

# 1 Mobiles Rechnen

B W. Pree

1.1	Der Weg zu Spezialrechnern .....	2
1.2	Abgrenzung und Besonderheiten .....	2
	Mobile Rechner als Knoten in verteilten Systemen – Besonderheiten	
1.3	Mobilitätsmerkmale .....	4
	Mobilität eines Rechners – Netzverbindung	
1.4	Musteranwendungen .....	6
	GSM – PC-Notebooks im Internet – PDAs im Internet – Mobile Da- tenerfassung	
1.5	Gelöste und ungelöste Probleme .....	7
1.5.1	Mensch-Maschine-Kommunikation .....	7
	Gestapelte Fenster mit fester Größe – Keine Fenster – Streifenfen- ster – Gesten, Handschrift- und Spracheingabe – Zusammenfassung	
1.5.2	Automatische Netzkonfiguration .....	9
1.5.3	Drahtlose Technologien .....	10
1.5.4	Berücksichtigung von Kontextinformationen .....	11
1.5.5	Software-Entwicklungsumgebungen .....	11
1.6	Ausblick .....	11
	Allgemeine Literatur .....	12
	Spezielle Literatur .....	12

Die beeindruckende Entwicklung von Hardware in Bezug auf Rechenleistung und Speichervolumen bei gleichzeitiger Verkleinerung der Abmessungen hat seit Mitte der achtziger Jahre dazu geführt, daß Rechner gebaut werden, die zwischen verschiedenen Orten mit vertretbarem Aufwand bewegbar sind. Es hängt primär von der Größe und vom Gewicht eines Rechners ab, ob und wie häufig er seinen Ort wechselt und somit als *mobiler Rechner* bezeichnet werden kann.

Die zunehmende Miniaturisierung von Hardware hat ein breites Spektrum von mobilen Rechnern hervorgebracht, das von vollwertigen PCs bis hin zu spezialisierten Rechnern wie etwa Mobiltelefonen reicht.

Definition: *Mobiler Rechner und mobiles Rechnen (mobile computing)*

*Mobile Rechner* sind nicht-ortsfeste Knoten in einem Rechnernetz. *Mobiles Rechnen* ist die Sammelbezeichnung für die Arbeiten, die speziell mit ihnen ausführbar sind.

Folgende Begriffe werden synonym zu „mobile computing“ benutzt. Sie weisen durch ihre Bezeichnungen auf besondere Anwendungen des mobilen Rechnens hin:

- *nomadic computing*: weist auf die Beweglichkeit hin;
- *ubiquitous computing*: weist auf die Allgegenwart mobiler Rechner hin;
- *pervasive computing*: weist auf die Durchdringung aller Tätigkeiten mit mobilen Rechnern hin;
- *wearable computing*: weist auf die am Körper tragbaren (oder sogar im Körper implantierten) mobilen Rechner hin.

An all diesen Begriffen ist zu kritisieren, daß sie nicht zwischen dem *Rechner* und dem *Rechnen* unterscheiden, da „computing“ ein unscharfer Begriff für möglicherweise beides ist. Eine fundierte Betrachtung des Themas erfordert die Unterscheidung zwischen *mobilem Rechner* (*mobile computer*) und *mobilem Code* (*mobile code*). Mobiler Code ist ein Stück Software, das zwischen verschiedenen Rechnern migrieren kann und auf diesen Rechnern ausführbar ist. Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Beschreibung der mit mobilen Rechnern verbundenen Besonderheiten. Mobiler Code ist trotz zahlreicher Arbeiten, wie solchen zu mobilen Agenten, ein noch wenig abgesichertes Gebiet der Software-Entwicklung, das nicht näher behandelt wird.

Ein *Ziel des mobilen Rechnens* besteht darin, den Rechner von einem Gegenstand, dem man seine ganze Aufmerksamkeit schenken muß, zu einem unscheinbaren Helfer zu machen. Das drückt sich sowohl in der äußeren Erscheinung wie in der Mensch-Maschine-Kommunikation und in den Anwendungsprogrammen aus. Abschnitt 1.5 zeigt, welche Lösungen oder Lösungsansätze hierfür existieren.

## 1.1 Der Weg zu Spezialrechnern

Wenn auch universell einsetzbare PCs in Form von Notebooks zu mobilen Rechnern gemacht werden können, bilden Spezialrechner wie etwa Mobiltelefone die eigentliche Domäne des mobilen Rechnens. Die Verkleinerung der Rechner führt dazu, daß bestimmte Programme, die auf PCs verfügbar sind, nicht sinnvoll auf mobile Rechner übertragen werden können. Beispielsweise ist ein ausgefeiltes Programm zur Erstellung von Grafiken auf einem mobilen Rechner mit handflächengroßer Anzeigefläche nutzlos. Da auch Speicherplatz und Rechenleistung kleiner als beim PC sind, muß die Funktionalität des Programms oft eingeschränkt werden.

