

---

# Das mobile Endgerät der Zukunft

## Forschungsroadmap für die TU Darmstadt

### Abschlussbericht

---

Technische Universität Darmstadt  
Geschka & Partner Unternehmensberatung



---

## Impressum

Der Bericht wurde erstellt auf Basis der Roadmapping-Ergebnisse, welche von den Beteiligten erarbeitet wurden (s. Namenslisten ab Seite 25) und auf Basis verschiedener, teils unveröffentlichter Dokumente von Mitgliedern des Forschungsclusters „Future Internet“ der TU Darmstadt (Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz – Sprecher, Prof. Dr. Max Mühlhäuser, Dr. Wolfgang Johannsen) und der Geschka & Partner Unternehmensberatung (Dr. Thomas Clausen, Heiko Hahnenwald)

Autoren:

Dr. Thomas Clausen

Prof. Dr. Max Mühlhäuser

Herausgeber:

Telecooperation Lab

Prof. Dr. Max Mühlhäuser

Technische Universität Darmstadt

Hochschulstr. 10

64289 Darmstadt

[www.tk.informatik.tu-darmstadt.de](http://www.tk.informatik.tu-darmstadt.de)

**ISSN: 1864-0516**

**TUD-CS-2013-0055**

Druck: typographys GmbH, Darmstadt

Druckvorlage: Karin Tillack, Telecooperation Lab

Bildmaterial Titelseite: „Berlin Partner GmbH“ (Hintergrundbild),

„Fraunhofer IGD“ (AR-Beispiel des Reichstages)

Leiter der Forschungsthemen des Forschungsclusters:

Prof. Dr. J. Buchmann (Security),

Prof. Dr. P. Buxmann (Economy),

Prof. Dr. D. Fellner (3D Documents),

Prof. Dr.-Ing. R. Steinmetz (Communications)

Organisationsteam des Forschungsclusters:

Dr. S. Bergsträsser (Leitung),

Dr. M. Kreuzer,

Dr. A. Kuijper

April 2013

---

## Inhalt

1. Zusammenfassung .....	5
2. Einführung in das Projekt .....	5
3. Forschungsplanung mit Szenario-basierten Technologie-Roadmaps – die methodische Vorgehensweise für eine Forschungs-Roadmap	7
4. Technologie- und Umfeldanalyse – Wesentliche Einflussfaktoren ...	10
5. Das Szenario: Digitale Verschmelzung – Beschreibung und Thesen aus Sicht des Jahres 2025 .....	10
6. Die Vision des mobilen Endgeräts der Zukunft – Gerätegestaltung, Funktionalitäten .....	13
7. Aggregierte Darstellung der Roadmap .....	17
8. Prozessablauf, Workshops und Teilnehmer .....	23
9. Fazit .....	26



---

## 1. Zusammenfassung

Im Forschungscluster „Future Internet“ der TU Darmstadt wurde ein Pilotprojekt zum Forschungs-Roadmapping durchgeführt, das mehrere Ziele verfolgte. Erstens sollte das Instrument Forschungs-Roadmapping eingesetzt werden, um Verbundforschungsaktivitäten im Sinne einer gemeinsamen konkreten Zukunftsvorstellung systematischer planen zu können. Zweitens sollte diese gemeinsame Zukunftsvorstellung die Themen und Interessen der am Forschungscluster Beteiligten stärker verbinden. Drittens sollten allgemeine Erfahrungen mit dem Instrument des Forschungs-Roadmapping gemacht werden – den Beteiligten war in Europa kein Vorbild bekannt, wo dieses für die *universitäre* Forschungsplanung eingesetzt worden wäre. Der Themenbereich „**Mobiles Endgerät der Zukunft**“ wurde als geeignet identifiziert, um mit seinem übergreifenden Charakter die

verschiedenen wissenschaftlichen Kompetenzträger aller thematischen Schwerpunkte des Forschungsclusters zusammenzuführen.

Das Thema wurde von Januar 2012 bis Juni 2012 mit Teams der TU Darmstadt und der Geschka & Partner Unternehmensberatung bearbeitet. Es führte zu einer Roadmap, die die notwendigen Voraussetzungen definiert, die erfüllt sein müssen, damit die im folgenden beschriebene Vision des Endgerätes im Jahr 2025 möglich wird. Aus diesen technologischen Voraussetzungen lässt sich dann der Forschungsbedarf ableiten, um die aufgeworfenen Fragen zu beantworten. Die Ableitungen aus der Roadmap werden innerhalb der thematischen Schwerpunkte getroffen, sollen aber im Sinne eines übergeordneten Gesamtprogrammes abgestimmt werden.

## 2. Einführung in das Projekt

Im Forschungsthema „Future Internet“ werden an der Technischen Universität Darmstadt unterschiedliche Forschungsgebiete zu einem Forschungscluster verbunden. Die komplexen Zusammenhänge zwischen den technischen Herausforderungen im Bereich IT-Sicherheit und Umbrüchen in den Medientechnologien (Graphische Datenverarbeitung) sowie in IT-Infrastrukturen und -Netzen führen zu hohem Forschungs- und Entwicklungsbedarf über die Grenzen von Fachgebieten hinaus. Die hier gefundenen Lösungen beeinflussen darüber hinaus wesentlich die zukünftigen ökonomischen und sozialen Entwicklungen der hochdynamischen Informationsgesellschaft.

Die Technische Universität Darmstadt kann durch das Forschungscluster eine hervorragende Rolle bei der Erforschung der notwendigen wissenschaftlichen Voraussetzungen zum Thema Future Internet spielen. Bereits heute sind vielfältige und hochwertige Verbundvorhaben, Industriekooperationen, Graduiertenschulen und Nachwuchsgruppen in den hier relevanten Gebieten dokumentiert. Mit vielfäl-

tigen Erfolgen – vom Sonderforschungsbereich im Netzwerkbereich über das Softwarecluster im Rahmen des Spitzencluster-Wettbewerbs bis zum EC-SPRIDE-Forschungszentrum zu IT-Sicherheit des BMBF und vielen weiteren – besetzt die TU Darmstadt bereits Schlüsselthemen im „Future Internet“ und kombiniert und ergänzt die erfolgreiche Arbeit der Fachgebiete.

Im Forschungscluster „Future Internet“ sollte nunmehr nach Wegen gesucht werden, die Interessen der beteiligten Institutionen, Fachgebiete und Institute noch stärker zu verbinden, um so übergreifende Forschungsaktivitäten zu intensivieren. Die Identifikation gemeinsamer wissenschaftlicher Interessen und Forschungsschwerpunkte soll nicht zuletzt zur Wahrnehmung von gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen und damit zu schlagkräftigen gemeinsamen Projektanträgen und Projekten führen. Das Profil der TU Darmstadt soll geschärft werden, Synergien ermöglicht und ein internationaler Spitzenplatz unter dem Titel „Future Internet“ ausgebaut werden.

