

# Mobile Endgeräte - Schlüssel für die Akzeptanz neuer Anwendungen

## Mobile Devices – Key to Acceptance of Novel Applications

Dr.-Ing. Martin Botteck, Nokia Research Center, Nokia GmbH, Bochum. [martin.botteck@ieee.org](mailto:martin.botteck@ieee.org)

### Kurzfassung

Die massive weltweite Verbreitung von mobilen Endgeräten hat mit der technischen Weiterentwicklung des Mobiltelefons eine neue Qualität bekommen. In den ersten Jahren nach der weltweiten Einführung digitaler Mobilfunksysteme ging es im Wesentlichen darum, das Führen von Telefongesprächen weiter zu verbessern und zu erleichtern. Durch den erheblich erweiterten Funktionsumfang der Geräte wird es jetzt möglich, komplexe Softwareplattformen zu etablieren, die eine Vielzahl neuer Anwendungen ermöglichen. Der Beitrag beschäftigt sich darüberhinaus mit den erweiterten Möglichkeiten für Multimedia-Anwendungen und zeigt mögliche Zukunftsentwicklungen am Beispiel wahrnehmungsbasierter Musikklassifikation und externer Bilddarstellung auf.

### Abstract

Massive market presence of mobile telephones has gained a new momentum: the devices have been developed further and now provide an abundant amount of technical features. During the first years after introduction of digital mobile communication networks and systems device development mainly targeted to improve voice call handling. Radically improved hardware performance has allowed establishing complex software platforms in turn allowing a plethora of novel applications and services. This article describes the current situation and development. It furthermore outlines potential future applications in the multimedia domain: perceptual feature based music classification and external image rendering.

## 1. Einleitung

Zum Ende des Jahres 2007 hatten 3,3 Mrd. Menschen einen Mobilfunkvertrag abgeschlossen [1] von denen 1,3 Mrd. mithilfe ihres Mobiltelefons das Internet nutzen. Im Gegensatz dazu greifen nur 900 Millionen Menschen mit ihrem PC auf das Internet zu. Typischerweise gibt es fünfmal mehr Mobiltelefone als PCs im Markt; in manchen Schwellenländern beträgt das Verhältnis bereits jetzt 10:1. Man kann davon ausgehen, dass das Mobiltelefon diesen Vorsprung in Zukunft nicht nur halten, sondern weiter ausbauen wird: im Jahr 2007 wurden weltweit 1,14 Milliarden Mobilgeräte verkauft, davon 456 Millionen Stück von Nokia [2]. Alleine im letzten Quartal 2007 wurden 113,5 Mio. Stück hergestellt und verkauft (das entspricht ca. 1,5 Mio. Stück pro Tag oder einer Frequenz von ungefähr 17 Hz). Diese massive Verbreitung stellt ein ungeheures Potential für die Etablierung neuer Dienste dar; dabei ist es denkbar, nicht nur bereits bekannte Nutzungsformen der elektronischen Kommunikation (Musikwiedergabe, Sprachkommunikation, Internet) auf eine mobile Plattform zu übertragen sondern auch ganz neue Anwendungen, die originär mit der Mobilität der Nutzer verknüpft sind, zu entwickeln.

Der Artikel gibt im Folgenden einen Überblick über die Entwicklung der Hardware- und Softwareleistungsmerkmale aktueller und angekündigter Endgeräte. Danach werden am Beispiel der Musik- und Videowiedergabe Geräte-

architekturen und die damit ermöglichten neuen Anwendungen erläutert.

### 1.1 Leistungsfortschritt der Hardware

Besonders auffallend stellt sich der Fortschritt bei der Leistungsfähigkeit der CPU dar (s. **Tabelle 1**):

Modell	CPU	Kamera
3410	ARM7 @ 26 MHz	-
6600	ARM9 @ 104 MHz Zusätzlicher Cache	640x480 176x144@6...15fps
6630	ARM9 @ 220 MHz	1280x960 176x144@15fps
N93	ARM11 @ 330 MHz 3D GFX HW FPU	2048x1536 640x480@30fps 3x optischer Zoom

**Tabelle 1** CPU-Leistungsmerkmale verschiedener Mobilgeräte

Aktuelle Geräte verfügen bereits heutzutage über 3D-Grafikbeschleuniger, Festkommarcheneinheiten und schnellen mehrstufigen Speichercache.

