

# 1 Einführung

Die Informationstechnologie durchlebt momentan einen fundamentalen Wandel. Stationäre Rechnersysteme wie PCs werden immer mehr durch mobile Computer verdrängt. Unter mobilen Computern versteht man nicht mehr nur relativ leistungsstarke Notebooks, sondern auch Personal Digital Assistants (PDAs), Smartphones, Handys, Tablet-PCs, Smartcards sowie mobile eingebettete Systeme wie beispielsweise Pager. Kleinste mobile Computersysteme werden mittlerweile sogar in Ringe, Kleidungsstücke oder Armbanduhrn integriert (solche Computer werden als *Wearables* bezeichnet). Für mobile Computer ist in Zukunft nicht nur eine ständig zunehmende technische Leistungsfähigkeit zu erwarten (was beispielsweise den Prozessortakt oder die Speichergröße anbelangt), sondern auch eine immer häufigere, spontane Vernetzung mit anderen mobilen Computern oder stationären Netzen. Nach der Mainframe- und PC-Ära heisst die wichtigste Anforderung in Zukunft: *Anytime, Anywhere Computing*.

*Mobile  
Computing*

## 1.1 Mobile Anwendungen

Mobile Computing spielt vor allem in der Industrie, genauer gesagt bei Integrationsbemühungen innerhalb von Unternehmen (*Enterprise Application Integration*) eine immer wichtigere Rolle. Ein Beispiel ist der Einsatz von PDAs für die Datenerfassung in der Lagerverwaltung, vor allem bei externen Lagern oder in Zulieferketten. Ein anderes Beispiel ist der Versicherungsvertreter, der im Außendienst einen Zugriff auf entfernt gespeicherte Daten benötigt, jedoch nicht immer online ist. Eng mit mobilen Anwendungen sind Funknetze (d.h. Drahtlosigkeit) verknüpft. Zwar sind Mobilität und Drahtlosigkeit zwei zueinander orthogonale Konzepte, trotzdem besteht eine enge Korrelation zwischen beiden. So setzen fast alle mobilen Anwendungen die Möglichkeit voraus, eine drahtlose Verbin-

*Enterprise  
Application  
Integration*

dung zu einem Netzwerk aufzubauen, um auf entfernte Datenquellen zugreifen zu können.

*Lokations-  
abhängige  
Anwendungen*

Mit der Adaption klassischer Anwendungen für den Einsatz in mobilen Umgebungen kommt es nicht nur zu einer Anpassung existierender Konzepte, sondern auch zur Entwicklung neuer Technologien und Anwendungen, wie sie beispielsweise *Location Based Services* (LBS) darstellen. Location Based Services sind Dienste für mobile Geräte, die einem Nutzer, abhängig von seinem jeweiligen Standort, für ihn relevante Informationen auf einem Client (Handy, PDA, Notebook) bereitstellen. Dazu ist unter anderem eine genaue Standortbestimmung (Ortung) des mobilen Clients notwendig. Insbesondere mit der Einführung der Mobilfunknetze der dritten Generation (Stichwort: UMTS) erwarten sich die Netzbetreiber einen starken Boom mobiler Dienstleistungen und Mehrwertdienste.

*Funknetze*

Mit der ansteigenden Nutzung mobiler Datendienste (Multimedia Messaging Service, Videotelefonie, Internetzugriff) nimmt die Menge der übertragenen Daten zu. Insbesondere der ansteigende Versand von digitalen Photos und die für die neuen UMTS-Netze vorgesehene Videotelefonie bedeuten eine erhebliche Zunahme des Datenaufkommens, speziell in den Mobilfunknetzen. Den Mobilfunknetzen (GSM, GPRS, HSCSD, UMTS) steht mit den drahtlosen Netzwerken der IEEE-Standardfamilie 802.11 (*Wireless-LANs*) eine Drahtlostechnologie gegenüber, die wesentlich höhere Bandbreiten (bei gleichzeitig geringeren Reichweiten) ermöglicht und sich deswegen zu einer interessanten Alternative mit einer hohen Wachstumsdynamik entwickelt (gerade im Zusammenhang mit der Ersetzung festverkabelter lokaler Netzwerke).