Diese Rahmenbedingungen haben spezialisierte mobile Rechner hervorgebracht, die von Benutzern oft nicht mehr als Rechner wahrgenommen werden und somit dem eingangs erwähnten Ziel nahekommen. Ein Mobiltelefon ist beispielsweise aufgrund seiner vom üblichen Telefon her gewohnten Bedienung und des zusätzlichen Vorteils der drahtlosen Kommunikation zu dem verbreitetsten mobilen Rechner geworden. Handflächengroße sogenannte „persönliche digitale Assistenten“ (*PDA*s) werden vornehmlich zur Termin- und Adressenverwaltung benutzt. Weitere Beispiele für spezialisierte mobile Rechner sind Navigationssysteme, betriebliche Datenerfassungssysteme, Abspiel- und Aufnahmegeräte für digitalisierte Audio- und Videoaufzeichnungen, digitale Kameras und schreibstiftgroße Textscanner zusammen mit Texterkennungsprogrammen.

## 1.2 Abgrenzung und Besonderheiten

**Mobile Rechner als Knoten in verteilten Systemen.** Gemäß der Definition in Kapitel D10 besteht ein verteiltes (Datenverarbeitungs-)System aus mehreren autonomen Prozessor-Speicher-Systemen, die mittels Botschaftenaustausch kooperieren. Die Prozessor-Speicher-Systeme werden als *Knoten* bezeichnet und sind meist vollständige Computer.

Es ist deshalb eine notwendige Eigenschaft eines mobilen Rechners, daß er Knoten in einem verteilten System sein kann. Damit wird betont, daß die Kommunikationsmöglichkeit zwischen mobilen Rechnern ein zentraler Aspekt ist. Bei Mobiltelefonen etwa ist die Kommunikation zwischen den mobilen Geräten Voraussetzung für die primäre Funktionalität: Sprachübermittlung.

Autonome bewegliche Rechner wie Taschenrechner, Fahrradcomputer und Antiblockiersysteme (ABS) in Autos sind keine mobilen Rechner, es sei denn, sie wären in ein verteiltes System eingebunden.

**Besonderheiten.** Gegenüber ortsfesten Knoten in einem verteilten System bringen mobile Knoten durch ihre Kleinheit und Beweglichkeit folgende besondere Probleme mit sich:

- 1 **Mensch-Maschine-Kommunikation.** Die Kleinheit und Spezialisierung der mobilen Rechner erfordert eine Mensch-Maschine-Kommunikation, für die eine lediglich miniaturisierte Version der vom PC bekannten grafischen Oberflächen oft nicht geeignet ist. Weitere Probleme ergeben sich bei der Implementierung der Benutzerschnittstellen durch die Heterogenität der mobilen Rechner. Benutzerschnittstellen für ein und dasselbe Programm sollten nicht für jeden mobilen Rechner speziell entwickelt werden müssen.
- 2 **Automatische Konfiguration einer Netzverbindung.** Die für eine Verbindung eines Rechners mit einem Netz nötigen Einstellungen, wie etwa die IP-Adresse bei Verbindung mit dem Internet, bezeichnet man als *Konfiguration*. Bei ortsfesten Knoten ist die manuelle Konfiguration akzeptabel, da der Rechnerknoten nie oder selten umkonfiguriert werden muß. Mobile Rechner hingegen sollten automatisch konfiguriert werden, da Orts- und somit Netzwechsel häufig stattfinden.
- 3 **Drahtlose Technologien.** Drahtlose Kommunikation ergänzt gut mobile Rechner, da sie nicht durch Kabel in ihrer Beweglichkeit eingeschränkt werden. Das Netz des verteilten Systems kann zum Beispiel im Kern auf Kabel basieren und an den Enden eine drahtlose Verbindung des mobilen Rechners mit dem Netz vorsehen.
- 4 **Kontextinformationen.** Die geografische Position des Benutzers ist ein Beispiel für eine Kontextinformation. Programme können Kontextinformationen nutzen, um das Ziel einer „intelligenten“, nicht die volle Aufmerksamkeit erfordernden Unterstützung des Benutzers zu erreichen.
- 5 **Mobiler Code.** Die in ihren Ressourcen beschränkten Rechner senden Code aus, der auf anderen Rechnerknoten ausgeführt wird. In [Fugetta 98] wird zwischen starker und schwacher Codemobilität unterschieden. Bei starker Codemobilität werden der Programmcode und der Ausführungszustand zwischen Rechnerknoten bewegt. Bei schwacher Codemobilität wird nur der Programmcode bewegt. Das ist zum Beispiel in Java-Umgebungen der Fall, wo Programmcode auf Knoten ausführbar ist, die über eine virtuelle Javamaschine verfügen. Mobiler Code wurde in Forschungsprototypen insbesondere in Form von mobilen Agenten entwickelt.