Ebenso rasant hat sich die Qualität der Displays verbessert: Einzeilige Ziffernanzeigen waren bei der Einführung der digitalen Mobiltelefonie ausreichend für die damaligen

Sprachanwendungen. Mit der Einführung der S60-Plattform wurde zunächst eine Auflösung von 176x208 bereitgestellt (z.B. Nokia 6600). Aktuelle Geräte erreichen hier Auflösungen von 800x352 (Nokia E90 Communicator) oder 800x480 Pixeln (Nokia N 800). Diese Geräte verfügen über eine Farbauflösung von 24bit und decken nicht nur den durch die NTSC-Primärvalenzen definierten Farbraum komplett ab.

Die Integration einer digitalen Kamera wurde von engagierten Fotografen zunächst sehr misstrauisch begleitet; auch hier bieten aktuelle Mobiltelefone mittlerweile eine akzeptable Bildqualität (s. Tabelle 1) die es erlaubt, nicht nur bei einfachsten Lichtverhältnissen und mäßiger Bewegung akzeptable Standbilder und Videos aufzunehmen.

Nach der breiten Einführung von Steckplätzen für Speicherkarten und dem rasanten Preisverfall solcher Karten ist der verfügbare Speicherplatz enorm gestiegen. Aktuelle Topmodelle (Nokia N81, Nokia N95) sind in einer Version mit 8 GByte eingebautem Flash-Speicher erhältlich. Diese Speichergrößen erlauben es dem Benutzer, eigentlich alle persönlichen Daten (Kontaktadressen, Verabredungen, Nachrichten, etc.) und eine ausgesprochen große Menge an Fotos und Musikstücken mit sich herumzutragen.

Nicht unerwähnt bleiben soll hier jedoch, dass diese substantielle Erweiterung der Funktionalität mit einem deutlich erhöhten Stromverbrauch einhergeht.

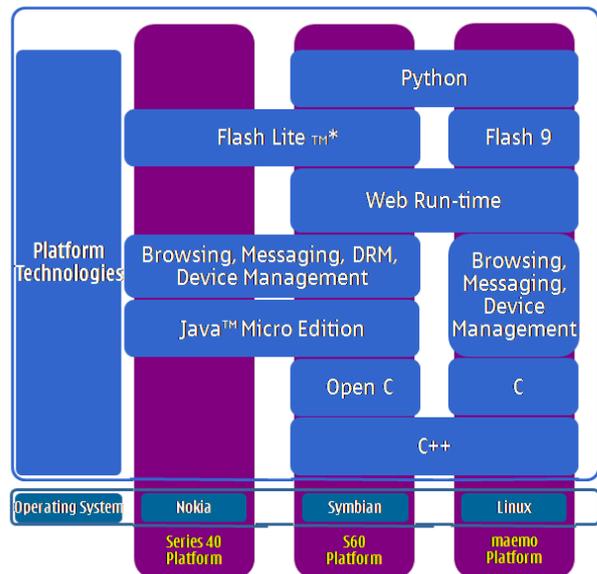
## 1.2 Leistungsfortschritt der Software

Die Herausforderung bei der Entwicklung der ersten Mobiltelefone bestand darin, einen von vornherein definierten Funktionsumfang möglichst effizient auf die verwendete Hardware abzubilden. Die daraus entstandenen Architekturen tief eingebetteter Systeme erlaubten es nicht, nachträglich weitere Anwendungen hinzuzufügen.

Die Einführung speziell zugeschnittener Laufzeitumgebungen (z. B. Java MIPS für die Series 40 Plattform, s.

**Bild 1**) ermöglichte es später, Anwendungen zunehmender Komplexität nachträglich hinzuzufügen. Erste Beispiele waren einfache Spiele und kleine Hilfsroutinen zur Verwaltung persönlicher Daten.