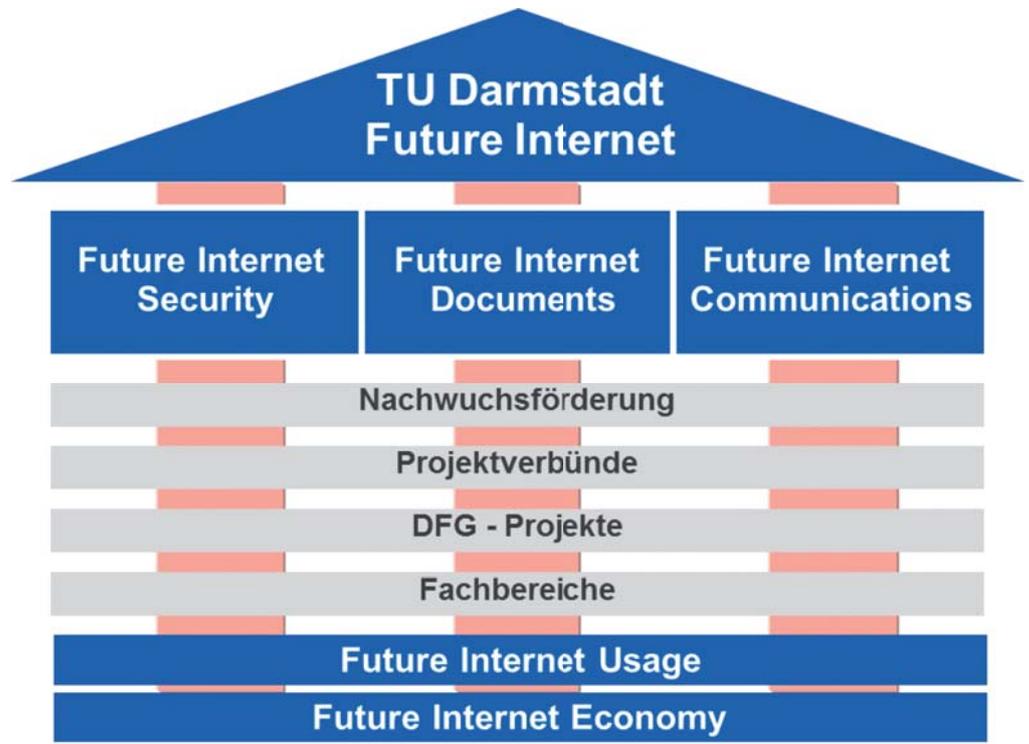


Abb. 1: Das Cluster Future Internet an der TU Darmstadt

Thematische Schwerpunkte der zukünftigen Entwicklung der Internet-Technologien und ihrer Anwendungen für die TU Darmstadt werden absehbar die Forschungsbereiche Sicherheit, Graphische Schnittstellen und Applikationen sowie die Medien und Kommunikationsnetze sein.

Für das Cluster wurde daher eine Methode gesucht, mit der bereits frühzeitig Richtungen, Wege und Handlungsschwerpunkte in systematischer Weise erarbeitet werden können. Dies kann methodisch allerdings nur mit Verfahren unterstützt werden, die den Bedingungen von Forschungseinrichtungen und Universitäten angepasst sind. Die Mitglieder des Forschungsclusters „Future Internet“ haben beschlossen, das im folgenden beschriebene „Roadmapping“-Verfahren für ein eingegrenztes Themengebiet als Pilotprojekt zu evaluieren. Die Erfahrungen mit dieser Methode können nun ggfs. die Grundlage für eine Ausdehnung auf das gesamte Forschungscluster und/oder größere Teilgebiete bilden.

Als Thema wurde „Das mobile Endgerät der Zukunft“ gewählt. Dieser Themenbereich eignet sich für ein prototypisches Roadmapping be-

sonders, weil wissenschaftliche Kompetenzträger aus allen „Säulen“ des Forschungsclusters „Future Internet“ der TU Darmstadt mittelbar oder unmittelbar in diesem Themenfeld wissenschaftlich aktiv sind. Dazu gehören im besonderen Maße die „Säulen“ und Querschnittsbereiche:

- Security
- Documents
- Communications
- Economy
- Usage

Im Einzelnen sollten durch den Roadmapping-Prozess Antworten gegeben werden auf folgende Fragen:

- an welchen für das Thema relevanten Forschungsprojekten und technischen Lösungen wird aktuell fachbereichsübergreifend an der TU gearbeitet,
- welche Kompetenzen sind an der TU und insbesondere im Cluster vorhanden,

- welche zukünftigen Rahmenbedingungen bezogen auf das gewählte Thema müssen beachtet werden,
  - welche themenrelevanten Technologien werden sich wie schnell entwickeln und durchsetzen, welche Abhängigkeiten bestehen zwischen diesen,
  - welche Herausforderungen resultieren daraus
- und daraus abgeleitet:
- welche Forschungsfelder und -themen werden für das Forschungscluster in diesem Zusammenhang zukünftig von Bedeutung sein,
  - welche Potenziale ergeben sich für die Universität, insbesondere im Hinblick auf fachbereichsübergreifend vernetzte Forschungsaktivitäten, auf die Schaffung und Nutzung von Synergien, die Herausarbeitung mittel- und langfristiger wichtiger bzw. neuer Forschungsthemen für die Fachbereiche und für das Cluster
  - welche „weißen Flecken“ gibt es in der aktuellen Forschungslandschaft allgemein und insbesondere im Forschungscluster,
  - welche (neuen) Forschungsschwerpunkte und Verbundprojekte lassen sich ableiten und bei der Akquisition von Fördermitteln mit Hilfe der Roadmap ergänzend begründen.

### 3. Forschungsplanung mit Szenario-basierten Technologie-Roadmaps – die methodische Vorgehensweise für eine Forschungs-Roadmap

Szenario-basierte Technologie-Roadmaps sind ein Instrument der Technologievorausschau. Sie zeigen auf, wie sich eine Technologie oder ein Technologiefeld in der Zukunft entwickeln kann. Verwendet werden sie insbesondere für Technologien oder Felder, die sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden. Solche frühen Stadien sind u. a. dadurch gekennzeichnet, dass die technischen Entwicklungsverläufe nicht „stetiger“ Natur sind, sondern noch vom Fortschritt im Bereich von Basistechnologien abhängen, die durch ‚bahnbrechende Erfindungen‘ schwer vorhersehbare Sprünge machen können oder durch konkurrierende Entwicklungen in anderen Technologiebereichen ‚überholt‘ werden können. Zudem ist die technologische Entwicklung in solchen frühen Stadien stark durch Ereignisse und Entscheidungen in ihrem Umfeld bestimmt, wie z.B. gesellschaftliche und wirtschaftliche Trends und Stimmungen, Einschränkungen bzw. Begünstigungen durch Gesetze, Nutzerakzeptanz etc.

Roadmaps stellen dabei nur einen Vertreter aus einer ganzen Reihe bekannter und mehr oder weniger etablierter Prognoseverfahren für technische Disziplinen dar. Bei den Verfahren kann grob nach deterministischem, probabi-

listischem oder plausibilistischem Vorgehen unterschieden werden. Für einigermaßen komplexe Themenbereiche und mehrjährige Prognosen kommen deterministische Verfahren nicht in Frage und rein probabilistische Verfahren führen i.a. zu einem zu breiten Fächer von Möglichkeiten. Das Roadmapping macht nur relativ verhalten Gebrauch von probabilistischen Elementen, es analysiert mögliche Entwicklungsschritte und deren Zusammenhänge insbesondere plausibilistisch. Im Gegensatz zu anderen Verfahren bekennt sich das Roadmapping zur normativen d.h. planerischen Rolle der Teilnehmer: Desiderate der Forschungsplanung gehen aktiv in die Auswahl von Entwicklungspfaden ein. Daher eignet sich das Roadmapping insbesondere für Felder, die Entwicklungen explizit beeinflussen wollen; es wird daher regelmäßig in der Politikberatung – bspw. in Vorbereitung von Forschungsförderprogrammen – und in der F&E-Planung der Industrie eingesetzt. Alternative Entwicklungspfade in der Roadmap können hier insbesondere zur Risikobewertung herangezogen werden. Im Gegensatz dazu stehen rein deskriptive Verfahren nicht selten unter dem Vorwurf, sich dem normativen Einfluss der am Verfahren beteiligten Personen nicht entziehen zu können. Roadmap-



und eignet sich daher sehr gut zur Erprobung dieses institutions- und fachgebietsübergreifenden Arbeitsansatzes.