Abschnitt 1.5 geht auf die vorstehenden Punkte mit Ausnahme von mobilem Code näher ein. Eine ausführliche Diskussion der verschiedenen Aspekte von mobilem Code ist in [Fugetta 98] zu finden.

### 1.3 Mobilitätsmerkmale

In diesem Abschnitt werden Mobilitätsmerkmale eingeführt, die die relevanten Eigenschaften mobiler Rechnersysteme hervorheben. Anhand der Merkmale werden in Abschnitt 1.4 typische Repräsentanten wie das *Global System for Mobile Communication (GSM)* beschrieben.

Die Merkmale beziehen sich auf die Mobilität eines Rechners und auf seine Netzverbindung. So haben etwa die Rechnergröße und Rechnerleistung primär Einfluß darauf,

welche Programme möglich sind und wie die Mensch-Maschine-Kommunikation gestaltet werden kann.

**Mobilität eines Rechners.** Die Mobilität wird durch 4 Merkmale ausgedrückt (siehe Bild 1):

- Größe und Gewicht (mit den Werten *vernachlässigbar*, *sehr kompakt*, *kompakt*, *tragbar*)
- Ausgabemedium (mit den Werten *sehr eingeschränkt*, *eingeschränkt*, *PC-Bildschirm*)
- Eingabemedium (mit den Werten *wenige Tasten*, *eingeschränkte Tastatur*, *Tastatur*)
- Rechnerressourcen (mit den Werten *sehr eingeschränkt*, *eingeschränkt*, *universell*)

Mobilität	Ausprägung	Beispiele und Kommentare
Größe und Gewicht	vernachlässigbar	Schreibstiftscanner, MP3-Spieler in Armbanduhr
	sehr kompakt	Mobiltelefon
	kompakt	PDA
	tragbar	PC-Notebook
Ausgabemedium	sehr eingeschränkt	Anzeigefläche für wenige Textzeilen; schwarz/weiß; eventuell einfache Grafiken
	eingeschränkt	handflächegroße Anzeige für Text und Grafiken; meist schwarz/weiß oder Graustufen
	PC-Bildschirm	signifikant größer als eine Handfläche (ab rd. 6 Zoll Bildschirmdiagonale), meist in Farbe
Eingabemedium	wenige Tasten	Einzeltasten bei einem PDA ohne Tastatur
	eingeschränkte Tastatur	wie z.B. bei Mobiltelefonen
	Tastatur	wie bei PC-Notebooks
Rechnerressourcen	sehr eingeschränkt	Arbeitsspeicher < 1 MByte, Prozessortaktfrequenz < 100 MHz
	eingeschränkt	Arbeitsspeicher < 1 GByte, Prozessortaktfrequenz < 1 GHz
	universell	Arbeitsspeicher < 10 GByte, Prozessortaktfrequenz < 10 GHz

**Bild 1** Mobilitätsmerkmale

Hier sei angemerkt, daß die subjektive Toleranzgrenze, einen Rechner zu transportieren, bei Benutzern unterschiedlich ist. Manche tragen ein PC-Notebook ständig mit sich, während anderen das Mitführen eines Mobiltelefons zu aufwendig ist. Subjektiv betrachtet kann für den einzelnen Benutzer selbst der nach heutigen Kriterien als sehr mobil eingestufte Rechner zu unhandlich sein.

Bemerkungen zu Bild 1:

- *Größe und Gewicht* bestimmen maßgeblich, inwieweit Benutzer bereit sind, einen Rechner mit sich zu tragen.

- *Ausgabemedium*: Je kleiner Geräte sind, um so beschränkter sind die Anzeigemöglichkeiten. In Zukunft könnten Entwicklungen wie zusammenrollbare Bildschirme diese Einschränkung aufbrechen.

Bei allen in der Tabelle angeführten Merkmalsausprägungen kann Sprach-/Audioausgabe zusätzlich zur Anzeigefläche angeboten werden. Statt einer sehr eingeschränkten Anzeige kann Sprachausgabe alternativ eingesetzt werden.