Mit der Einführung der S60-Plattform stand zusätzlich eine C-basierte Programmierschnittstelle zur Verfügung, die es erlaubte, Applikationen mit höheren Leistungsanforderungen für mobile Endgeräte zu programmieren und separat vom Gerät als solchen zu vermarkten. Auch hier waren die ersten Anwendungen Computerspiele (für diese wurde später mit der NGage-Plattform eine besonders geeignete Umgebung geschaffen) und einfache Hilfsroutinen. Mittlerweile sind in diesem Umfeld noch anspruchsvollere Funktionalitäten verfügbar: so gibt es leistungsfähige pdf-reader und Routinen zur Darstellung von Office-Dokumenten.



**Bild 1** Softwareplattformen für Nokia-Mobilgeräte

Annähernd zeitgleich mit der Einführung einer Linux-basierten Softwareplattform (der sogenannten „maemo“-Distribution) wurde auch die S60-Plattform mit den bekannten Fähigkeiten internetfähiger Geräte ausgestattet: HTML 4.01, XHTML 1.0, CSS 2.1, ECMA-262 und XMLHttpRequest (AJAX) sind in Millionen von S60-Geräten integriert und erlauben die Ausführung einer Vielzahl bekannter Web-Applikationen („widgets“) unabhängig vom integrierten Webbrowser.

Flash Lite – eine besonders für mobile Geräte zugeschnittene Version von Macromedia Flash – adressiert die animierte Darstellung hochauflösender Vektorgrafikobjekte. Diese Objekte sind bereits Bestandteil bestehender Webseiten und werden mit den gleichen Methoden und Werkzeugen wie die bekannten Macromedia Flash Darstellungen entworfen.

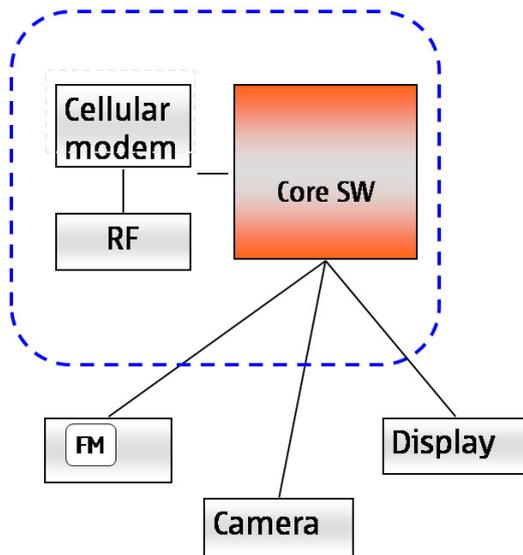
Python als ein Beispiel für eine leistungsfähige Scriptsprache ist bereits seit einigen Jahren Bestandteil der komplexeren Softwareplattformen. Diese erlauben die Erstellung portabler Anwendungen auf der Basis nativ programmierter Bibliotheken. Der entstehende Code ist sehr kompakt und lesbar; diese Umgebung ermöglicht es, sehr „schnell“ verschiedene Anwendungen zu programmieren, die dennoch hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Ausführungsumgebung stellen.

## 2. Stromverbrauch

Der zunehmende Leistungsumfang der Geräte geht natürlich mit erheblich gesteigener Leistungsaufnahme einher. Diese wird nur teilweise durch die Verwendung geringerer Silizium-Strukturgrößen kompensiert; zunehmend auftretende Leckströme der kleinsten Strukturtechnologien und nur ein begrenzter Fortschritt in der Batterietechnologie erfordern grundlegendes Nachdenken.

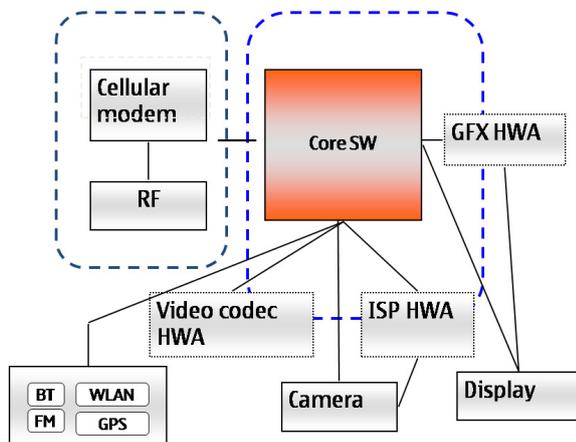
Dieses hat zu der Definition verschiedener Varianten von Hardwarearchitekturen (**Bild 2** bis **Bild 4**) geführt, die hin-

sichtlich der Leistungsanforderungen entsprechend komplexer Softwareplattformen geeignet angepasst sind.



