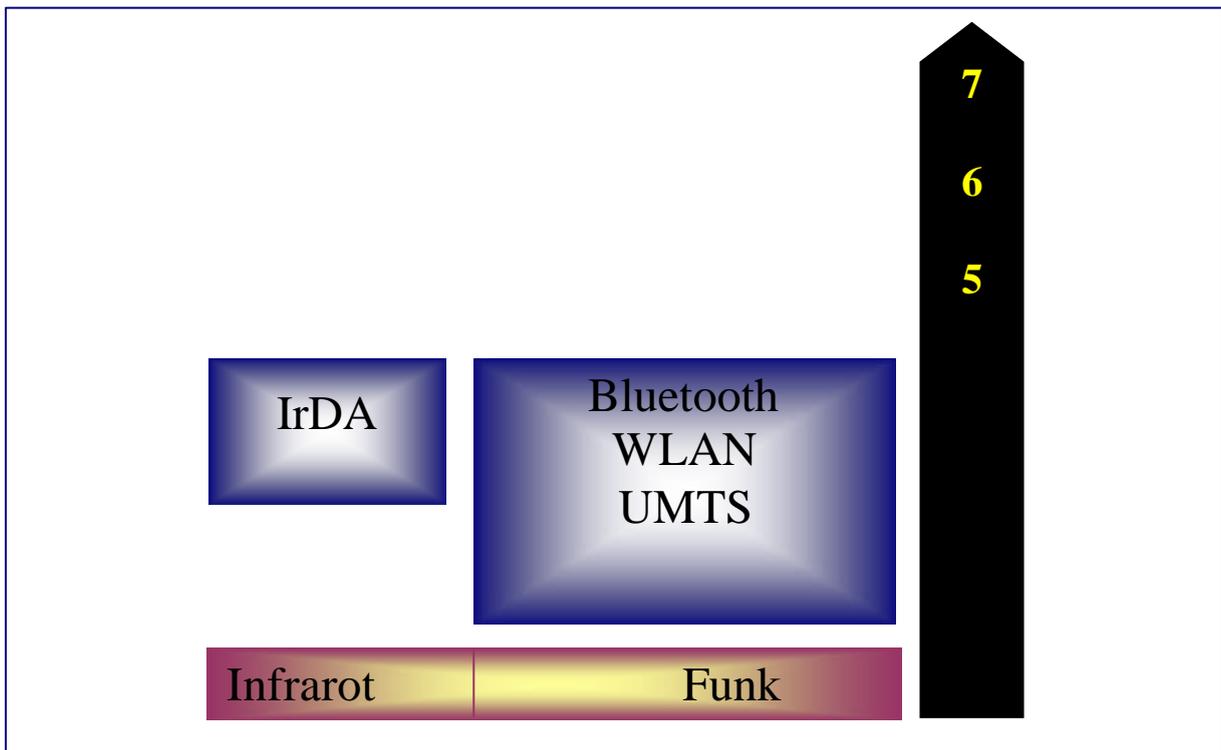


Abbildung 2.5: Einordnung der Protokolle in das OSI-Referenzmodell

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Der Bluetooth-Standard definiert Funktionen innerhalb aller sieben OSI-Schichten. Neben der physischen Datenübertragung über Funk werden Fehlerkorrekturmechanismen, Zugriffsverfahren und Möglichkeiten zur Vernetzung mehrerer Komponenten beschrieben [BSI 2003]. Da Bluetooth genauso wie WLAN und UMTS für die Datenübertragung über Funk gut geeignet sind und sie über integrierte Sicherheitsfunktionen verfügen, sind sie von der Schicht 2 (Sicherheitsschicht) bis Schicht 4 (Transportschicht) einzuordnen. In der Schicht 1 (Bitübertragungsschicht) etablieren sich Funk- bzw. Infrarot-Wellen.