- *Eingabemedium*: Die Größe des Rechners bestimmt analog zur Ausgabe, welches Eingabemedium adäquat ist. Bei vollwertigen QWERT-Tastaturen gibt es Unterschiede durch die Größe der Tasten und den Bedienungskomfort.

Eingaben können in allen Merkmalsausprägungen über natürliche Sprache und/oder handschriftlich erfolgen. Das erfordert entsprechende Rechnerressourcen.

- *Rechnerressourcen* sind Prozessorleistung und Speichergröße. In den Ausprägungen „eingeschränkt“ und „universell“ sind Spracherkennung einiger hundert Wörter und Handschrifterkennung möglich. Die Erkennung natürlicher Sprache erfordert PC-Niveau und ist selbst dann nicht zuverlässig.

Größe und Gewicht hängen eng mit den Rechnerressourcen zusammen. Eine größere Prozessorleistung verursacht größeren Energieverbrauch und damit größere und schwere Batterien.

Netzverbindung	Ausprägung	Beispiele und Kommentare
Art der Verbindung	drahtlos mit geringer Übertragungsrate	Übertragungsraten < 10 MBit/s. Beispiele: GSM und Infrarot
	drahtlos	Übertragungsraten < 1GBit/s Beispiele: <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> (UMTS) und <i>Wireless-Fidelity</i> (Wi-Fi, siehe Abschnitt 1.5.3 )
	mit Kabel	Bandbreiten > 10 MBit/s
Konfiguration	automatisch	Der Rechner ändert seine Konfiguration automatisch, wenn es sein Aufenthaltsort erfordert. Beispiele: GSM, Bluetooth, <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> (DHCP). Das Konzept wird in Abschnitt 1.5.2 diskutiert.
	manuell	Der Benutzer muß die Netzkonfigurationsparameter manuell einstellen (beim Internet: Internet-Protokoll-Adresse, Subnetzmaske, Namensserver).



**Bild 2** Merkmale der Netzverbindung

**Netzverbindung.** Die Art der Netzverbindung eines Rechners und der Konfigurationsaufwand dafür sind die kennzeichnenden Aspekte der Mobilität in Bezug auf das Netz. Bild 2 faßt die Ausprägungen dieser Merkmale zusammen.

Bemerkungen zu Bild 2 :

- *Art der Verbindung*: Wenn ein Rechner häufig bewegt wird, sollte die Verbindung zum Netz drahtlos sein.
- *Konfiguration*: Um einem der Ziele des mobilen Rechnens näher zu kommen, nämlich dem Rechner möglichst wenig Aufmerksamkeit schenken zu müssen, sollte die Verbindung des Rechners mit einem Netz automatisch geschehen.

## 1.4 Musteranwendungen

In diesem Abschnitt werden vier weitverbreitete Anwendungen des mobilen Rechnens anhand der oben angeführten Merkmale beschrieben.

**GSM** hat sich in den neunziger Jahren weltweit mit Ausnahme der USA und Japans als Standard für Mobiltelefonie durchgesetzt; es wird voraussichtlich von UMTS abgelöst, das im wesentlichen höhere Übertragungsraten (bis zu 2 MBit/s) bietet.

GSM ist durch automatische Netzkonfiguration charakterisiert. Mobiltelefone konfigurieren automatisch die Netzverbindung, wenn sich ihr Ort ändert. Die Mensch-Maschine-Kommunikation ist einfach, weil die Hauptfunktion das Telefonieren ist und die Telefonatatur übernommen wurde. Jeder kann den mobilen Rechner sofort benutzen. Zusatzfunktionen, wie das Verwalten von Namen und Telefonnummern, sind extra zu erlernen und hängen vom Hersteller ab. Die neben der Sprachübermittlung beliebteste GSM-Funktion, das Versenden von elektronischer Post durch SMS-Mitteilungen (*SMS = short message services*), erfordert die Texteingabe über die eingeschränkte Tastatur des Mobiltelefons. Kontextinformationen, wie die (grobkörnige) geografische Position der Mobiltelefone, sind zwar beim Mobilnetzbetreiber vorhanden. Sie werden von ihm aber nicht oder nur eingeschränkt genutzt.

**PC-Notebooks im Internet** unterscheiden sich nicht von bekannten ortsfesten PCs im Internet mit der Ausnahme, daß sie häufig den Ort wechseln und oft nur sporadisch mit dem Internet verbunden werden. Dazu ist eine manuelle Konfiguration nötig. Die anderen Besonderheiten von mobilen Rechnern (Mensch-Maschine-Kommunikation, Kontextinformationen, mobiler Code) entfallen.