**Bild 2** kostenoptimierte Hardwarearchitektur

Eine kostenoptimierte Hardwarearchitektur (Bild 2) verwendet nur die wesentlichen Basiskomponenten, die für die mobile Kommunikation notwendig sind: die Funktionalitäten des Cellular Modem und der (in diesem Fall stark eingeschränkten) Core SW werden zusammen in einem Prozessor ausgeführt. UKW (FM) Radio, Kamera und Display werden direkt daran angeschlossen.



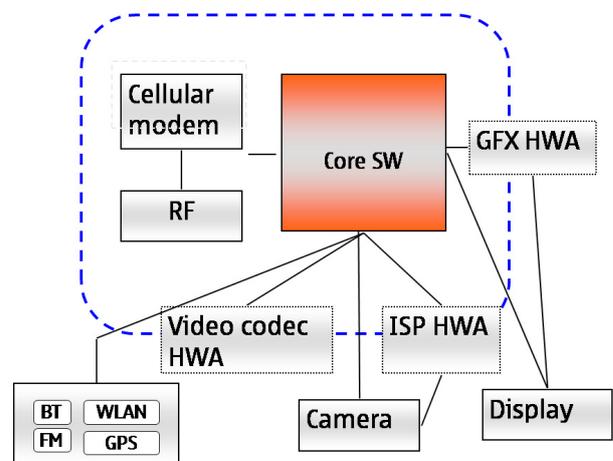
**Bild 3** Performanz optimierte Hardwarearchitektur

Eine Architektur, die für nachträglich installierbare Applikationen optimale Rechenleistung zur Verfügung stellt, trennt die Funktion des Cellular Modem in einem separaten Prozessor ab. Damit ist sichergestellt, dass diesem Modem immer genügend Hardware-Ressourcen zur Verfügung stehen – gleichgültig, wie „fordernd“ die anderen Anwendungen programmiert worden sind. Der separate sogenannte „Applikationsprozessor“ bietet eine Vielzahl

von Anschlussmöglichkeiten zur Bereitstellung weiterer Funktionalitäten - insbesondere weiterer drahtloser Verbindungen und Funknetze.

Um die Leistungsfähigkeit weiter zu steigern, werden häufig Beschleuniger (HWA) für die Videowiedergabe, 3D-Grafikanzeige und Fotografie („Imaging“ – ISP) in aktuellen Varianten solcher Applikationsprozessoren (z.B. OMAP 3430 [3]) direkt integriert.

Häufig jedoch ist es sinnvoll, die Funktionen des Cellular Modems und des Applikationsprozessors in einer Komponente zu vereinen und die erwähnten Beschleuniger als separate externe Komponenten zu realisieren (Bild 4). Diese Architektur ermöglicht es, Gerätevarianten mit besonderen Funktionsmerkmalen dadurch zu erzeugen, indem man nur entsprechende Beschleuniger einbaut.