*Online-Szenario*

Beim Zugriff auf Informationen über mobile Clients können zwei grundlegende Szenarien unterschieden werden. Beim einfacheren der beiden Szenarien wird davon ausgegangen, dass mobile Clients eine Netzwerkverbindung (Mobilfunknetz oder Wireless-LAN) lediglich dazu benutzen, um auf Daten auf einem entfernten Datenbankserver zuzugreifen. Die angefragten Daten werden serverseitig in der Form eines HTML- oder WML-Dokumentes dynamisch aufbereitet und anschließend an den mobilen Client übertragen. Dieser braucht für die Anzeige der Informationen einzig einen Browser. Datenbankfunktionalität ist in diesem Szenario auf dem mobilen Client nicht vorhanden. Der Client agiert somit als Thin Client, der lediglich eine grafische Schnittstelle für den Zugriff auf eine entfernte Datenbank darstellt. Dieses Szenario wird wegen der vorausgesetzten Netzwerkverbindung als *Online-Szenario* bezeichnet.

Wichtigstes Merkmal des korrespondierenden *Offline-Szenarios* ist der Einsatz „leichtgewichtiger“ Datenbanksysteme (so genannter *mobiler Datenbanksysteme*), die an die wesentlich geringeren Ressourcen mobiler Clients angepasst sind (wie geringer Speicherplatz, niedrige Taktfrequenz oder kleine Displaygrößen). Offline bezieht sich darauf, dass bei Anfragen oder Eingaben keine dauernde Netzwerkverbindung zu einem entfernten Datenbankserver vorausgesetzt wird. Mobile Clients werden somit von der Verfügbarkeit drahtloser Netzwerkverbindungen entkoppelt. Dazu müssen relevante Daten zunächst vom Datenbankserver auf den Client übertragen werden (Stichwort: Replikation). Auf den lokalen Daten durchgeführte Änderungen müssen dann später mit den zwischenzeitlichen Änderungen auf dem zentralen Datenbankserver wieder abgeglichen werden (Stichwort: Synchronisation). Die Replikation von Daten und die Synchronisation zwischen einem mobilem Client und einem Datenbankserver nach längeren Phasen ohne Netzwerkverbindung sind zentrale Problemfelder im Zusammenhang mit mobilen Datenbanksystemen.

*Offline-Szenario*

Gerade durch die ständig zunehmende Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit mobiler Technologien ergeben sich neue Möglichkeiten bei der Integration mobiler Anwendungen in bestehende Infrastrukturen. Die Spannweite reicht von ortsunabhängigen Informationsdiensten (nationale Wetterdaten, Börseninformationen, ...) und Datenbankanwendungen bis hin zu ortsabhängigen Dienstleistungen. Einige besonders interessante Anwendungsszenarien für Mobiltechnologien sind im Folgenden zusammengestellt [Le03]:

*Anwendungsszenarien*

- Online-Zugriff auf Datenbank- und Informationssysteme,
- Offline-Zugriff auf Datenbank- und Informationssysteme (wozu dann insbesondere leichtgewichtige Datenbanksysteme auf den mobilen Clients eingesetzt werden),
- beim mobilen Kundenmanagement (*Customer-Relationship-Management*) werden einem Mitarbeiter beim Kunden die für seine Arbeit notwendigen Informationen angezeigt,
- beim mobilen Zugriff auf Lieferkettensysteme (Supplier-Chain-Management) greift ein Nutzer mobil auf andere mobile Systeme zu,
- Mobile Reservierungsdienste (Fahrkarten, Tickets, ...),
- Mobile Zahlungssysteme (über Handys: z.B. PayBox, ...),
- Pervasive Groupware Applications,
- Remote Control, Fernwartung und Telemetrie,

- Ortsabhängige mobile Dienstleistungen (Location Based Services).

*Klassifikation  
der  
Anwendungen*

Mittlerweile wurden einige Versuche unternommen, mobile Anwendungen anhand bestimmter Kriterien zu klassifizieren.

Ein erster Klassifikationsversuch fokussiert ausschließlich Anwendungen für den Mobile Commerce (M-Commerce). Dabei wird zwischen drei verschiedenen Typen von M-Commerce-Anwendungen, namentlich dem Kerngeschäft, den Mehrwertdiensten und Anwendungen, die ihren Ursprung im E-Commerce haben, unterschieden. Eine zweite, eher allgemeine Klassifikation unterscheidet zwischen Business-2-Consumer- (B2C) und Business-2-Business-Anwendungen (B2B). Eine dritte interessante Klassifikation mobiler Anwendungen unterscheidet zwischen kommunikationszentrierten, transaktionsorientierten und inhaltszentrierten Anwendungen. Kommunikationszentrierte Anwendungen fokussieren vor allem den Austausch von Nachrichten. Transaktionsorientierte Anwendungen modellieren einzelne Geschäftsprozesse und verknüpfen diese zu größeren Prozessen. Inhaltszentrierte Anwendungen fokussieren schließlich die Bereitstellung von Daten und Informationen für einen einfachen Abruf durch interessierte Clients.