Nach der Zusammenfassung der einzelnen OSI-Schichten (siehe Abschnitt 2.2.2 OSI-Referenzmodell) und der Eigenschaften der einzelnen Technologien in der *Tabelle 2.2* werden diese letzteren in *Abbildung 2.5* in das OSI-Modell eingeordnet. Weil IrDA keine Sicherheitsfunktionen hat und Point to Point ad-hoc Übertragung ermöglicht, kann sie in den Schichten 3 (Vermittlungsschicht) und 4 (Transportschicht) angesiedelt werden.

2.3 Eignung der drahtlosen Kommunikationsprotokolle

- Generell lässt sich sagen, dass Bluetooth überall dort eingesetzt werden sollte, wo sich die zu übertragende Datenmenge in Grenzen hält und eine Verbindung ohne Sichtkontakt notwendig oder von Vorteil wäre. Ferner ist Bluetooth nur für Kurzstrecken (10 m) gedacht.
Bluetooth erreicht Übertragungsraten von bis zu 721 KBit/s [Muller 2001]. Dies erscheint auf den ersten Blick ausreichend. Geht man jedoch davon aus, dass Bluetooth-Geräte mehrere Verbindungen gleichzeitig unterhalten und Multimediaanwendungen sowie Echtzeit-Sprachübertragung unterstützen, so relativiert sich dieser Eindruck schnell. Wichtig ist deshalb, dass der Netzverkehr für die Verwaltung möglichst gering ausfällt.
- WLAN nach IEEE 802.11 hingegen definiert eine Schnittstelle, bei der Datenraten bis zu 11 MBit/s zur Verfügung stehen [Muller 2001]. Es eignet sich also mehr als jede andere Funktechnologie für den Transfer von großen Datenmengen über eine überschaubare Entfernung (max. 500 m).
- Im Gegensatz zu den anderen Technologien muss GSM/UMTS überall dort zum Einsatz kommen, wo die Datenpakete eine große Entfernung zurückzulegen haben. Natürlich hat darunter die Datenrate zu leiden (max. 9600 Bit/s bei GSM). Eine Verbesserung naht mit UMTS, mit dem sich bis zu 2 MBit/s erreichen lassen [Muller 2001], allerdings nur bei einer maximalen Geschwindigkeit von 10 km/s.
- Das IrDA Verfahren bedingt, dass beide Teilnehmer von der Datenübertragung Kenntnis haben. In den meisten Fällen kommunizieren auch nur 2 Teilnehmer miteinander, wobei das jeweilige Gerät in die Richtung des anderen IrDA Teilnehmers gerichtet sein muss. Die Verbindungsaufnahme erfolgt sehr schnell [Muller 2001]. IrDA sollte überall dort eingesetzt werden, wo die Notwendigkeit des Verbindungssichtkontaktes keine Umstände macht und die zu übertragende

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Datenmenge bis zu 16 Mbits/s beträgt. Ferner ist IrDA nur für Kurzstrecken (1 m) gedacht.

2.4 Infrastrukturkomponenten: Überblick

Bevor auf die verschiedenen Verteilungsplattformen eingegangen wird, sollen im Folgenden einige Anmerkungen zur Hardware, den Betriebssystemen und der sonstigen Kommunikationssoftware gemacht werden. Diese erleichtern die spätere Argumentation.

2.4.1 Hardware

Im Nachfolgenden werden alle in dieser Arbeit benutzten Geräte untersucht. Aufgrund finanzieller Restriktionen konnte natürlich nicht von allen vorgeschlagenen Geräten ein Exemplar gekauft werden. Die Resultate basieren deshalb allein auf den von der HAW gekauften oder vor allem aus den vom Hersteller gelieferten bzw. von deren Produktkatalogen herausgefilterten Informationen.

❖ PDA-Merkmale

Die HAW verfügt über einen Compaq-PDA aus der Reihe iPAQ H3870/3970 mit dem neuen PDA Betriebssystem Pocket PC 2002 von Microsoft. Die Tatsache, dass der iPAQ 3x70 standardmäßig eine feste Bluetooth-Schnittstelle hat, macht ihn deutlich interessant. Der PDA hat die Eigenschaft, dass er in die Klasse der so genannten "limited devices" fällt. Es gilt somit, dass er nur beschränkte Speicher- und Rechenkapazitäten aufweist. (Siehe Anhang F ‚PDA-Fakten‘). Weitere Informationen zu den Spezifikationen des iPAQ finden sich auf der Compaq Homepage [[Compaq 2002](#)].