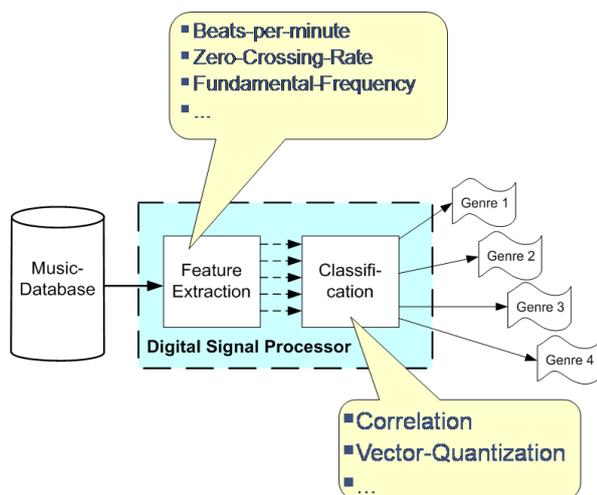


**Bild 4** Auf Konfigurierbarkeit optimierte Hardwarearchitektur

Diese Architektur bietet darüberhinaus die Möglichkeit, für bestimmte Applikationen nur die wirklich benötigten Komponenten mit Strom zu versorgen und den Rest komplett abzuschalten. So ist es z.B. möglich, für die Musikwiedergabe einen spezifischen Akzelerator zu verwenden, der in der Lage ist, auch unter Anlegung höchster Qualitätsansprüche nur wenig Energie zu verbrauchen. Ein Gerät mit dieser Architektur kann in der Lage sein, bis zu 100 Stunden Musik bis zur Totalentladung der Standardtelefonbatterie wiederzugeben [4].

### 3. Intuitive Musikauswahl

Die heute schon verfügbaren Mengen digitalisierter Musik sind außerordentlich groß. Ein von Nokia in einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit den Universitäten Bochum, Dortmund und Aachen verfolgter Ansatz besteht darin, Musik aufgrund ihrer wahrgenommenen Eigenschaften zu klassifizieren und mithilfe neuartiger graphischer Darstellungen zu sortieren ([5], [6], **Bild 5**).



**Bild 5** Prinzip der Wahrnehmungsbasierten Musikklassifikation

Dabei hat sich herausgestellt, dass die Extraktion technischer beschreibbarer Elemente der subjektiven Wahrnehmung ein außerordentlich rechenintensiver Vorgang ist. Die Ermittlung der Tonart stößt z.B. auch heutzutage noch an die Grenzen leistungsfähiger Computer-Grid Netzwerke. In [6] konnte jedoch gezeigt werden, dass auch die Verwendung relativ einfacher Merkmale (die „Zero-Crossing Rate“ errechnet sich beispielsweise als die mittlere Anzahl von Nulldurchgängen des Tonsignals) recht verlässliche Klassifikationsergebnisse erzielt. Entsprechende Sätze von Wahrnehmungselementen („Features“) lassen sich durchaus mit Prozessoren moderner Mobiltelefone in akzeptablen Zeiten berechnen.

Damit scheint es möglich, dem Benutzer die Definition eigener Kategorien von Musik anhand einiger von ihm selber als für einen bestimmten Höreindruck repräsentativ beurteilter Titel zu erlauben. Eine anschließende Klassifikation mit geeigneten Algorithmen (Korrelation, Vektorquantisierung, o.ä.) erlaubt dann die Berechnung eines Ähnlichkeitsmaßes für jedes Stück der Musiksammlung. Dieses kann geeignet graphisch dargestellt werden (z.B. als Punktwolke) und so eine eher intuitive Musikauswahl erlauben als die bekannten hierarchisch sortierten Listen. Ebenso ist es denkbar, die Definition solcher Kategorien zwischen Benutzern auszutauschen und damit für Musikanbieter eine durchaus interessante Erweiterung zu den bekannten Hörempfehlungen zu bieten. „Benutzer, die dieses Stück gehört haben, haben auch diese Stücke gehört“ und werden selten sinnvolle Empfehlungen zu Musikstilen und -Richtungen produzieren, die nur von kleinen Benutzergruppen gehört werden.

## 4. Video- und Grafikwiedergabe

Leider haben mobile Geräte zwingend eine recht kleine Anzeige – daher macht es Sinn, an vielen Stellen bereits verfügbare Anzeigegeräte (LCD Displays, Fernseher, Videobrillen) zu nutzen, um eine hochqualitative Darstellung zu erreichen.

Es gibt verschiedene Ansätze, ein Bildsignal von einem mobilen Gerät zu einem externen Display zu übertragen. Heutzutage technisch am weitesten verbreitet sind kompakte Anschlüsse für Composite-Video-Signale mittels Klinkenbuchsen. Die damit erzielbare Qualität ist aber insbesondere bei der Wiedergabe auf LCD-Anzeigen ausgesprochen mäßig und speziell für grafiklastige Büroanwendungen absolut ungeeignet. Darüberhinaus verbraucht die Videomodulation eine erhebliche Menge an Energie, die die Batterielaufzeit des Gerätes deutlich einschränkt und auf wenige Stunden begrenzt.