Die vorliegende Roadmap umfasst dabei identifizierte Forschungsgebiete im Zeitraum bis 2025, sowie gemeinsame Aktivitäten und Abhängigkeiten zwischen diesen.

**Schritt 2**

**Systematisches Vorgehen im Roadmapping-Prozess**

Die Entwicklung der eigentlichen Roadmap erfolgt nach einer erprobten Methodik in drei Schritten:

- Technologieanalyse
- Umfeldanalyse
- Roadmaparbeit

**Technologieanalyse:** Wesentliche Aufgabe dieses Schrittes ist die Abgrenzung des zu erfassenden Bereiches, d.h. die Festlegung des fachlichen Kontextes. Es folgt die umfangreiche Analyse der zu untersuchenden Technologie und die Beschreibung des aktuellen Entwicklungsstandes. Dabei wird der Status Quo ebenso erfasst wie wechselseitige Abhängigkeiten der zu betrachtenden Teilthemen.

Zur Beschreibung des aktuellen Entwicklungsstands der zu untersuchenden Technologie und der relevanten Teiltechnologien, der Identifikation

nicht-technischer Einflussfaktoren und der hierfür zu erarbeiteten Zukunftsbilder (Szenarien) werden Experten des Fachgebiets und ggfs. externe Experten eingesetzt; ergänzend werden Literaturrecherchen durchgeführt.

**Umfeldanalyse:** Dieser zweite Schritt des Roadmappings dient der Strukturierung der diversen Einflussfaktoren auf die Komponenten des betrachteten Gebietes (technische und nichttechnische Faktoren). Anschließend werden deren zukünftige Entwicklungen prognostiziert und daraus konsistente Szenarien entwickelt, die für die Themengebiete relevant sind. Zudem werden die Entwicklungspfade für diese Szenarien abgebildet.

**Roadmaparbeit:** Auf der Grundlage entwickelter Erfolgs- bzw. Leistungsfaktoren werden Konsequenzen für die im vorherigen Schritt bestimmten Szenario-Pfade abgeleitet. Die zukünftige Technologieentwicklung in Form der Roadmap wird in Workshops, ebenfalls mit Experten der Fachgebiete, erarbeitet. Die Ableitung der Auswirkung auf die Forschungsplanung des Clusters und der Fachbereiche erfolgt nachgelagert in einem strukturierten Workshop oder innerhalb der Fachbereiche.

**Schritt 3**

**Ergebnisaufbereitung und -kommunikation**

Als finaler Schritt erfolgt die Visualisierung der Ergebnisse. Über ihre erarbeitete Ausprägung hinaus erhält die erarbeitete Roadmap ihren

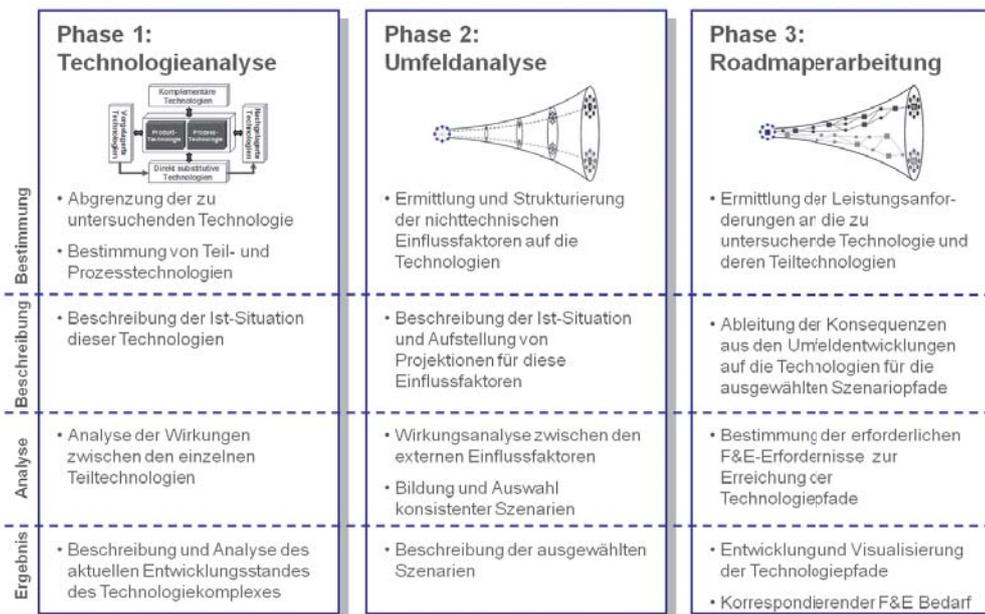


Abb. 3: Phasenmodell des szenario-basierten Technologie-Roadmappings

Wert als Kommunikationsmittel und Referenzrahmen, der bei dem koordinierten Vorgehen aller Institutionen und Fachgebiete des Forschungscluster unterstützend wirken soll.

Die Roadmap gibt natürlicherweise eine aktuelle Zukunftsperspektive zu einem gegebenen Zeitpunkt wieder. Sie bedarf daher einer periodischen Überarbeitung.

## 4. Technologie- und Umfeldanalyse – Wesentliche Einflussfaktoren

In Workshops wurden zunächst für das Thema relevante Technologie- und Umfeldfaktoren identifiziert und anschließend detailliert in ihrer Entwicklung bis 2025 analysiert:

- Entwicklung von Location Based Services
- Entwicklung von Social Networking/Social Games
- Angebot/Nachfrage nach multimedialen Inhalten
- Angebot/Nachfrage von Cloud-Computing
- Energieeffizienz der Endgeräte
- Entwicklung der Akkuleistung
- Leistungsfähigkeit der Prozessoren
- Forschungsförderung in der IuK-Technologie
- Datenschutzregelungen/Cyberlaw
- Sicherheitsbedürfnis im Umgang mit IuK-Technologie
- Akzeptanz von Sensoren

- Standardisierungsmaßnahmen zwischen den Herstellern
- Veränderung der Geschäftsmodelle/Angebotsmodelle der Hersteller
- Affinität zu Technologie/Akzeptanz von Technologie
- Entwicklung mobiler Arbeit

Für die Einflussfaktoren wurde zunächst der heutige Status ermittelt und anschließend wurden die Projektionen für 2025 abgeleitet. Mögliche alternative Entwicklungspfade wurden beschrieben und Eintrittswahrscheinlichkeiten abgeleitet.

Mit Hilfe der „INKA 3“ Software (Geschka und Partner) wurden aus den Faktoren die konsistentesten Kombinationen abgeleitet und daraus die Variante ausgewählt, die das folgende Szenario beschreibt. Eine weniger konsistente (negativere) Alternative wurde ebenfalls diskutiert, aber nicht weiter verfolgt, da sie für den Zweck der Ableitung von anspruchsvollen Forschungsprojekten weniger geeignet erschien.