❖ PC-Merkmale

Der untersuchte PC verfügt über keine Infrarot-Schnittstelle, aber es gibt einen Infrarot-Adapter und eine Infrarotkarte als Zubehör. Er hat auch keine integrierte Bluetooth-Funktionalität. Damit er nun mit dem PDA über Bluetooth kommunizieren kann, wird ein USB-Adapter bzw. eine PC-Karte (TDK USP Adapter) benötigt. Durch seinen Einsatz wird der PC Bluetooth-fähig. Da eine PC-Karte nur für Laptops geeignet ist und der USB Adapter für beide Geräte einzusetzen ist, hat man sich in der HAW für das Letztere entschieden. Auf dem PC sind u. a. ActiveSync 3.6, eMBEDded Visual Toolkit und Software Development Kits (SDKs) für Pocket PC installiert.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

❖ Laptop-Merkmale

Im Laufe der letzten Jahre sind die transportablen akkubetriebenen PCs, genannt Laptops, immer kleiner, preiswerter und leistungsfähiger geworden. Da heutzutage ein Laptop in vielen Bereichen genauso wie ein normaler PC einsetzbar ist, wird deswegen auf dessen einzelne Hardware-Details nicht eingegangen. Durch den Bluetooth-Adapter-Einsatz kann einem Laptop Bluetooth-Funktionalität erbracht werden. Jeder Laptop verfügt über die grundlegenden Schnittstellen wie Serielle- und USB-Schnittstelle sowie Netzwerk- und Ethernetanschluss. Falls das Laptop über keine Infrarot-Schnittstelle verfügt, kann es zu diesem Zweck mit einem Infrarot-Adapter oder einer Infrarotkarte aufrüstet werden.

2.4.2 Betriebssystem

2.4.2.1 Pocket PC 2002

Pocket PC 2002 ist ein Betriebssystem, welches in datenzentrierten Endgeräten eingesetzt wird und außer den PIM-Funktionen²⁰ eines PDAs auch mobile Versionen von vertrauten Tools enthält (Pocket Internet Explorer, Pocket Word u. Excel, Pocket Outlook).

Zudem verfügt Pocket PC 2002 über erweiterte Connectivity-Optionen, mit denen existierende und zukünftige Kommunikationsstandards genutzt werden können (WLAN, Bluetooth, GPRS etc.). Als Client für integrierte Business-Lösungen entspricht Pocket PC 2002 den wichtigen Sicherheitsstandards, wie sie heute auch bei Desktop-PCs zu Grunde gelegt werden [Compaq 2002].

Zu den Herstellern von Pocket PCs gehören u. a.: Casio, Compaq, HP, Toshiba. Für die Verbindung eines Pocket PC 2002 mit einem stationären PC oder einem Notebook stehen verschiedene Schnittstellen zur Verfügung (siehe Abschnitt 2.4.1 Hardware, PDA-Merkmale und Anhang F).

Integration von existierenden Protokollen und Kommunikationssoftware

❖ ActiveSync - so funktioniert der Datenaustausch.

Für die Arbeit mit PDAs stellt Microsoft ein kostenloses Programm bereit: ActiveSync²¹. Die Installation erfolgt auf dem PC. Der verwendete PDA ist bereits standardmäßig mit ActiveSync ausgerüstet, der bis zu zwei so genannte Partnerschaften eingehen kann. Dies sind Verknüpfungen zu einem mobilen Gerät. Ist ActiveSync installiert, wird der in der Partnerschaft festgelegte Port ständig überwacht. Wird der PDA angeschlossen, werden neue Elemente auf beiden Seiten entsprechend den Grundeinstellungen übertragen.