**PDAs im Internet** sind handflächengroße Rechner mit oder ohne Tastatur. Geräte ohne Tastatur verfügen über eine berührungsempfindliche Anzeigefläche. Die Eingabe erfolgt mit einem Schreibstift und Handschrifterkennung oder über das Bild einer Tastatur auf der Anzeigefläche. Die Kompaktheit eines PDA bietet gute Voraussetzungen für einen hohen Mobilitätsgrad, wenn zum Beispiel eine drahtlose Verbindung mit dem Netz mit großer Übertragungsrate über Wi-Fi oder UMTS gegeben ist.

Durch Kontextinformationen (geografische Position, gekoppelt mit Benutzerprofil) könnten unaufdringlich Informationen zu den in der Nähe des PDA befindlichen Objekten (Sehenswürdigkeiten, usw.) angezeigt werden, die für den Benutzer aufgrund des Benutzerprofils von Interesse sind.

**Mobile Datenerfassung.** Geräte zur mobilen Erfassung von Daten werden in vielen Bereichen eingesetzt. Expresszustelldienste verwenden spezialisierte mobile Rechner (Scanner), die beim Kunden Strichcodes auf Paketen lesen und an einen ortsfesten Rechner über Kabel-, Funk- oder Infrarotverbindung übertragen. Im Handel werden mobile Geräte zum Beispiel zur Verwaltung des Lagerbestandes verwendet.

Bild 3 zeigt die Merkmalsausprägungen der Beispiele. Die Ausprägungen hängen von der gewählten Hardwarekonfiguration ab. Beispielsweise ist bei einer drahtlosen Verbindung von PC-Notebooks eine hohe Übertragungsrate über Wi-Fi realisierbar.

Rechnersystem	Merkmal	Ausprägung
GSM	Größe und Gewicht	sehr kompakt
	Anzeigefläche	sehr eingeschränkt
	Eingabemedium	eingeschränkte Tastatur
	Rechnerressourcen	sehr eingeschränkt
	Netzanbindung Netzkonfiguration	drahtlos mit geringer Übertragungsrate automatisch
PC-Notebooks im Internet	Größe und Gewicht	tragbar
	Anzeigefläche	PC-Bildschirm
	Eingabemedium	Tastatur
	Rechnerressourcen	universell
	Netzanbindung Netzkonfiguration	mit Kabel oder drahtlos manuell
PDAs im Internet	Größe und Gewicht	kompakt
	Anzeigefläche	eingeschränkt
	Eingabemedium	Handschrifterkennung oder Tastatur
	Rechnerressourcen	eingeschränkt
	Netzanbindung Netzkonfiguration	drahtlos mit großer Übertragungsrate manuell

**Bild 3** Beispiele für Mobile Rechnersysteme

## 1.5 Gelöste und ungelöste Probleme

Ausgehend von den Besonderheiten des mobilen Rechnens (Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation, automatische Netzkonfiguration, drahtlose Technologien, Berücksichtigung von Kontextinformation) wird in diesem Abschnitt diskutiert, welche der sich daraus ergebenden Probleme wie gelöst worden sind und welche noch ungelöst sind.

### 1.5.1 Mensch-Maschine-Kommunikation

Die Kleinheit der mobilen Rechner (winziger Bildschirm, wenige Tasten) zwingt zu neuen Arten der Mensch-Maschine-Kommunikation. Es existieren bereits gute Teillösungen, die nachfolgend beispielhaft skizziert werden. Dennoch wird die Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation von mobilen Rechnern auf absehbare Zeit ein Experimentierfeld bleiben.

**Gestapelte Fenster mit fester Größe.** Bei PDAs haben sich verschiedene Techniken herausgebildet. Manche PDAs verfügen über eine Fensteroberfläche; allerdings ist ihre Handhabung wegen der Kleinheit mühsam. Als Alternative haben sich Oberflächen mit gestapelten Fenstern bewährt. Hier belegt ein Anwendungsprogramm die kleine Anzeigefläche vollständig. Zwischen den wichtigen Programmen (beim PDA Termin- und Adressverwaltung), wird durch Drücken einer Taste umgeschaltet. Bild 4a zeigt einen marktüblichen PDA, der diese Technik benutzt.



**Bild 4** a Aspekte der Mensch-Maschine-Kommunikation bei einem PDA  
 b Berührungssensitive nicht überlappende Streifenfenster (Prototyp)

**Keine Fenster.** Mobile Rechner, deren Anzeigeflächen kleiner als bei PDAs sind, verzichten generell auf Fenster. Beispielsweise benutzen Mobiltelefone hierarchische Menüs.