## 5. Das Szenario: Digitale Verschmelzung – Beschreibung und Thesen aus Sicht des Jahres 2025

Die nachfolgende Beschreibung versetzt den Leser in das Jahr 2025 und beleuchtet aus dieser Zukunftsperspektive die Entwicklung insbesondere der Umfeldfaktoren, die die Technologie-Entwicklung in Richtung NewSmartphone von 2012 bis 2025 beeinflussten. Die gewählte Zeitspanne von dreizehn Jahren ist für Technologieentwicklungen erheblich, für gesellschaftliche Entwicklungen aber eher kurz; schon

deshalb werden im Bereich *Umfeldfaktoren* keine radikal veränderten Randbedingungen erwartet. Das Szenario wurde im Verlauf des Roadmappings mehrfach aktualisiert in dem Maße, wie Technologie-Abhängigkeiten deutlicher abgeschätzt werden konnten. Es enthält daher ansatzweise schon Elemente, die sich in der Roadmap selbst konkreter wiederfinden. Im Anschluss an die folgende informelle Beschrei-

bung werden die zehn wichtigsten Annahmen nochmals kursorisch zusammengefasst. Zunächst aber zur informellen Beschreibung des Szenarios:

*Die Begeisterung der Bevölkerung für mobile Endgeräte blieb in den letzten 15 Jahren seit 2010 weiterhin ungebrochen, ja sie stieg sogar noch an. Während im privaten Bereich IuK-Technologien zunehmend zum gesellschaftlichen Statussymbol wurden, ist deren Nutzung in der heutigen Arbeitswelt überhaupt nicht mehr wegzudenken. Die Erwartung sowie die Bereitschaft, immer und überall arbeitsfähig zu sein, hat sich im Berufsalltag etabliert. Zudem haben Unternehmen ihren Anteil der „Stammebelegschaft“ gegenüber der Vergangenheit deutlich reduziert; ein großer Teil der Arbeit wird heute durch flexible, mobile Arbeitsverhältnisse (Freelancer, Telearbeit) abgedeckt. Ca. 80% der Beschäftigten arbeiten heute (zumindest zeitweise) mobil.*

*Allgemein haben sich dadurch die Anforderungen an die Technologie zunehmend erhöht bzw. die Mindeststandards hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Funktionalität, die von den Nutzern gefordert werden, sind wie auch in der Vergangenheit kontinuierlich gestiegen. Vor allem aber die einfache und intuitive Bedienung der Geräte und die Überallverfügbarkeit von Informationen und Diensten stehen heute im Mittelpunkt.*

*Sprache als natürliches und beim Gehen und bei Verrichtungen wenig störendes Medium hat dabei eine maßgebende Rolle eingenommen, nachdem schon ca. 2010 die Sprachsteuerung des Apple iPhone den wichtigsten technologischen Durchbruch seit weit mehr als einem Jahrzehnt gebracht hatte und die (in der Hand weniger Firmen mit substanziellem Spracherkennungs-Knowhow) stagnierende Innovation in Fahrt gebracht hatte. Visuelle Benutzeroberflächen bleiben dennoch aufgrund ihrer unschlagbaren ‚Mensch-Maschine-Bandbreite‘ unangefochten das wichtigste Interaktionsmedium, wo immer die Situation des mobilen Nutzers ihre Nutzung nicht behindert (Autofahren oder sonstige konzentrierte Verrichtungen in Haushalt und Büro oder unterwegs, ...). [Zu visuellen 3D-Oberflächen siehe unten]*

*Mit der Forderung nach intuitiver Bedienung und Überallverfügbarkeit verbunden ist auch die Forderung nach einer hohen Interoperabilität der Endgeräte und deren alltäglichen Nutzung in unterschiedlichen Umfeldern und Kontexten (Ubiquitous bzw. Pervasive Computing). Damit sind die Themen Datenschutz und Datensicherheit zu den wichtigsten Einflussfaktoren für die*

*Nutzung moderner IuK-Technologien, insbesondere im Rahmen der zunehmenden mobilen Nutzung geworden.*

*Missbrauchsfälle Anfang der letzten Dekade zogen politische Reaktionen und eine weitere Verschärfung datenschutzrechtlicher Regelungen nach sich. Die beiden Prinzipien „Privacy by Design“ und „Privacy by Default“ sind in Europa und Teilen der restlichen Welt zwingend einzuhalten. Dadurch ist einerseits die Erfassung personenbezogener Daten gegenüber 2012 deutlich reduziert als auch das Selbstbestimmungsrecht der Internetnutzer, unabhängig vom Endgerät, deutlich gestärkt worden. Durch diese rechtlichen Grundlagen und die damit gewährte Anonymität und Privatsphäre erhöhte sich im Gegenzug das Vertrauen der Nutzer in die Dienste und deren Anbieter. Insgesamt hat sich dadurch die Freigiebigkeit der Nutzer hinsichtlich persönlicher Daten deutlich erhöht. Zwiespältig sehen die Nutzer dennoch den Einsatz von Sensoren in ihrem persönlichen Umfeld. Dies gilt für den öffentlichen Raum, erst recht aber bei deren Einbindung in mobilen Endgeräten oder im häuslichen Umfeld. Trotz der hohen Datenschutzerfordernisse sind die Menschen weiterhin skeptisch gegenüber Überwachungsmöglichkeiten. Andererseits erfolgen Verbreitung von Sensoren und Nutzung von Sensordaten weiterhin im Windschatten entsprechender Software-Anwendungen, die aufgrund hohen Mehrwerts oder geschickten Marketings Verbreitung finden. Um die Nutzer ‚vor sich selbst zu schützen‘, muss der Gesetzgeber daher zunehmend neueste Technologien vorschreiben zur Sicherstellung von Privatheitsschutz trotz intensiver Nutzung von Daten, die potenziell de-anonymisiert werden könnten.*

*Von der zunehmenden Freigiebigkeit von Daten haben vor allem Social-Media-Angebote, aber auch kommerzielle ortsbezogene Dienste (location based services, LBS) profitiert. Sowohl das Angebot als auch deren Nutzung ist in den letzten 10 Jahren massiv gestiegen. Geschlossene, aber interoperable Communities, kostenpflichtige Angebote und die gesetzlich verankerte hohe Transparenz der Angebote sorgen in Verbindung mit den hohen europäischen Datenschutzstandards für eine breite Akzeptanz. Sowohl Social Media als auch LBS werden von Unternehmen als Kundenbindungsinstrument und zur gezielten Weitergabe individueller Informationen intensiv genutzt. Über ihre Netzwerke sind alle Nutzer mobiler Endgeräte praktisch überall und jederzeit an das Informationsnetz angeschlossen. Navigationshinweise, Produkt- und Serviceinformationen, private sowie geschäftliche*

Kommunikation sind Standardanwendungen. Individualisierte Multimediadaten (Videodaten, Fernsehen, Spiele etc.) werden sowohl von Drittanbietern bereitgestellt und auf breiter Basis nachgefragt als auch von den Nutzern selbst erzeugt und über Cloud-Dienste verteilt bzw. für Drittanbieter nutzbar gemacht. Die verschiedenen Inhalte und Angebotsformen (Social Media, Kommunikation, Fernsehen, Spiele, LBS, Videodaten, Bezahlfunktion, Identifikation etc.) verschmelzen zunehmend zu einem integrierten Angebot, für das das mobile Endgerät der Zukunft die Schnittstelle bildet.