Würde man stattdessen eine kompakte Repräsentation der grafischen Elemente, die angezeigt werden sollen zum externen Display übermitteln, wäre die auszutauschende Informationsmenge erheblich geringer. Die endgültige Bildberechnung würde dann im stationären Anzeigegerät erfolgen und könnte so optimal an die Eigenschaften des verwendeten Displays angepasst werden (**Bild 6**).

Die in aktuellen Multimedia Frameworks verwendeten graphischen Bildschirm- und Multimediaobjekte werden in diesem Fall (wie in Bild 6 gezeigt) mittels eines Selektors wahlweise zur eingebauten Anzeigehardware oder zu der des externen Displays gesendet. Dessen Eigenschaften müssen zuvor dem mobilen Gerät bekannt gemacht werden.

Für Grafikfunktionalitäten wurde bereits vor vielen Jahren das X.11 Konzept [7] geschaffen. Es erlaubt die grafische Darstellung von Benutzeroberflächen auf im Netzwerk verteilten Geräten und enthält eine Erweiterung für die Übertragung von 3D-Grafikbefehlen gemäß dem OpenGL Standard [8]. In verschiedenen Experimenten [9] unter Verwendung aktueller Mobilgeräte konnte gezeigt werden, dass diese Kombination tatsächlich hervorragende Bildqualitäten bei moderaten Datenraten von teilweise deutlich unter 20 Mbit/s erzielen kann. Diese Datenraten lassen eine Übertragung über bekannte kabelgebundene (USB) sowie über Funkschnittstellen (WLAN) ohne weiteres zu. Der Rechenaufwand im mobilen Gerät ist dabei sehr gering, da das Rendering der hohen Auflösungen für z.B. sehr große Displays in ebendiesem erfolgt.

Damit wird es ohne weiteres möglich, Büroanwendungen oder komplexe Multimediadarstellungen auf dem Mobilgerät auszuführen und in geeigneter Form portabel zu verwenden.