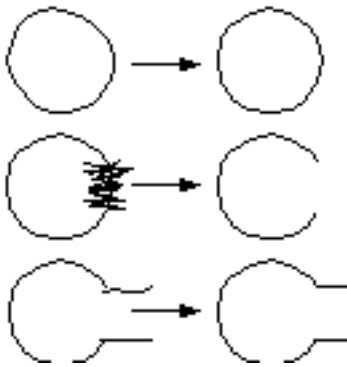
**Streifenfenster.** Ein Grund dafür, daß bei PDAs Fenster wenig akzeptiert werden, ist die aufwendige Handhabung der kleinen Fenster mit einem Schreibstift. Es wäre wünschenswert, statt seiner zum Beispiel den Daumen benutzen zu können. Das würde auch den haptischen Aspekt von berührungssensitiven Anzeigeflächen betonen und die Aufmerksamkeit, die der Benutzer dem mobilen Rechner entgegenbringen muß, vermindern. Ein mögliches Konzept hierfür sind nichtüberlappende, in Streifenform angeordnete Fenster (*tiled windows*). Bild 4b zeigt einen Prototypen, wobei die verschiedenen numerierten Streifen die Fenster darstellen. Berührt man (z. B. mit dem Daumen) einen Streifen, wird dieser in beiden Richtungen auf Kosten der anderen vergrößert. Berührt man den Bereich der verkleinerten Streifen (im Bild etwa die Streifen 4 und 5), wird der oberste Streifen von ihnen, in diesem Fall Streifen 4, vergrößert.

**Gesten, Handschrift- und Spracheingabe.** Sogenannte „Gesten“ stellen bei berührungsempfindlichen Anzeigen eine Möglichkeit dar, Befehle zu geben. Beispielsweise kann das Bewegen des Schreibstiftes von oben nach unten auf der Anzeigefläche die Geste sein, den Fensterinhalt in der angegebenen Richtung zu verschieben (*scrolling*). Eine Schreibstiftbewegung von rechts nach links kann ausdrücken, daß ein selektiertes Objekt, zum Beispiel ein Wort, gelöscht werden soll. Eine weitergehende Anwendung von Gesten versucht, die bei PC-Oberflächen üblichen Werkzeugpaletten nachzubilden. Wenn beispielsweise bei Grafikeditoren typische Formen wie Kreis oder Linie erkannt werden, ist es nicht mehr nötig, ein bestimmtes Werkzeug in einer Palette auszuwählen. Bild 5 illustriert das Anfertigen einer Grafik mit Gesten: einen ungefähren Kreis wandelt der Rechner in einen echten Kreis um. Das „Kritzeln“ ist die Geste zum Löschen eines Kreisbogens, und die annähernd parallel und bündig zu den Enden des Kreissegmentes gezeichneten Linien erkennt der Rechner als Parallelen.

Die Handschrifterkennung ist eine Spezialform der Gestenerkennung. Bemerkenswert ist, wie Veränderungen der Mensch-Maschine-Kommunikation die Erkennungsqualität und damit Akzeptanz verbessern konnten. Einer der ersten PDAs, der *Newton* der Firma Apple, Anfang der neunziger Jahre, hatte eine uneingeschränkte Handschrifterkennung auf der gesamten Anzeigefläche vorgesehen. Die Erkennungsqualität ließ jedoch, bedingt durch die eingeschränkte Rechenleistung, zu wünschen übrig. Der PDA der Firma 3Com/



Palm führte Mitte der neunziger Jahre zwei kleine separate Flächen für die Eingabe von Zeichen und Ziffern ein (siehe Bild 4a). Das Anwendungsprogramm definiert eine Einfügemarke, wo die erkannten Zeichen und Ziffern plaziert werden. Ferner wurden für bestimmte Buchstaben und Ziffern Gesten festgelegt, damit der Erkennungsalgorithmus nicht ähnliche Buchstaben oder Ziffern miteinander verwechselt. Beispielsweise muß der Buchstabe A ohne Querbalken eingegeben werden, um eine Verwechslung mit dem Buchstaben H zu vermeiden.



**Bild 5** Gesten als Alternative zu Werkzeugpaletten

Die *Spracheingabe* wird bisher auf mobilen Rechnern kaum benutzt, da Hintergrundgeräusche die Erkennung beeinträchtigen können.