Die zunehmende Virtualisierung, Vernetzung und Integration mobiler Geräte und Dienste in allen Lebensbereichen führte dazu, dass Gerätehersteller geschlossene Systeme immer schwieriger aufrechterhalten konnten. Die herstellerübergreifende Interoperabilität von Geräten und Diensten wurde zunehmend zum Differenzierungskriterium zwischen den Herstellern. Daher einigten sich Gerätehersteller und Dienstleister zunehmend auf Standards und einheitliche Kommunikationsschnittstellen und -protokolle. Mobilfunkanbieter werden noch mehr als in den 2010er Jahren gezwungen, Mehrwertdienste und Mobilnetzbetrieb hundertprozentig zu trennen und Mehrwertdienste in allen Netzen zu gleichen Bedingungen anzubieten. Im Mobilnetzbetrieb wurden letzte Monopole beseitigt wie das ‚Call-Termination‘-Monopol (letztes Teilstück eingehender Anrufe nur unter Hoheit des Betreibers der SIM-Karte des Angerufenen).

Cloud Computing selbst ist heute ebenfalls Standard. Dessen Entwicklung ist allerdings weiterhin zweigeteilt. Während kleine und mittlere Unternehmen zunehmend kommerzielle Cloud-Dienste nutzen um sowohl Daten zu speichern als auch Dienste und Software darüber zu beziehen, verfolgen Großunternehmen eine hybride Strategie: sie nutzen kommerzielle Cloud-Dienste z.B. für Software (Software as a Service) oder die Implementierung einer „Unternehmenscloud“; Unternehmensdaten werden jedoch überwiegend in eigenen Servern gespeichert.

Fortschritte im Bereich Computervision haben die Verknüpfung virtueller und physischer Realität beschleunigt. An vielen Aufenthaltsorten mobiler Nutzer, vor allem an stark frequentierten Lokationen in- und außerhalb geschlossener Räume, werden LBS und 3D in Mehrwertdiensten integriert, die zu den wachstumsstärksten Märkten gehören; dabei erleben die Nutzer ihre reale Umgebung mit Hilfe des mobilen Endgerätes via Brille oder via Display mit see-through-Effekt vi-

suell angereichert mit vielfältigen Informationen und Hilfestellungen.

Im Wechselspiel mit der Angebotsseite haben sich hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und vor allem hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Energieversorgung mobiler Einheiten in den letzten 10 Jahren Fortschritte ergeben:

Akkus mit deutlich gesteigerter Leistungsfähigkeit und kurzen Ladezyklen gegenüber 2012 sind heute weit verbreitet. Seit damals haben sich sowohl die Leistungs- als auch die Energiedichte deutlich erhöht. Bis zum letzten Drittel des Betrachtungszeitraums (ab ca. 2018) erfolgte jedoch, wie in der Zeit vor 2012, nur ein Anstieg der Akkuleistung, der weit hinter den Leistungssteigerungen bei Mobilfunkbandbreite, CPU-Geschwindigkeit, Grafik- und Display-Kenngrößen usw. zurückblieb (nur ca. 6% Leistungszuwachs pro Jahr). Neue leistungsfähigere Akkutypen (Steigerung um Faktor 3) diffundieren erst in den letzten Jahren in den Markt. Parallel dazu wurde die Energieeffizienz insbesondere von Displays und Prozessoren, aber auch von Mobilfunktseinheiten kontinuierlich erhöht.

Mit erheblichen weltweiten Anstrengungen gelang es, die kontinuierliche Verbesserung der Rechenleistung zu entkoppeln von der immer dramatischer gewordenen Leistungsaufnahme und Wärmeentwicklung vor allem mobiler Geräte. Das war nur durch die Weiterentwicklung von Multicore- zu Manycore- und zu neuartigen Multithreading-Architekturen möglich und erforderte insbesondere neue Programmierparadigmen, Betriebssysteme und Middleware. Prozessoren sind deshalb 2015 auch in kleinsten mobilen Einheiten um ein Vielfaches leistungstärker, aber nicht im gleichen Maß energiehungriger als 2012. Diese Entwicklung ermöglicht es trotz nur mäßiger Entwicklung an der Akku-Front, die Technologie grob in derselben Geschwindigkeit fort zu entwickeln als vor 2012. Nach wie vor läuft aber der Anstieg der Rechenkapazitäten in mobilen Anwendungen dem Entwicklungsstand „stationärer“ (größerer) Geräte hinterher. Deshalb und aufgrund der beliebigen Skalierbarkeit von Rechen- und Speicherzentren wird die Verteilung der Funktionen ‚Rechnen‘ und ‚Speichern‘ zwischen Mobilgerät und restlichem Internet wichtiger denn je, der ‚Hunger nach Bandbreite‘ nimmt auch aus diesem Grund weiter zu.

### Zusammenfassung: Die zehn Thesen des Szenarios:

- Hohe Anforderungen an intuitive Bedienung, Interoperabilität und Mindestfunktionalitäten mobiler Endgeräte der Nutzer
- Hohe gesetzliche Datenschutzerfordernungen an Gerätehersteller, Infrastrukturbetreiber und Dienstanbieter und deren Kontrolle
- Der Konsum und die Bereitstellung von Daten und Informationen durch die Nutzer über mobile Endgeräte sind im privaten und geschäftlichen Bereich bei der Mehrzahl der Nutzer Standard (Sprachsteuerung, ortsbezogene Informationen, Cloud Computing, Fernsehen, Video, Telekonferenzen, Augmented Reality, etc.)
- Mobile Arbeit hat gegenüber 2012 deutlich zugenommen und damit auch die Nutzung leistungsfähiger mobiler Endgeräte und von Cloud-Computing in allen Ausprägungen.
- Breite Interoperabilität der Endgeräte untereinander und mit Peripheriegeräten (z.B. Displays in der Umgebung) sowie Infrastruktureinrichtungen (in Städten, im Verkehr etc.) und Dingen (Produkten, Gebäuden, etc.)
- Energieverbrauch wesentlicher Komponenten wie Displays und Prozessoren wuchs wesentlich langsamer als deren Leistung
- Rechenkapazität von Prozessoren ist weiter kontinuierlich gestiegen. Paradigmenwechsel bei Software und Betriebssystemen für Manycore-Prozessoren erlauben deutlich höhere Verarbeitungskapazitäten
- Verschmelzung zwischen virtueller und physischer Realität nicht nur in eng begrenzten Innenräumen, sondern auch in großen Geländen, Ballungszentren usw., mit Tendenz zur globalen Verfügbarkeit. Ubiquitärer Gebrauch von IuK-Technologie
- Mobile Endgeräte werden zur universellen Schnittstelle für die Kommunikation und Informationsbeschaffung und -bereitstellung
- Sensoren werden weiterentwickelt, Kamera-(Computervision-)basierte und auf anderen (bspw. Inertial-)Sensoren basierende Methoden zur Wahrnehmung und zum Verstehen der Umwelt stehen in Konkurrenz und werden kombiniert; sie setzen sich trotz weiterhin erheblich gestiegener Privatheitsschutz-Bedenken durch, teils aufgrund des (realen oder psychologischen) Nutzens, teils weil der Gesetzgeber wirksamen Privatheitsschutz durchsetzt.

## 6. Die Vision des mobilen Endgeräts der Zukunft – Gerätegestaltung, Funktionalitäten

Das beschriebene Szenario erlaubt es, exemplarisch mögliche Funktionalitäten des „New-Smartphones“ zu skizzieren. Ziel ist dabei nicht die Definition eines marktfähigen Gerätes, sondern eine Diskussionsgrundlage, mit deren Hilfe auf dem Weg über beispielhafte Funktionalitäten notwendige technologische Entwicklungen identifiziert werden können, die dann als Ausgangspunkt für Forschungsthemen stehen können.