*Mobile Daten-  
banksysteme*

Anwendungsszenarien, die den Einsatz mobiler Technologien sinnvoll machen, sind immer dann gegeben, wenn sich ein Nutzer oder ein Client häufig stark räumlich verändern. Charakteristisches Merkmal fast aller Unternehmensanwendungen ist zudem eine starke Datenzentrierung. Entsprechend macht eine zuverlässige, effiziente und sichere Administration, Speicherung und Nutzung von Daten den Einsatz von Datenbanksystemen notwendig. Die physischen Restriktionen vieler mobiler Clients gestatten jedoch weder die Implementierung leistungshungriger Datenbanksystemfeatures, noch eine Auswertung von komplexen Anfragen, die umfangreiche, zu materialisierende Zwischenergebnisse produzieren (wie beispielsweise Sortieroperationen). Dies führte zur Entwicklung von Small-Footprint-Datenbanksystemen mit kleinerem eigenem Speicherbedarf und angepasster Funktionalität. Aufgrund ihres Einsatzes auf mobilen Clients werden Small-Footprint-Datenbanksysteme auch als mobile Datenbanksysteme bezeichnet.

In den letzten Jahren entstanden bereits eine ganze Reihe (kommerzieller) mobiler Datenbanksysteme. Dabei konkurrieren in ihrer Funktionalität sehr umfassende Produkte großer Hersteller wie IBM oder Oracle mit eher anwendungsspezifischen Prototypen aus der Forschung und Entwicklung. Um sich im Kontext einer konkreten Aufgabenstellung für das richtige System zu entscheiden, ist es

wichtig, die den mobilen Datenbanksystemen zugrunde liegenden Ideen und Konzepte zu kennen und einschätzen zu können. Aufgrund der Leistungsschwäche mobiler Clients müssen bekannte Techniken und Methoden klassischer Datenbanksysteme angepasst werden. Mobile Datenbanksysteme und zugehörige Synchronisationsdienste müssen eine effiziente Integration mobiler Anwendungen in bestehende, heterogene Infrastrukturen und Systemlandschaften ermöglichen. Insbesondere die Verfügbarkeit von ausgereiften Synchronisationstools ist dabei von grundlegender Bedeutung, da nur diese Werkzeuge den Abgleich zwischen mobilem Client und stationärem, entferntem Datenbankserver gestatten.

## 1.2 Referenzarchitektur einer mobilen Umgebung

In den letzten Jahren gab es diverse Ansätze und Vorschläge, wie eine beispielhafte mobile Umgebung definiert werden kann. Durchgesetzt hat sich die nachfolgend beschriebene Referenzarchitektur, die auch im restlichen Verlauf dieses Buches zugrunde gelegt wird.

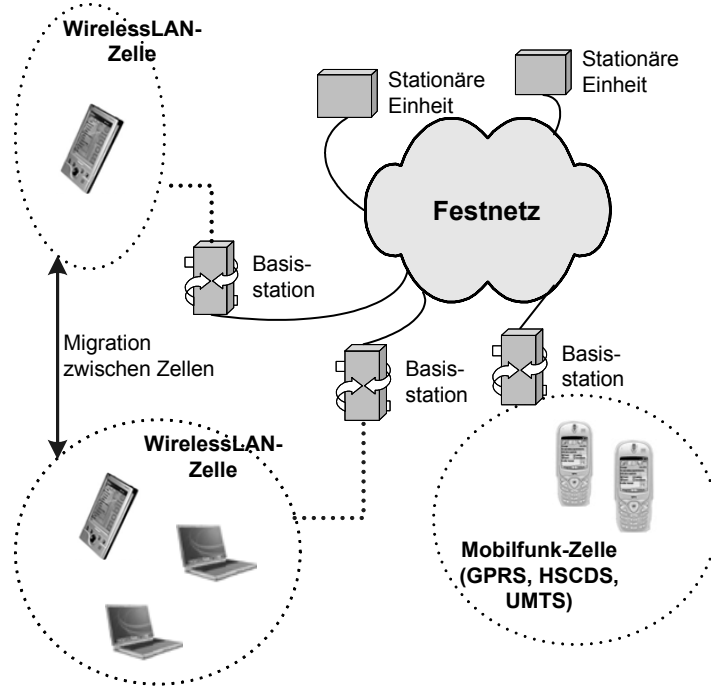
Die Referenzarchitektur (vgl. Abbildung 1.1) beschreibt die allgemeine, zellenbasierte Struktur einer mobilen Umgebung, ohne auf Einzelheiten und Anforderungen spezifischer Anwendungsdomänen genauer einzugehen. Sender, die eine einzelne Funkzelle versorgen, werden auch als *Basisstation* oder *Funkfeststation* bezeichnet. Funkzellen selbst weisen keine fest definierte Größe aus, das heißt sie sind in ihrem Zellradius und ihrer Form starken Schwankungen unterworfen, auf die auch geographische Besonderheiten wie Gebirgszüge oder Gebäude Einfluss nehmen können. Es kann zwischen folgenden Zelltypen [Le03] unterschieden werden:

*Funkzellen*

- **Megazelle.** Dies ist die größte Funkzelle. Die Funkversorgung erfolgt durch Satelliten, wodurch die Funkzellen die Größe von ganzen Kontinenten annehmen können.
- **Makrozelle.** Diese Zellen haben einen Zellradius zwischen 10 km und 300 km und versorgen vor allem sich schnell bewegendende Nutzer, beispielsweise telefonierende Autofahrer.
- **Mikrozelle.** Diese Zellen haben einen Zellradius zwischen 300 m und 10 km und versorgen vor allem eine größere Anzahl an Nutzern, wie sie in typischerweise in Ballungsräumen auftreten.

- **Pikozelle.** Diese Zellen haben einen Zellradius von weniger als 300m auf und formen vor allem lokale Netzwerke. Pikozellen repräsentieren die kleinsten möglichen Zellen.

Abb. 1.1:  
Referenz-  
Architektur



**Architektur-  
elemente**

Von der konkreten Netzwerktechnologie, durch die die Funkzellen tatsächlich realisiert werden (GSM, UMTS, Wireless-LAN, ...), wird in der Referenzarchitektur abstrahiert. Die Systemarchitektur besteht aus verschiedenen Klassen von Hosts (Rechnersystemen), denen unterschiedliche Rollen zukommen. Es wird zwischen *mobilen Knoten* (Notebooks, PDAs, Smartphones) und nicht-mobilen, *stationären Knoten* (Server, Workstations, PCs) unterschieden. Mobile Knoten sind drahtlos in die Systemarchitektur eingebunden. Stationäre Knoten dagegen sind untereinander durch ein leistungsstarkes, festverkabeltes Netzwerk verbunden.

**Betriebszu-  
stände mobiler  
Clients**

Es gibt zwei Betriebszustände mobiler Clients. Existiert eine drahtlose Verbindung zur Basisstation und somit zum Festnetz, befinden sich mobile Knoten im Zustand *Schwach-Verbunden (Connected Mode)*, existiert keine solche Verbindung, sind die mobilen also vom Festnetz getrennt, befinden sie sich im Zustand *Verbindungslos (Disconnected Mode)*. Stationäre Knoten, die eine gesicherte, permanente Netzwerkverbindung vorweisen (wie beispiels-

weise klassische stationäre Einheiten) befinden sich im Betriebszustand *Stark-Verbunden (Always-On)*.

Mobile Knoten bewegen sich innerhalb eines unendlichen geographischen Mobilitätsgebietes völlig autonom. Autonom heisst, dass die mobilen Knoten in ihrem Bewegungsverhalten nicht von außen gesteuert werden. Es ist also a priori nicht bekannt, wann ein Zellenwechsel auftreten wird und in welche Funkzelle der mobile Knoten als nächstes wechseln wird. Funkzellen können sich überlappen. Ebenso können verschiedene Drahtlostechnologien (z.B. GSM, UMTS, Wireless-LAN) parallel angeboten und genutzt werden. Der Übergang von einer Zelle in eine andere wird als *Migration (Handover)* oder auch als *Verbindungsübergabe* bezeichnet. Gründe einer Verbindungsübergabe können das Verlassen des Versorgungsbereiches der aktuellen Zelle, eine zu hohe Netzbelastung oder allgemeine Störungen sein. Dabei wird gefordert, dass es durch den Migrationsprozess zu keiner Verletzung der Zugriffskontinuität kommt, das heisst, dass eine Migration keinerlei Auswirkungen auf gerade laufende Transaktionen und damit verbundener Datenzugriffsprozesse hat (so darf eine Mobilfunkverbindung bei einem Zellenwechsel nicht abbrechen).