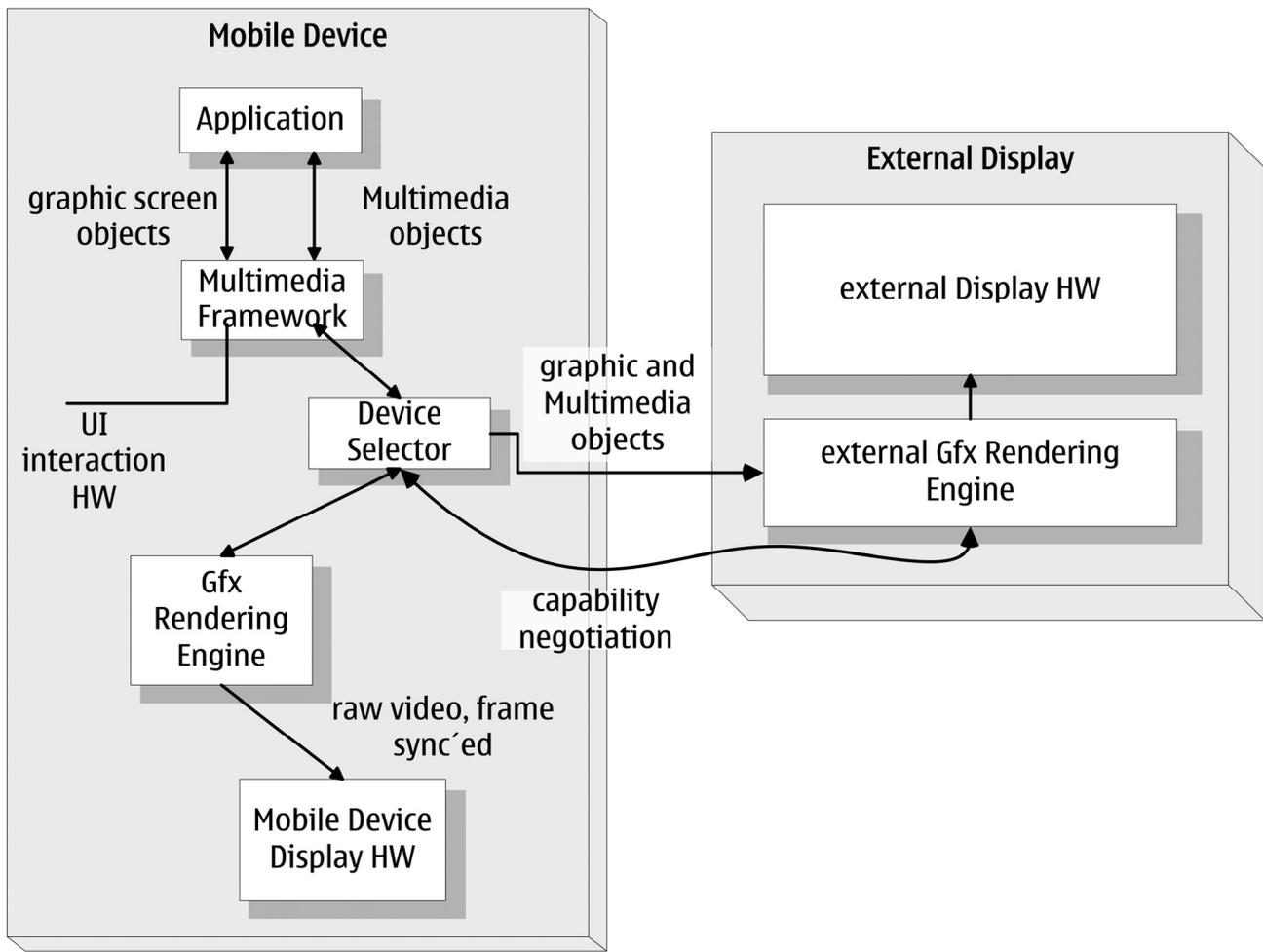


Bild 6 Prinzip der verteilten Bilddarstellung

## 5. Zusammenfassung, Ausblick

Die technischen Leistungsmerkmale von Mobiltelefonen haben Größenordnungen erreicht, die eine Verwendung dieser Geräte für eine Vielzahl völlig neuer Anwendungen und Benutzungsszenarien nahelegt. Dabei ist zu erwarten, dass zunächst die bereits aus stationären Desktopumgebungen bekannten Anwendungen (Musikwiedergabe, Filmbetrachtung, Fotografie, Spiele) auf diesen Geräten ausgeführt werden. Durch die nunmehr gegebene Möglichkeit der portablen oder sogar mobilen Nutzung werden sich aber ganz neue Aspekte ergeben. Die Erstellung entsprechender Dienste wird im Mittelpunkt der zukünftigen Entwicklung liegen.

## 6. Literatur

- [1] Informa 2007 Annual Report. [www.informa.com](http://www.informa.com)
- [2] Nokia Jahresbericht 2007. [www.nokia.de](http://www.nokia.de)
- [3] Texas Instruments OMAP 3430 datasheet. [www.ti.com](http://www.ti.com)

- [4] Botteck, M.; Blume, H.; von Livonius, J.; Neuenhahn, M.; Noll, T.G.: "Programmable Architectures for Realtime Music Decompression". ParCo2007 Parallel Computing conference 2007, Aachen/Jülich, September 4-7, 2007. NIC Series Volume 38, ISBN 978-3-9810843-4-4
- [5] Theimer, W.; Vatulkin, I.; Botteck, M.; Buchmann, M.: "Content-Based Similarity Search and Visualization for Personal Music Categories". Sixth International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing CBMI 2008, London. June 2008
- [6] Blume, H.; Botteck, M.; Haller, M.; Theimer, W.: "Perceptual Feature based Music Classification - A DSP Perspective for a New Type of Application". Embedded Computer Systems: Architectures, Modeling, and Simulation. 8th International Workshop SAMOS VIII 2008, Greece. July 2008
- [7] "The X.org foundation", <http://www.x.org>
- [8] "OpenGL - The Industry's Foundation for High Performance Graphics", [www.opengl.org](http://www.opengl.org)
- [9] Botteck, M.; Steinke, B.; Müller, K.; Hermann, J.: "Personal Networks and Multimedia Rendering". IEEE Symposium on Consumer Electronics ISCE 2008. Algarve, Portugal. April 2008