Bezogen auf die drei Säulen des Forschungsclusters erscheinen dabei folgende Überlegungen von besonderem Interesse zu sein:

Aus Sicht der **IT-Sicherheit** könnte die Vision einer ‚smarten digitalen Identität‘ interessieren. Darunter verstehen wir einen aktiven digitalen Stellvertreter des Menschen, der insbesondere Funktionalität der IT-Sicherheit, des Privatsphärenschutzes und der Bewertung von Vertrauenswürdigkeit („computational trust“) *aktiv* für den Menschen vertritt. Aktiv bedeutet hierbei, dass dieser Stellvertreter zwar gemäß Beauftragung und in zuverlässiger Abstimmung mit dem Menschen handelt, innerhalb dieser Vorgaben aber autonom handelt d.h. die Sicherheitsinteressen dessen, den er vertritt, wahrnimmt. Dies ist 2025 nicht zuletzt

deshalb notwendig, weil die ubiquitäre Einbindung des mobilen Endgerätes in eine Vielzahl von Infrastrukturen (intelligente Gebäude, Digitale Dienste, intelligente Häuser und Büros, Mobilfunk- und Bezahlendienste, personalisierte und lokationsabhängige Anwendungen u.v.m.) dazu führt, dass in weit höherer Frequenz sicherheitsrelevante digitale Abläufe stattfinden als der Nutzer selbst individuell steuern könnte.

In erster Näherung könnte man bei diesem Stellvertreter von einem ‚autonomen intelligenten globalen digitalen Personalausweis‘ sprechen (nachfolgend: Global Personal IDentity AgentCard, GloPID). Wie die Abkürzung andeutet, würde sich dieser Stellvertreter außer durch sein *aktives* Handeln auch durch seine globale Gültigkeit vom digitalen sogenannten ‚Neuen Personalausweis‘ nPA Deutschlands unterscheiden. GloPID müsste hochgradig vertrauenswürdig sein aus Sicht dessen, den es vertritt. Dies ist mit der Realität heutiger Handys nicht vereinbar: zum einen sind diese von den kommerziellen (bspw. Datensammel-) Interessen der Mobilfunkbetreiber, Hardware-, Betriebssystem- und App-Hersteller getrieben, die den Sicherheitsinteressen des Bürgers häufig kontrovers gegenüberstehen; zum anderen führt die Komplexität und Innovationsrate dieser Systeme zu hoher Verwundbarkeit bei Angriffen durch Computerviren usw. Folglich liegt es nahe, GloPID und NewSmartphone als eng gekoppelte aber unterschiedliche Geräte zu verstehen: der GloPID kontrolliert dann die Funktionalität und Datenverarbeitung sowie -weitergabe des NewSmartphone. Konsequenterweise weitergedacht kann der GloPID nicht nur die Interaktion mit anderen Geräten, Systemen und Diensten kontrollieren, er kann ggf. auch die Einhaltung von Sicherheitsstandards bei diesen überwachen, bspw. wenn diese auf Basis von ‚TrustedComputing‘-Hardware realisiert sind. Dies ermöglicht bspw. die nahtlose Integration des NewSmartphone mit Cloud-basierten Lösungen, mit in der Umgebung angetroffenen (z.B. Interaktions-)Geräten usw. Auch Belege für den Grad der Vertrauenswürdigkeit angetroffener Geräte und Dienste könnte der GloPID zuverlässig auswerten.

Da der GloPID die sicherheitsrelevanten Funktionen der vertretenen Person konzentriert und isoliert und diesen gegenüber der Umwelt anonymisiert oder identifiziert, andererseits Berechtigungen und finanziell sowie juristisch relevante Funktionen zwischen Vertreter Person und (digitaler und realer) Umgebung regelt, stellt er ein hoch schützenswertes Gut

dar, das in seiner Sicherheitsrelevanz den nPA weit übertrifft. Daher wird auch im Lichte der 2025 verfügbaren Technologien nur eine Realisierung unter hoheitlicher d.h. staatlicher Kontrolle für denkbar erachtet.

Erheblicher Mehrwert ergibt sich, wenn man den GloPID gemeinsam mit einem radikalen Neuentwurf der vom öffentlichen Mobilfunk bekannten ‚SIMcard‘ denkt. Dabei ist zu bedenken, dass die SIMcard zunächst Europa-weit, dann quasi weltweit standardisiert wurde und die größte existierende Sicherheitsinfrastruktur – mit äußerst zuverlässiger Authentifizierung des Inhabers – darstellt. Mobilfunkanbieter erlaubten Drittanbietern (bspw. von ‚Apps‘) mit wenigen Ausnahmen bisher aber keinen Zugriff auf diese – ‚ihre‘ – Sicherheitsinfrastruktur. Gleichzeitig wurden personenbezogene Sicherheitsfunktionen (Authentifizierung des Besitzers) und Mobilfunk-relevante Aspekte (insb. tarifäre Abrechnung) integriert. Die Verschmelzung der personenbezogenen Sicherheitsfunktionen und ubiquitärer Abrechnungsmethoden mit einem Herstellerunabhängigen GloPID könnte auch dem Mobilfunkmarkt neue Impulse geben und bspw. Providerwechsel in Realzeit ermöglichen. Aus Sicht von Sicherheit, Vertrauenswürdigkeit und Privatheitsschutz muss nicht nur der GloPID selbst, sondern auch dessen Zusammenspiel mit dem NewSmartphone (und sekundär mit der Cloud, Interaktionsgeräten etc.) erforscht werden.

Aus Sicht von **Visual Computing und 3D-Dokumenten** interessiert zunächst die Zukunft visuell-haptischer Peripherie als Basistechnologie. Hier dominieren heute Jackentaschengroße Displays mit Touch-Bedienung. Die Display-Industrie geht jedoch aus Sicht des Jahres 2012 noch im laufenden Jahrzehnt einer radikalen technologischen Veränderung entgegen. Wesentlicher Treiber hierfür ist die mit Hochdruck betriebene Forschung an sehr dünnen und an biegsamen Displays. Drei wichtige Entwicklungsrichtungen betreffen Papier-ähnliche, rollbare und faltbare Displays; es lässt sich schwer abschätzen, welche dieser drei Entwicklungen wie schnell Serienfertigung in Millionenaufgaben erreicht (erforderlich für marktrelevante mobile Endgeräte). Was den Mehrwert für Nutzer angeht, so lässt sich aber leicht vermitteln, dass die Displaygröße (Trend: möglichst groß) den limitierenden Faktor bei der Miniaturisierung von Mobilgeräten darstellt (Trend: möglichst klein, z.B. Bleistift-Größe). Aufrollbare Displays sind von den drei genannten Entwicklungslinien am besten geeignet, um

diesen Zielkonflikt zu lösen. Dabei ist zu beachten, dass auch Picoprojektoren (bereits in ersten Smartphones verbaut) und Computerbrillen (vgl. Googles ‚Project Glass‘) geeignet sind, den genannten Zielkonflikt zu lösen. Allerdings erfordern Picoprojektoren geeignete Displayflächen und Beleuchtungssituationen; ihr Energiebedarf liegt in Relation zur Leuchtkraft deutlich höher und der Personenkreis, welcher Einblick genießt, ist insb. im öffentlichen Raum kaum kontrollierbar. Computerbrillen wie von Google vorgestellt schränken dagegen die Sicht auf die tragende Person ein; die zunehmende Verwendung mobiler Endgeräte als gemeinsam (in klar eingegrenztem Kreis) betrachtetes Medium entfällt damit; außerdem eignen sich Computerbrillen, welche Information nur peripher einblenden (vgl. aktuelle Pressebilder von Google), nicht für virtuelle Realität bzw. „Augmented Reality“. Das gesamte Gesichtsfeld abdeckende Brillen sind bislang aber noch nicht auf einem Entwicklungsstand, der sie 2025 als breit eingeführten, in der Mode akzeptierten Massenartikel vorstellen lässt. Sowohl Computerbrillen als auch Pico-Projektoren werden daher nach fundierter Einschätzung der am Roadmapping Beteiligten erhebliche Marktdurchdringung erleben, aber 2025 noch nicht in einem Stadium angekommen sein, in dem sie Displays als visuell-haptische Standard-Peripherie ersetzen.