*Migration,  
Handover*

Die Knoten des Festnetzes können weiter untergliedert werden in *stationäre Knoten*, die die eigentliche Datenspeicherung, Verwaltung und Verarbeitung realisieren, und in *Basisstationen (Mobile Support Station)*, die den Zugang der mobilen Einheiten zum Festnetz ermöglichen. Jede Zelle wird durch mindestens eine Basisstation versorgt, wobei eine Basisstation durchaus auch mehrere Funkzellen versorgen kann (das dazu notwendige Verfahren basiert auf dem Einsatz sektorisierter Antennen). Sind aus Gründen besserer Skalierbarkeit und Lastverteilung innerhalb einer Zelle mehrere Basisstationen notwendig, bleibt diese Redundanz gegenüber den mobilen Knoten transparent. Basisstationen sind für die Administration und das Nutzermanagement der ihnen zugeordneten Zellen zuständig. Mobile Knoten können ausschließlich über eine Basisstation auf das Festnetz zugreifen. In der untenstehenden Tabelle werden einige aktuelle (Brutto-)Bandbreiten von Funktechnologien gegenübergestellt:

*Festnetz-  
komponenten*

<b>Drahtlostechnologie</b>	<b>Bandbreite</b>
General Packet Radio Service (GPRS)	171,2 kBit/s
High Speed Circuit Switched Devices (HSCSD)	115,2 kBit/s
Wireless-LAN 802.11b	11 MBit/s
Wireless-LAN 802.11g	54 MBit/s
Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)	2 MBit/s
Bluetooth	1 MBit/s

*Tab. 1.1 :  
Bandbreiten*

Bereits in den 1970er Jahren wurde in den Bell Laboratories in den USA die wichtige Erkenntnis gewonnen, dass viele kleine Sender, die zusammen ein zellenbasiertes Funknetz realisieren, durch den Einsatz von Frequenz- und Kanalwechselalgorithmen eine größere Netzkapazität bereitstellen können, als es ein einzelner, vergleichsweise sehr leistungsstarker Sender kann. Eine erhöhte Netzkapazität bedeutet gleichzeitig aber auch eine höhere Zahl von Nutzern, die durch ein Funknetz versorgt werden können. Technische Details der Drahtlostechnologien werden ausführlicher in Kapitel 2 besprochen.

### 1.3 Mobiler Zugriff auf Informationsressourcen

Jeder Nutzer hat eigene Anforderungen an mobile Anwendungen. Bevorzugen einige Nutzer die Verwendung mobiler Clients für das *Personal Information Management* (PIM), also der Verwaltung von Adressen, Terminen und Kontaktdaten, möchten andere Nutzer dagegen in regelmäßigen Intervallen aktuelle Informationen beziehen (beispielsweise Börsenkurse, Wettervorhersagen oder Sportergebnisse). Eine dritte Gruppe an Nutzern wiederum will Daten beliebigen Typs von einer Datenquelle abrufen, sie bearbeiten und anschließend die durchgeführten Änderungen wieder auf die Originaldaten zurückspeichern (synchronisieren).

*Klassifikation  
mobiler  
Anwendungen*

Trotz der Vielfalt möglicher Anwendungen lassen sich bezüglich des Einsatzes mobiler Datenbankanwendungen zwei verschiedene Klassen unterscheiden:

- **Vertikale Anwendungen.** Bei diesem Anwendungsszenario greifen mobile Nutzer auf zentrale Informationsressourcen des Festnetzes zu. Dabei unterscheidet man zwischen *Push*- und *Pull*-Szenarien [Vei00, Imi92]. Bei Push-Szenarien versorgt die zentrale Informationsquelle alle erreichbaren mobilen Clients in regelmäßigen Intervallen mit aktuellen Informationen, ohne dass die mobilen Clients diese explizit anfordern müssen. Dagegen kommt in Pull-Szenarien der zentralen Informationsquelle eine inaktive Rolle zu. Mobilien Clients werden die gewünschten Informationen erst auf deren explizite Aufforderung hin übermittelt. Zu beiden Szenarien existieren verschiedene Varianten, die unter anderem auf *Broadcast Disks* [Arc95] zurückgreifen. Broadcast Disks sind logische Zusammenstellungen von Daten, die anhand fest vorgegebener Regeln in festen Abständen von einem Server an eine bestimmte Menge von Clients übertragen



werden. Die wichtigsten vertikalen Anwendungen (in einem Push- oder Pull-Szenario) sind die *Location Based Services*.