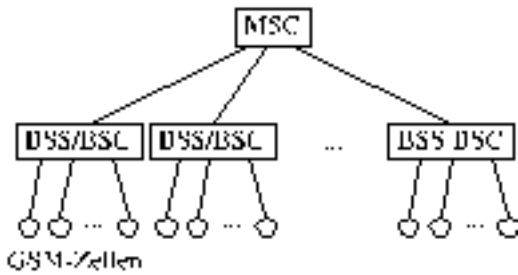
**Zusammenfassung.** Die Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation ist bei mobilen Rechnern trotz der skizzierten brauchbaren Ansätze ein Experimentierfeld. Insbesondere ist die Kombination verschiedener Techniken, wie etwa Gesten und Spracheingabe, noch wenig untersucht. Sollten für spezialisierte Rechner zwar gute, aber unterschiedliche Arten der Mensch-Maschine-Kommunikation entwickelt werden, entsteht der Nachteil, daß ihre Benutzer mehrere Bedienungsweisen erlernen müssen. Ob und wann eine de-facto-Standardisierung wie bei PC-Benutzerschnittstellen erfolgen wird, ist unklar.

### 1.5.2 Automatische Netzkonfiguration

Das Problem der automatischen Konfiguration von Knoten in verteilten Systemen ist durch entsprechende Protokolle gelöst. Beispiele dafür sind die Protokolle bei GSM und *Bluetooth* sowie das *Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)*. Nachfolgend wird anhand von GSM dargestellt, wie automatische Netzkonfigurationen erfolgen, die durch das Bewegen von Mobiltelefonen ausgelöst werden.

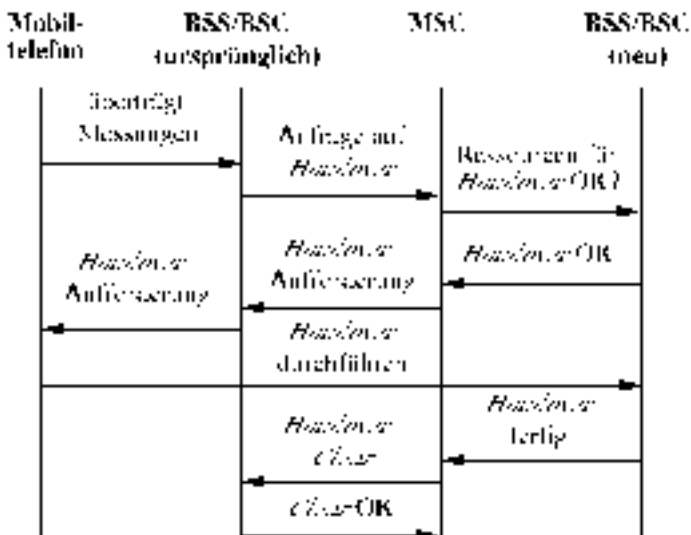
Wegen der großen Anzahl von Mobiltelefonen und ihrem ständigen Ortswechsel benutzt GSM ein hierarchisch aufgebautes dreistufiges Netz, in dem das Umkonfigurieren (*Handover* im GSM-Jargon) dezentral durchgeführt wird. Bild 6 stellt die Elemente der GSM-Netztopologie dar.

Eine Zelle ist die Flächeneinheit, die durch einen Sender abgedeckt wird. Mehrere Zellen sind zu einem sogenannten *Basisstationensubsystem (BSS)* zusammengefaßt. Einem BSS ist ein *Basisstationenschaltzentrum (BSC = base station switching center)* zugeordnet, das die Umkonfiguration beim Bewegen von Mobiltelefonen innerhalb eines BSS durchführt.



**Bild 6** GSM-Netztopologie

Das *Mobildienstschaltzentrum* (*MSC = mobile services switching center*) entspricht einem Mobilnetzbetreiber und faßt mehrere BSS mit Ihren BSCs zusammen. Bewegt sich ein Mobiltelefon zwischen BSS-Regionen, führt das MSC die Umkonfiguration durch. Bild 7 zeigt das Protokoll zur Übergabe eines Mobiltelefons zwischen BSC-Regionen innerhalb eines MSC.



**Bild 7** Netzumkonfiguration bei der Inter-BSC/Intra-MSC-Übergabe eines GSM-Mobiltelefons

Ein GSM-Mobiltelefon überträgt die Send- und Empfangsqualität periodisch (rund jede halbe Sekunde) an das BSS/BSC. Das BSS/BSC entscheidet auf Grund dieser und einiger weiterer Parameter, ob ein Übergang zu einer anderen Zelle oder zu einem anderen BSS/BSC erforderlich ist.