Wie bereits im Szenario beschrieben, wird auditive Ein-Ausgabe wesentlich vorangeschritten sein und 2025 die Konversation mit dem NewSmartphone (und der computerbestückten Umwelt) in einer Qualität ermöglichen, die die Unterschiede zwischen menschlichem und automatischem Gegenüber verschwimmen lässt. Möglich wird dies durch die Kombination syntaxbezogener mit semantischen Ansätzen; Grundlage sind riesige Datenmengen wie in Suchmaschinen und bei global agierenden Diensteanbietern (vgl. Facebook usw.) vorhanden einerseits, aber auch reichhaltige ‚Weltmodelle‘, ‚Domänenmodelle‘ und ‚Modelle natürlicher Sprache‘ andererseits; hinzu kommen sehr große Trainingsdaten für das Training sprecherunabhängiger Spracherkennung und weitere Fortschritte in der Behandlung von Umgebungsgeräuschen. 3D-Audiotechnologie verbessert sowohl die Spracheingabe (Lokalisierung, Nebengeräuschreduktion) als auch deren Ausgabe (zielgerichtet im Raum, mit räumlichem Eindruck). Wie bereits argumentiert, werden aber auch all diese Entwicklungen die visuelle Ausgabe nicht verdrängen, weil deren ‚Bandbreite‘ in Richtung menschlicher Wahr-

nehmung für viele Anwendungen nicht zu ersetzen ist. Schließlich wird auch der Fortschritt bei ‚brain computer interfaces‘ bis 2025 nur im Reigen der ‚Input-Geräte‘ für massenmarktrelevante Verschiebungen sorgen; dagegen fanden die am Roadmapping Beteiligten keine Anzeichen für bahnbrechende Entwicklungen, die erwarten lassen, Gehirnstimulation als Eingabekanal könne Ohr und Auge bis 2025 verdrängen.

Nach all diesen Überlegungen wird 2025 – was Mobilgeräte-Technologie betrifft – mit erheblicher Wahrscheinlichkeit die Ära der aufrollbaren Displays sein; diese kann man sich bspw. so angebracht vorstellen, dass sie seitlich aus dem NewSmartphone herausziehbar sind. 3D-Funktionalität solcher Displays ist bis dahin ebenfalls keineswegs unwahrscheinlich. Solche Displays könnten die Verknüpfung mit einer neuen Ära ortsreferenzierter Daten vorantreiben, welche auf millimetergenauer (auch Indoor)-Positionierung von Menschen, mobilen 3D-Displays und Gegenständen basiert und es damit möglich macht, beliebige physische Objekte (auch Menschen) auf der ganzen Welt dreidimensional mit digitaler Information ‚anzureichern‘ und in der Folge digital zu ‚explorieren‘. Was bisher nur in relativ teuren industriellen Anwendungen anzutreffen war, wird damit ubiquitär.

Wesentliche Voraussetzung für diese Annahme sind erhebliche Fortschritte im Bereich Computervision. Die Erstellung großer Mengen von 3D-Modellen ebenso wie die so genannte Registrierung von Displays in der realen Welt, wodurch sichtbare Umwelt (auf dem Display wie in einem Fensterrahmen dargestellt: „see-through“-Effekt) und 3D-Modell präzise in 3D zur Deckung gebracht werden, muss bis zu diesem Durchbruch weitgehend automatisch erfolgen können. Für die Anreicherung der 3D-Modelle mit Information muss der Bereich ComputerVision Teil-Automatisierung ermöglichen.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, dann wird nahtloser Übergang zwischen Virtual Reality (VR) und Mixed-Reality unterstützt: jeder Gegenstand und jedes Lebewesen kann dann von jedem kommerziellen Anbieter oder Bürger (‚user generated content‘) mit (3D-) Information angereichert werden. Ist der ‚angereicherte‘ Gegenstand bzw. Mensch physisch anwesend, dann wird die digitale Anreicherung wie beschrieben per see-through-display der realen Welt überlagert (Mixed Reality); befinden sich

angereichertes physisches Objekt und NewSmartphone-Besitzer an verschiedenen Orten, dann wird das real ‚abwesende‘ physische Objekt nur als 3D-Modell im Sinne von Virtual Reality angeboten. VR- und Mixed-Reality-Varianten des 3D-Modells unterscheiden sich dabei nur minimal. Für die Interaktion im Rahmen der ‚Anreicherung‘ bzw. ‚Exploration‘ der Objekte verfügen die 3D-Rolldisplays über geeignete Eingabemethoden. Der heute verbreitete Touch-Input wird zu 3D-Touch, haptisches Feedback ist 2025 noch nicht weit verbreitet, aber im Kommen. Da die Anreicherung und Exploration von Menschen sensible Aspekte der Sicherheit und Privatheit berührt, kommt hier das GloPID ins Spiel: die betroffenen Menschen regeln via GloPID (ohne dass ein dauerndes aktives Eingreifen erforderlich wäre) die Randbedingungen, nach denen andere sie anreichern und explorieren dürfen, also bspw. Art, Umfang, Weitergabe usw.; der GloPID garantiert dabei auch die Einhaltung umfangreicher nationaler und internationaler (!) Datenschutzrichtlinien. Ähnliches gilt für persönliche Gegenstände: hier regelt der GloPID des Besitzers eines Gegenstandes die Randbedingungen. Da bekanntlich Datenanonymisierung nicht ausreicht, um ‚Linkability‘, d.h. unberechtigte De-Anonymisierung zu verhindern, müssen zusätzlich alle Operationen mit Hilfe des GloPID kontrolliert werden, die auf den sensitiven, kryptographisch anonymisierten Daten (verteilt im Netz!) durchgeführt werden. Die Rolle des GloPID verdeutlicht hier beispielhaft die Notwendigkeit integrierter Betrachtung von 3D-Dokumenten und Sicherheit. Gleiches gilt für Säule drei des FI-Clusters, siehe nächster Abschnitt.