- **Horizontale Anwendungen.** Bei diesem Anwendungsszenario steht die Kooperation mobiler Nutzer bzw. von Anwendungen untereinander im Mittelpunkt. Zur Bearbeitung einer gemeinsam zu lösenden Aufgabe wird auf Daten zugegriffen, die systemweit verteilt sein können. Daten sind dabei nicht nur auf mobilen Clients, sondern auch auf Datenquellen des Festnetzes verteilt. Wichtiges Beispiel horizontaler Anwendungen sind die *mobilen Ad-Hoc-Netze*. Darunter sind spontane Vernetzungen mobiler Clients zu verstehen (ähnlich den Peer-to-Peer-Netzwerken), die nach der Vernetzung zusammen Aufgaben lösen oder Daten austauschen. Voraussetzung dazu ist die Dienstfindung in mobilen Ad-Hoc-Netzen.

Beim Datenzugriff von mobilen Clients aus kann auch eine Klassifikation bezüglich der zugegriffenen Daten erfolgen. Im Folgenden wird zwischen drei Kategorien unterschieden, die unterschiedliche Sicherheitseigenschaften aufweisen und damit unterschiedliche Anforderungen an die Speicherung und den Zugriff implizieren:

#### *Klassifikation von Daten*

- **Private Daten.** Dabei handelt es sich zumeist um äußerst sicherheitskritische Daten, auf die im Normalfall ausschließlich dem Eigentümer der Daten ein umfassender Zugriff gewährt werden darf. Um den Zugriff auf die Daten zu kontrollieren, sind das Vorhandensein einer effizienten Rechteverwaltung auf dem mobilen Client und der Einsatz von Verschlüsselungstechniken bei der Übertragung (wie IPSec, SSL) notwendig.
- **Öffentliche Daten.** Bei diesen Daten handelt es sich um für jedermann zugängliche Informationen, die von beliebigen Nutzern eingesehen und genutzt werden können. Öffentliche Daten sind hauptsächlich bei vertikalen Anwendungen von Bedeutung. Sie werden zumeist über zentrale Datenquellen bereitgestellt und richten sich an grosse Nutzergruppen. Die Aktualisierung der Daten auf den Clients kann mit Pull-, als auch mit Push-Verfahren realisiert werden. Beispiele von öffentlichen Daten sind Börseninformationen, Wetterdaten und Sportergebnisse. Eine Änderung öffentlicher Daten durch den Endbenutzer ist in den wenigsten Fällen erlaubt. Für gewöhnlich besitzen mobile Nutzer also kein Schreibrecht. Erste Ansätze, dies zu ändern, sind aber bereits zu erkennen. Dies kann, vor allem was die Aktualität der von Nutzern direkt eingebrachten Daten betrifft, eine erhebliche Verbesserung darstellen. Ein Beispielszenario ist die

Einbringung von Verkehrsinformationen durch Autofahrer. Dahinter steht die Vision stark interaktiver Informationssysteme, die durch die Nutzer selbst verwaltet und gepflegt werden.

- **Gemeinsame Daten:** Dabei handelt es sich um eine Kategorie von Daten, deren Verwaltung besonders schwierig und komplex ist. Nutzer in großer Anzahl greifen auf von allen Nutzern gemeinsam genutzte Datenbestände sowohl lesend als auch schreibend zu. Bei gemeinsamen Daten muss zwischen zwei Zugriffsszenarien unterschieden werden. Beim ersten Szenario greifen die Nutzer mit ihren mobilen Clients direkt schreibend auf zentrale Informationsquellen zu. Wie üblich sorgen Sperrverfahren dafür, dass nebenläufige konkurrierende Zugriffe mehrerer mobiler Nutzer zu keinen Zugriffsverletzungen und somit zu keinen Dateninkonsistenzen führen. Gleichzeitig darf die Verfügbarkeit der von vielen gleichzeitig genutzten Daten nicht zu stark eingeschränkt werden, da dies sofort zu erheblich längeren Zugriffszeiten führt. Beim zweiten Szenario werden Daten des gemeinsamen, zentralen Datenbestands auf die mobilen Clients repliziert, so dass eine lokale Datenverarbeitung erfolgen kann. In diesem Szenario muss der Disconnected Mode mobiler Clients unterstützt werden. Dies führt aber zu einem erhöhten Aufwand bei der Wiedereinbringung mehrfach geänderter Daten von verschiedenen Clients in die zentrale Datenbasis.