### 1.5.3 Drahtlose Technologien

In der Mobiltelefonie werden meist GSM und UMTS verwendet. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch Protokolle und Standards zur drahtlosen Vernetzung von mobilen Rechnern auf kurze Distanz. Dazu wurden *Bluetooth* ([www.bluetooth.com](http://www.bluetooth.com)) und der Standard *Wireless IEEE 802.11* (im Englischen als *Wireless-Fidelity*, kurz *Wi-Fi* bezeichnet; [www.ieee802.org](http://www.ieee802.org)) definiert.

Bluetooth bietet maximal 1 MBit/s mit einer Reichweite von rund 10 Metern („low-power“-Modus). Mit höherem Energieverbrauch kann die Reichweite auf 100 Meter ausgedehnt werden. Der Standard IEEE 802.11b bietet maximal 11 MBit/s bei einer Reichweite von 100 Metern. Sowohl Bluetooth als auch IEEE802.11b benutzen dasselbe, keine Lizenz erfordernde Frequenzband zwischen 2.400 und 2.483 GHz. Wenn beide am selben Ort benutzt werden, sind Interferenzen zu erwarten. Der Standard IEEE 802.11a benutzt das 5 GHz-Band und bietet maximal 54 MBit/s bei einer Reichweite von 50 Metern.

#### 1.5.4 Berücksichtigung von Kontextinformationen

Kontextinformationen sind ein Aspekt beim mobilen Rechnen, dessen Nutzen sich erst herauskristallisieren muß. Abgesehen von den ersten Programmen zur Nutzung der geografischen Position ist bisher nicht oder nur unzureichend ermittelt worden, welche Kontextinformationen bedeutsam sind. Man nimmt vage an, daß ein Profil, das die Vorlieben des Benutzers beschreibt, vielleicht die Voraussetzung zur Nutzung von Kontextinformationen ist. So könnten zwei Benutzer, abhängig von ihren Profilen und Orten, Informationen austauschen.

Die Beschreibung eines mobilen Rechners, wie etwa der Rechnerressourcen, der verbleibenden Batterieleistung, der Übertragungsrates und der Zuverlässigkeit der Netzverbindung, könnte bestimmen, welche Dienste, die von anderen Rechnern geboten werden, zur Nutzung in Frage kommen. Entsprechendes gilt für die Vorlieben eines Benutzers hinsichtlich Sicherheit und Vertraulichkeit. [Abowd 00] enthält einen Überblick über die Forschung im Bereich Kontextinformationen.

#### 1.5.5 Software-Entwicklungsumgebungen

Obwohl für mobile Rechner andere Betriebssysteme als für PCs existieren (Palm OS, Symbian/Epoc, Windows CE), ergeben sich keine anderen Anforderungen an ihre Software-Entwicklungsumgebungen, sofern kein mobiler Code entwickelt wird. Das ist, abgesehen von Prototypen, bisher nicht der Fall.

### 1.6 Ausblick

Die fortschreitende Vergrößerung der Rechnerressourcen bei gleichzeitiger Verkleinerung der Komponenten wird in Zukunft weitere spezialisierte mobile Rechner hervorbringen und bestehende mobile Rechner verbessern, insbesondere was Größe und Gewicht betrifft. Die automatische Netzkonfiguration mobiler Rechner und ihre drahtlose Netzverbindung wird selbstverständlich werden. Es bleibt abzuwarten, inwieweit der „persönliche digitale Assistent“ die durch diesen Begriff geweckten Erwartungen erfüllen kann.

## Allgemeine Literatur

Abowd, G., Mynatt, E.: Charting Past Present and Future Research in Ubiquitous Computing. ACM Transactions on Human-Computer Interaction 7/1 (2000)

Forman, G.; Zahorjan, J.: The Challenges of Mobile Computing. IEEE Computer 27/4 (1994)

Fugetta, A., Picco, G. P., Vigna, G.: Understanding Code Mobility, IEEE Transactions on Software Engineering 24/5 (1998)

Leeper, D.: A Long-Term View of Short-Range Wireless, IEEE Computer 34/6 (2001)

Roman, G.-C., Picco, G. P., Murphy, A.: Software Engineering for Mobility: A Roadmap, ACM Proceedings Future of Software Engineering (2000)

## Spezielle Literatur

[Abowd 00] Abowd, G., Mynatt, E.: Charting Past Present and Future Research in Ubiquitous Computing. ACM Transactions on Human-Computer Interaction 7/1 (2000)

[Fugetta 98] Fugetta, A., Picco, G.P., Vigna, G.: Understanding Code Mobility, IEEE Transactions on Software Engineering 24/5 (1998)