²⁰ PIM (*Personal Information Manager*) ist eine Anwendung, die in der Regel ein Adressbuch enthält und Informationen, z.B. Notizen, Verabredungen und Namen, methodisch verwaltet [Microsoft Press 2000].

²¹ Die ActiveSync-Software ist frei erhältlich und kann unter der folgenden Adresse bezogen werden [Microsoft 2003] (siehe auch Anhang E Softwarequelle).

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Die neue Version von ActiveSync eignet sich nicht nur für den Abgleich der Adress- oder Kalender-Daten, sondern auch für die Übertragung von komplexeren Daten. Die Software integriert die PDAs unter dem Eintrag "Mobile Geräte" in den Windows Explorer, dadurch lassen sich auch umfangreiche Dateien problemlos per Drag and Drop auf den Minirechner verschieben. Allerdings konvertiert ActiveSync die Daten automatisch in das PDA-Format, so dass der Vorgang völlig transparent ausführbar ist [Microsoft 2003].

❖ Bluetooth

Bluetooth²² ist eine Technologie für die Verbindung von mobilen Geräten untereinander und mit dem PC sowie die Verbindung von PC-Peripherie mit dem PC. Ein wesentliches Ziel von Bluetooth ist der Ersatz von Kabelverbindung. Weitere Vorteile sind die selbständige Verbindungsaufnahme der Geräte untereinander. Anders ausgedrückt, Bluetooth bietet eine umfassende drahtlose Lösung für die einfache und schnelle Kommunikation zwischen PC, Peripherie und portablen Geräten.

Die Dienstfindung ist innerhalb des Bluetooth-Systems ein wichtiges Element. Unter Verwendung des Service Discovery Protocols (SDP) können die Geräteinformationen, Dienste und Leistungsmerkmale aller Dienste abgefragt werden. BSDP, speziell für die Bluetooth-Umgebung entwickelt, ermöglicht das Auffinden von Diensten und stellt die Mechanismen bereit, damit andere Protokolle zusammen mit SDP benutzt werden können. Alle Geräte/PCs kommunizieren bei der Bluetooth-Vernetzung via TCP/IP miteinander. Zwischen den Teilnehmern wird eine Funkverbindung aufgebaut. Es sind Punkt-zu-Punkt und Punkt-zu-Multipunkt Verbindungen möglich. Dabei bilden bis zu acht Bluetooth Kommunikationsgeräte ein sog. Piconetz²³. Alle Geräte in einem solchen Piconetz sind gleichberechtigt. Die Teilnehmer von bis zu 10 Piconets können untereinander in Kontakt treten. Mehrere Piconets nennt man auch ein Scatternet.

Die *Abbildung 2.6* zeigt den logischen Verbindungsaufbau innerhalb eines und zwischen mehreren Piconetz, in denen irgendein Gerät als Master und die anderen als Slave arbeiten (Sterntopologie). In dieser Abbildung besteht Piconetz 1 ebenso wie Piconetz 3 aus drei Bluetooth-Geräten und in Piconetz 2 sind zwei Bluetooth-Geräte. Diese drei Piconetze bilden in diesem Sinne ein Scatternet. Weitere Informationen dazu sind auf den Websites der Bluetooth Special Interest Group²⁴ (SIG) zu finden [Bluetooth 2003]. Das Buch