Die Klasse der gemeinsamen Daten ist für den Einsatz mobiler Datenbanksysteme besonders interessant, da dieser Fall bezüglich Verwaltung und Nutzung die komplexesten Frage- und Problemstellungen mit sich bringt.

## 1.4 Definitionen mobiler Datenbanksysteme

Wir unterscheiden im weiteren Verlauf des Buches zwischen einem *mobilen Datenbanksystem* auf der einen, und einem *mobilen Informationssystem* auf der anderen Seite:

*Mobiles  
Datenbank-  
system*

- **Mobiles Datenbanksystem.** Ein mobiles Datenbanksystem ist definiert als Small-Footprint-Datenbanksystem, das auf einem mobilen Client (beispielsweise einem PDA) installiert ist und auf diesem Daten persistent in einer strukturierten Weise speichert. Ein mobiles Datenbanksystem ist an die speziellen Bedürfnisse und Anforderungen der leistungsschwachen mobilen Clients angepasst. Das Ziel dabei ist, trotz der physikalischen

Restriktionen Datenbankfunktionalität bereitzustellen. In der Praxis werden oftmals Daten einer zentralen Datenbank auf einen mobilen Client repliziert, damit auch im Disconnected Mode eine weitere Datenverarbeitung unabhängig von einer bestehenden Netzwerkverbindung möglich ist. Auf dem Client durchgeführte Änderungen müssen dann später mit den Originaldaten der zentralen Datenbank wieder abgeglichen werden. Die mit einer mobilen Datenbank gespeicherten Daten werden als *mobile Daten* bezeichnet.

- **Mobiles Informationssystem.** Ein mobiles Informationssystem ist das Gesamtsystem, bestehend aus einer oder mehreren mobilen Anwendung und der darunter liegenden Datenhaltungsschicht, in unserem Fall einem mobilen Datenbanksystem. Wenn auf den Einsatz mobiler Datenbanksysteme auf den mobilen Clients verzichtet wird, trotzdem aber mobil auf zentral verfügbare Informationsressourcen zugegriffen wird, spricht man von *Mobilität unterstützenden Informationssystemen*.

*Mobiles Informationssystem*

Nach dieser Begriffsdefinition wird im folgenden Abschnitt ein detaillierter Überblick über den weiteren Aufbau des Buches gegeben.

## 1.5 Gliederung des Buches

Das Buch gliedert sich in drei grosse Schwerpunkte. Im ersten Teil (Kapitel 2 bis 8) werden die konzeptionellen Grundlagen mobiler Datenbanksysteme vorgestellt. Diese Kapitel dienen dazu, ein grundlegendes Verständnis relevanter Problemstellungen und theoretischer Konzepte zu schaffen. Im zweiten Teil des Buches, der Kapitel 9 umfasst, erfolgt eine ausführliche Untersuchung und Bewertung existierender kommerzieller mobiler Datenbanksysteme. Der dritte Teil des Buches, der aus den Kapiteln 10 und 11 besteht, fokussiert die praktische Umsetzung der zuvor vorgestellten Theorie und verdeutlicht dies anhand der Entwicklung einer mobilen Datenbankanwendung.

*Grobgliederung*

Kapitel 2 geht zunächst auf die wichtigsten Grundlagen des Mobile Computings ein. Während Abschnitt 2.1 klärt, was unter Mobilität ganz allgemein zu verstehen ist, definiert Abschnitt 2.2 drei verschiedene Typen von Mobilität. Danach untersucht Abschnitt 2.3 grundlegende Eigenschaften mobiler Datenbankanwendungen. In diesem Zusammenhang werden neben Anforderungen, die sich di-

*Kapitel 2*

rekt aus dem mobilen Kontext ableiten lassen, auch solche Anforderungen untersucht, die bereits an herkömmliche Hochleistungsdatenbanksystemen gestellt werden (wie die Unterstützung von Nebenläufigkeit oder die Überwachung von Integritätsbedingungen). Abschnitt 2.4 klassifiziert schließlich mobile Endgeräte, um dadurch eine bessere Beurteilung der unterschiedlichen Charakteristika und Einsatzmöglichkeiten aktueller mobilen Clients zu ermöglichen. Im letzten Abschnitt von Kapitel 2 werden die bereits angesprochenen Location Based Services (LBS) und die mit ihnen verbundenen Konzepte genauer vorgestellt.