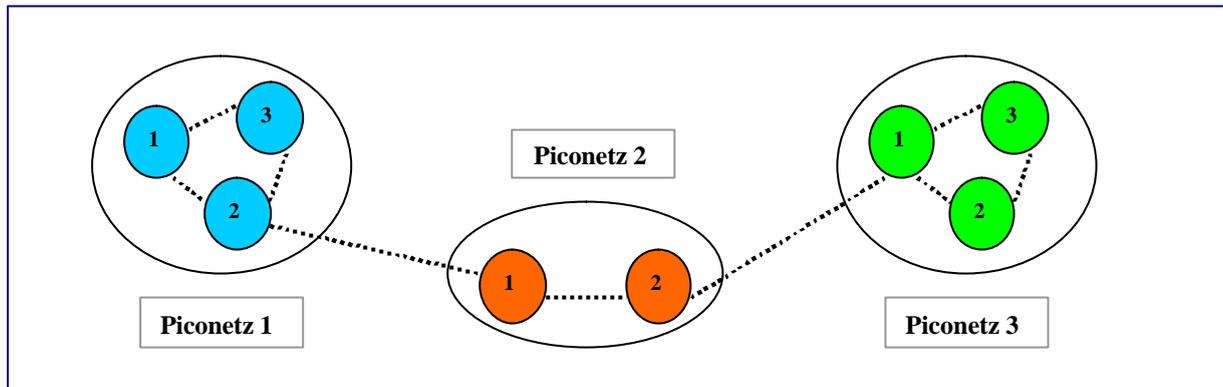
²² Den Namen Bluetooth (Blauzahn, dänisch "Blätant") wählte die schwedische Firma Ericsson als Initiator dieser Technologie in Erinnerung an den vor rund 1000 Jahren in Dänemark herrschenden König Harald II, der den Beinamen "Blätant" trug [Muller 2001].

²³ Ein Piconetz besteht aus einer Ansammlung von zwei bis acht Geräten. Alle Geräte, die an einem solchen Piconetz teilhaben, sind mit derselben Hopping-Sequenz synchronisiert. Die Bluetooth-Geräte in einem Piconetz haben eine identische Implementation. Dennoch muss ein Gerät als Master und die anderen als Slaves fungieren, wobei der Master alle anderen Teilnehmer im selben Piconetz synchronisiert [Muller 2001].

²⁴ SIG (*Bluetooth Special Interest Group*) setzt sich aus den namhaften Hersteller Ericsson, Nokia, IBM, Intel und Toshiba zusammen. Sie treiben die Entwicklung der Technologie voran und bringen sie auf den Markt.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

[Muller 2001] ist auch für einführende, vertiefende und detaillierte Informationen zu Bluetooth sehr hilfreich.



Quelle: [Bluetooth-Whitepaper 2003] (siehe auch die beiliegende CD)

Abbildung 2.6: Logischer Verbindungsaufbau der Piconetze

Zur Übermittlung der Daten zwischen PC und PDA könnte Bluetooth eingesetzt werden. USB-Adapter oder Serielladapter sind für den untersuchten PC gut geeignet, da er über beide Schnittstellen verfügt.

Eine der grundlegendsten Funktionen der beiden Standards (IrDA und Bluetooth) ist der Austausch von Daten wie beispielsweise die Synchronisation der persönlichen Informationen eines PDAs mit einem PC. Dafür setzen beide dasselbe Protokoll OBEX²⁵ ein, das SIG seit der Zusammenarbeit mit IrDA übernommen hat. Auf diese Weise kann eine Anwendung sowohl über IrDA als auch über Bluetooth ablaufen. Es macht jedoch Sinn, je nach Situation einen der beiden speziellen Standards auszuwählen, denn beide Spezifikationen haben ihre Vor- und Nachteile und ergänzen sich gegenseitig.

Wenn beispielsweise zwei Geschäftskollegen Visitenkarten austauschen wollen²⁶, sich aber mehrere Menschen in demselben Raum aufhalten, die über kabellose Geräte verfügen, bietet sich IrDA als sichere Lösung an. IrDA-Geräte lassen sich aufeinander richten, ohne Interferenzen befürchten zu müssen, da der schmale Winkel und die kurze Sendedistanz von IrDA dessen Wirkungskreis limitiert. Bluetooth mit seinen omnidirektionalen Fähigkeiten hingegen wird Mühe haben, den richtigen Empfänger ausfindig zu machen. Denn es erfasst alle Geräte in einem Umfeld von zehn Metern und der Benutzer muss aus einer Liste den zu

²⁵ OBEX (*Object Exchange Protocol*) stellt ein Protokoll der Sitzungsschicht dar, das ursprünglich von IrDA unter der Bezeichnung IrOBEX entwickelt wurde. OBEX ist ein Teil des IrDA-Standards zum Datenaustausch zwischen verschiedenen Geräten. OBEX bietet dieselbe grundlegende Funktionalität wie HTTP, aber in reduzierter Form [Muller 2001].

²⁶ Für das Beispiel ist [Muller 2001] als Unterstützung benutzt worden.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Adressierenden auswählen. Danach müssen noch Sicherheitsmechanismen durchgeführt werden, um die Erlaubnis für den Datentransfer zu erhalten.

Hingegen erweist sich Bluetooth als hilfreich, wenn ein Handy mit einem PC synchronisiert werden soll, ohne dieses aus der Tasche zu nehmen, was mit dem IrDA nicht möglich ist. Darüber hinaus kann sich die betreffende Person im Raum bewegen. Mit IrDA ist man gezwungen, stationär zu bleiben.

Beide Standards vermögen ein Gerät mit einem verkabelten Netzwerk zu verbinden. Bluetooth erweist sich hier als flexibler und unterstützt dabei mehrere Geräte. Nur hinsichtlich der Performance hinkt die Technologie dem IrDA-Standard hinterher. Aber für eine Internetverbindung, wie sie heutzutage über die Infrarotschnittstelle des Modems und des Notebooks üblich ist, erweist sich Bluetooth als mobilere Lösung. Weitere Informationen zu Bluetooth sind [\[Muller 2001\]](#) zu entnehmen.

❖ GSM/GPRS

Da der PDA iPAQ H3870 wie erwähnt standardmäßig über eine Bluetooth-Schnittstelle verfügt, kann durch ein sogenanntes Expansion-Pack die Übertragung über GPRS (*General Packet Radio Service*) stattfinden. Die Betonung liegt auf *Packet*, denn anders als beim Mobilfunk nach dem GSM-Standard werden die Daten bei GPRS Paketweise verschickt²⁷. Der Versand beispielsweise einer E-Mail erfolgt nicht an einem Stück, sondern in vielen kleinen. Immer, wenn auf der Funkwelle Platz ist, wird ein weiteres Paket über die Leitung geschickt. Beim Empfänger werden die Bausteine wieder zusammengesetzt.

Das Angebot an GSM/GPRS-Modulen für den iPAQ ist noch sehr klein. Auf dem Markt sind zwei Produkte zu finden. Das erste das Gismo-Modul und kommt von der Firma Wireless House in Schweden. Beim zweiten Angebot handelt es sich um eine Erweiterung für den iPAQ von Compaq. Da das Modul von Compaq preiswerter ist, es mit dem Gismo-Modul etwa identisch ist und die zusätzlichen Features des Gismo-Moduls meistens nicht benötigt werden, ist die Erweiterung von Compaq meistens wohl die geeignete. Weitere Informationen hierzu sind auf der Compaq Homepage [\[Compaq 2002\]](#) zu finden.

❖ Virtual Private Network (VPN)

Der iPAQ 3780 unterstützt u. a. VPN. VPN besteht aus bestimmten Knoten eines öffentlichen Netzwerks (z. B. des Internets), die sich untereinander mit einer Verschlüsselungstechnologie verständigen. Die Nachrichten können somit von

²⁷ Vorteil der Paket-Methode ist, dass die vorhandenen Kapazitäten der Mobilfunknetze erheblich besser genutzt werden. Denn mit GPRS wird die Leitung nur dann belegt, wenn wirklich Daten fließen. Sobald eine Sendepause eintritt, kann der Kanal von anderen Teilnehmern genutzt werden

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

Unbefugten nicht abgefangen werden. Durch diese Knoten wird in einem öffentlichen Netzwerk sozusagen ein Privatnetzwerk integriert [Boehmer 2002].

Virtuelle Private Netze schaffen Verbindungen zwischen entfernten lokalen Netzen. Für die Nutzer dieser Netze ist diese Entfernung weitgehend transparent, d. h. sie arbeiten mit Rechnern des entfernten Netzes, als würden sich diese im eigenen lokalen Netz befinden. Mehr Informationen zu diesem Thema sind u. a. in [Boehmer 2002] und auf der Microsoft Homepage verfügbar [Microsoft 2003].