### *Kapitel 3*

Ausgehend von dem in Kapitel 2 untersuchten Mobile Computing, werden in Kapitel 3 Architekturen mobiler Informationssysteme beschrieben. In der Forschung und Entwicklung wurden in den letzten Jahren viele verschiedene Architekturen vorgeschlagen, die sich jedoch alle – zumindest mehr oder weniger – einigen wenigen generischen Architekturen zuordnen lassen. Abschnitt 3.1 geht auf Client/Server-Architekturen ein, wie sie vor allem bei den kommerziellen Systemen (vgl. Kapitel 9) anzutreffen sind. Eine zweite wichtige Architekturvariante, die auf einem verteilten Datenbanksystem basiert, wird in Abschnitt 3.2 vorgestellt. Ausgangsbasis ist ein verteiltes Datenbanksystem, das um drahtlos angebundene Clients ergänzt wird. In Abschnitt 3.3 wird die Client/Server-Architektur um zusätzliche Middleware-Komponenten ergänzt. Als viertes und letztes Szenario mobiler Datenverarbeitung wird in Abschnitt 3.4 schließlich der Einsatz mobiler Agenten beschrieben. Diese wurden zwar ursprünglich nicht in Datenbanksystemen eingesetzt, der Einsatz mobiler Agenten im Rahmen einer mobilen Datenverarbeitung hat aber durchaus großen Nutzen.

### *Kapitel 4, 5, 6, 7 und 8*

Die Kapitel 4, 5, 6, 7 und 8 widmen sich konkreten Implementierungskonzepten mobiler Datenbanksysteme. Während Kapitel 4 die Replikation und die Synchronisation untersucht, werden in Kapitel 5 verschiedene mobile Transaktionsmodelle vorgestellt. Kapitel 6 geht danach auf die Charakteristika von leichtgewichtigen Anfragesystemen für mobile Clients ein. In Kapitel 7 wird die Darstellung von Informationen auf mobilen Geräten genauer untersucht. Kapitel 8 geht auf Pico-Datenbanksysteme ein, einer interessanten Spezialform mobiler Datenbanksysteme. Dabei handelt es sich um Datenbanksysteme für Smartcards. Wichtige Themen sind Speicherkonzepte und die Anfrageausführung.

### *Kapitel 9*

Einen Schwerpunkt des Buches bildet Kapitel 9, in dem sowohl ein Vergleich der Architekturen und Implementierungskonzepte, als auch eine Bewertung der Synchronisationsverfahren kommerzieller mobiler Datenbanksysteme vorgenommen wird. Insgesamt sechs

mobile Datenbanksysteme – IBM DB2 Everyplace (Abschnitt 9.1), Oracle 10g Lite (Abschnitt 9.2), Sybase Adaptive Server Anywhere und UltraLite (Abschnitt 9.3), Tamino Mobile Suite (Abschnitt 9.4), PointBase Micro (Abschnitt 9.5) und Microsoft SQL Server 2000 CE Edition (Abschnitt 9.6) – werden dabei einer genaueren Untersuchung unterzogen und im letzten Abschnitt 9.8 dieses Kapitels anhand vorgegebener Kriterien miteinander verglichen. Abschnitt 9.7 geht davor noch auf drei kleinere Nischenanbieter respektive Open-source-Projekte (eXtremeDB, hSQLDB, InstantDB) ein.

Kapitel 10 stellt die Implementierung einer mobilen Datenbankanwendung vor. Dadurch werden beispielhaft die Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei der Konzeption und Erstellung mobiler Datenbankanwendungen verdeutlicht. Das gewählte Anwendungsszenario – eine Adressdatenbank – wird dabei für Palm-OS realisiert. Es werden insgesamt drei Realisierungsalternativen vorgestellt und implementiert. Die erste Realisierungsalternative ist eine Programmierung in der Programmiersprache C. Die zweite Variante verwendet den zusammen mit DB2 Everyplace ausgelieferten Mobile Application Builder. In einer dritten Variante wird das Anwendungsszenario als Java-Anwendung zusammen mit dem mobilen Datenbanksystem PointBase Micro realisiert. Im letzten Abschnitt von Kapitel 10 werden die drei vorgestellten Möglichkeiten der Entwicklung mobiler Datenbankanwendungen verglichen.

*Kapitel 10*

Kapitel 11 beschreibt die wichtigsten Features und Möglichkeiten des JDBC Optional Packages für einen Einsatz auf mobilen Clients. Dabei handelt es sich um eine leichtgewichtige Version der klassischen JDBC-Schnittstelle. Abschließend wird in Kapitel 12 ein Ausblick auf die weiteren Trends und Entwicklungen bei mobilen Datenbanksystemen gegeben.

*Kapitel 11, 12*