❖ Point to Point Tunneling Protocol (PPTP)

PPTP ist eine von Pocket PC 2002 unterstützte Spezifikation für Virtual Private Networks, in denen einige Knoten eines lokalen Netzwerks mit dem Internet verbunden werden.

❖ Terminal Server Client

Über den Terminal Server Client kann man auf Unternehmensanwendungen über eine Online-Verbindung zugreifen. Dabei erfolgt die Ausführung der Anwendungen sowie die Datenverarbeitung direkt auf dem entfernten Rechner, während auf den Pocket PC 2002 nur die Bildschirmdarstellung übertragen wird.

2.4.2.2 Windows XP Professional

Laut Microsoft soll Windows XP Professional an die speziellen Anforderungen, die mobile Geräte an Betriebssysteme stellen, gut angepasst sein. Durch Tools, die für die Verbindung zwischen Dateien, Anwendungen und dem Internet sorgen, soll dank Windows XP Professional der Kontakt aufrechterhalten werden können. Windows XP soll die Unterstützung der CardBus-Remoteaktivierung über LAN einführen. Diese Technologie ermöglicht es uns, tragbare Computer, die z.B. mit dem HAW-Netzwerk verbunden sind, besser zu verwalten. Wird ein System im Standbymodus über Batterie betrieben und der Ladezustand der Batterie sinkt, kann ein Reaktivierungsereignis ausgelöst werden, durch das das System in den Ruhemodus versetzt wird, damit keine Daten verloren gehen [Bünning & Krause 2002].

❖ Windows XP Professionell im mobilen Einsatz

Windows XP unterstützt Dockingstationen automatisch. Wenn eine Dockingstation erkannt wird, erstellt Windows ein zweites Hardwareprofil für den angedockten Zustand. Bei professionell genutzten PCs oder Notebooks gehört ein Netzwerkanschluss heute zur Grundausstattung. Über diesen kann das mobile Gerät problemlos in das Netzwerk eingebunden werden, um beispielsweise Daten abzugleichen, auszutauschen oder das Gerät direkt als Netzwerkarbeitsplatz zu nutzen. Für weitere Informationen zu diesem Thema empfehle ich die beiden Bücher [Bünning & Krause 2002] und [Maslo et al. 2001]. In Anlehnung an das letzte sind die nachfolgenden Punkte zusammengestellt worden.

Kapitel 2: Verteilte Systeme, Netze und Kommunikationstechnologien

- Windows XP kann über die integrierte Netzwerkbrücken-Funktion ein Funknetzwerk mit einem Ethernet-Netzwerk verbinden (S. 905).
- Windows XP Professional unterstützt neben seinem Standardprotokoll TCP/IP weitere Netzwerkprotokolle wie IPX/SPX (*Internet Packet eXChange / Sequenced Packet eXChange*), NetBIOS, etc. (S. 951).
- Windows XP Professional unterstützt die IrDA-Protokollfolge, die die Übertragung von Informationen und die gemeinsame Nutzung von Ressourcen zwischen Computern ohne physische Kabelverbindung ermöglicht. Es erkennt Geräte mit Infrarotunterstützung automatisch. (S. 904).
- Zusätzlich zu dem mittlerweile am häufigsten genutzten VPN-Protokoll PPTP (*Point-to-Point Tunneling Protocol*) unterstützt Windows XP Professional neue Methoden mit höherer Sicherheit zum Erstellen von virtuellen Verbindungen. Dazu gehören L2TP (*Layer-2 Tunneling Protocol*) und IPSec (*Internet Protocol Security*), die sichere Verbindungen zu Firmennetzwerken ermöglichen (S. 1069 & 1070).

Weitere Informationen zu PPTP, L2TP und IPSec sind der Windows 2000 Technical Library auf der Microsoft Homepage zu entnehmen.