Was **Netze und Kommunikation** betrifft, unterscheidet sich das NewSmartphone von herkömmlichen Handys insbesondere durch permanenten ‚Wachzustand‘: unablässig werden ‚Beobachtungen‘ über den Nutzer (Vitalparameter, Verhalten, ...), Umweltdaten, Kontextdaten und Netz-Informationen aufgezeichnet und verarbeitet. Das NewSmartphone ist nicht nur ‚always-online‘ sondern ‚always-recording‘. Neben diesen ‚Sensor-Strömen‘ werden auch unablässig ‚Medienströme‘ erzeugt aus Audio- und Videodaten und Metadaten. Die im Microsoft Sensecam-Projekt bereits lange vor der Jahrtausendwende vorgedachte Funktionalität wird verbreitet. Kamera und Mikrofon arbeiten dann wie Auge und Ohr: nicht nur aufnahmefähig sondern *aufnehmend*. Das hat bei den menschlichen Sinnen den Vorteil, dass in der kognitiven Gesamtverarbeitung die Relevanz

und der Grad der Verarbeitung und Speicherung bestimmt werden. Kein audiovisueller Eindruck scheint völlig irrelevant, aber die Relevanz schwankt erheblich und ergibt sich erst im Zeitverlauf. So regelt auch im NewSmartphone eine nachgelagerte Verarbeitung, nicht eine spontane Entscheidung über Aufnehmen-oder-nicht und über die (ggf. im Zeitverlauf abnehmende) ‚Auflösung‘ der Aufnahme. Was hier als Sensor- und Medienströme bezeichnet wird, dient mehreren Zwecken; drei davon seien hier kurz angerissen:

- 1) ‚Context Aware Computing‘ wird erheblich verbessert d.h. exakter Zuschnitt des Verhaltens von Anwendungs-Software auf Nutzereigenschaften und aktuelle Situation;
- 2) Erheblich reichhaltigere Telepräsenz wird ermöglicht; dazu werden Sensor- und Medienströme integriert mit 3D-Dokumenten, also mit der o.g. 3D-‚Anreicherung‘ von Menschen, was einerseits Präsenz im sozialen Netz revolutioniert (vgl. entfernt wohnende Familienmitglieder, sozial isolierte Senioren und Kranke, ‚klassische Facebook-Nutzer‘), andererseits weit effizientere verteilte Kooperation zwischen verteilt arbeitenden Kollegen bzw. Projektpartnern ermöglicht;
- 3) Eine sehr reichhaltige digitale Biographie wird geschaffen; diese wird nicht nur im Sinne von facebook lifeline für Zwecke des sozialen Lebens benutzt, sondern revolutioniert die Organisation des persönlichen Daten- und Informationsraumes: während übliche hierarchische Dateisysteme an ihre Grenzen kommen (die auch von Desktop-Search-Engines nur leidlich überwunden werden), nutzt der NewSmartphone-Nutzer die digitale Anreicherung seiner selbst (als 3D-Dokumente mit integrierter vierter [Zeit-]Dimension), um seinen eigenen Daten- und Informationsraum zu beherrschen.

Die Konsequenzen dieser Vision für Netze und Kommunikation sind so tiefgreifend, dass hier nur Schlaglichter gesetzt werden können. So sei darauf hingewiesen, dass selbst leistungsfähigste NewSmartphones die Anforderungen des beschriebenen ‚always-on‘-Modus bzgl. Datenverarbeitung und Datenvolumen nicht on-board bewältigen können. Die Verzahnung mit Rechen-/Speicher-Cloud sowie sozialem Netz erreicht daher eine neue Qualität und Größenordnung, welcher nach heutigem Stand der Technik weder Mobilfunknetze noch Kommunikationsprotokolle/-mechanismen gerecht werden. Offensichtlich muss auch der GloPID jedes Netzteilnehmers ‚im Mikrosee-

kundentakt' an vielen Orten im Netz in Entscheidungen eingreifen (bspw. abhängig von angefragten Operationen den Zugriff auf kryptographisch anonymisierte Daten steuern), was bedeutet, dass solche im Netz verteilten Operationen unter Kontrolle des GloPID technisch unterstützt werden müssen.

Der hohe Speicher- und Rechenbedarf wie eben genannt wird ergänzt durch einen Bedarf an kurzer Latenz. So erfordert z.B. gute Nutzererfahrung (user experience) bei Geräte-übergreifenden Interaktionen sehr kurze Latenzzeiten: man stelle sich eine Wisch-Geste vor, mit der ein Foto vom Smartphone auf einen LCD-Bildschirm verschoben wird, der an ein Computersystem in der Umgebung angeschlossen ist. In diesem Fall muss das Foto in Millisekunden-Schnelle in derjenigen Geschwindigkeit aufgebaut und „in den LCD-Bildschirm hineingeschoben“ werden, die den Spezifika der aktuellen Wischgeste auf dem NewSmartphone entspricht. Viele Beispiele wie dieses ließen sich aufzählen um zu verdeutlichen, dass Interaktionsmechanismen

nicht flüssig realisierbar wären, wenn sie den Umweg über ein „Cloud Data Center“ in großer räumlicher Entfernung machen müssten. Wenn ein Benutzer ortsabhängige Dienste nutzt (insb. wie im Zusammenhang mit der Mixed-Reality-Vision weiter oben beschrieben), dann müssen auch diese zunehmend in Realzeit mit dem mobilen Endgerät gekoppelt werden. Dieses und weitere Beispiele zeigen, dass eine Infrastruktur aus Endgerät, entfernten Cloud-Diensten und lokalen, ggf. ‚mitreisenden‘ Diensten erforderlich ist. Für die Vision einer lokalen Cloud, die sich quasi mit dem mobilen Nutzer und seinem Endgerät ‚mitbewegt‘, etabliert sich in der Forschung der Begriff Cloudlets (Wölkchen). Die im Roadmapping anvisierte Entwicklung geht aus den vorgenannten Gründen davon aus, dass auch diese Entwicklung 2025 breiten Einzug in den Massenmarkt gehalten hat. Als spezielle Unterart dieser Cloudlets kann sich die Verteilung von Funktionalität auf eine Menge mobiler Endgeräte beziehen. Diese Option wird im Roadmapping unter dem Stichwort „Smart Micro Cloud“ detailliert ausgeführt.

## 7. Aggregierte Darstellung der Roadmap

Für einen Großteil der in Kapitel 6 grob geschilderten und in Abb. 4 angerissenen Bestandteile des NewSmartphone wurden im Rahmen des ausführlichen Roadmapping-Prozesse detaillierte Planungen und Untersuchungen

durchgeführt, die die notwendigen Entwicklungsschritte und deren zeitlich-logische Abfolge sowie Risiken und Abhängigkeiten zueinander in Beziehung setzen und detaillieren.

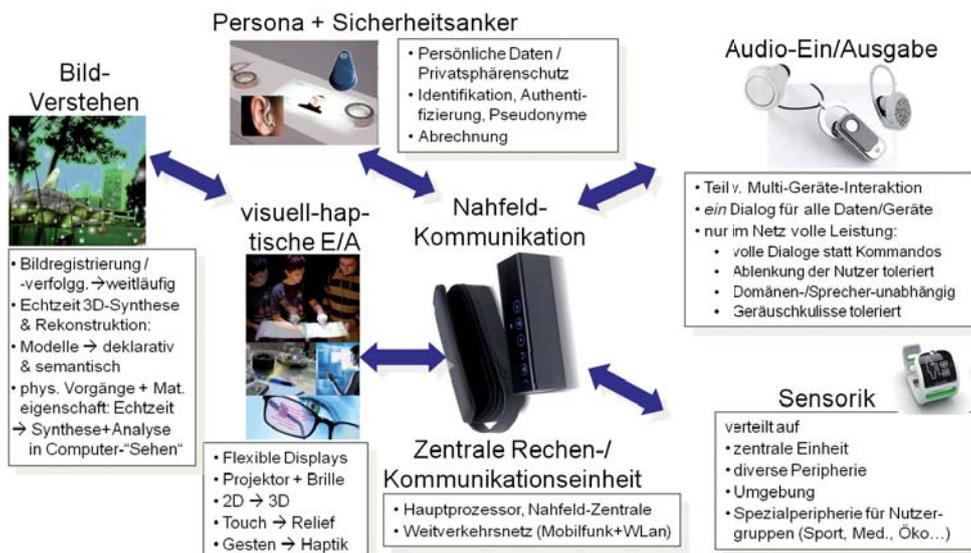


Abb. 4: Handy der Zukunft – Vision Multidevice

Roadmapping FFI © TK

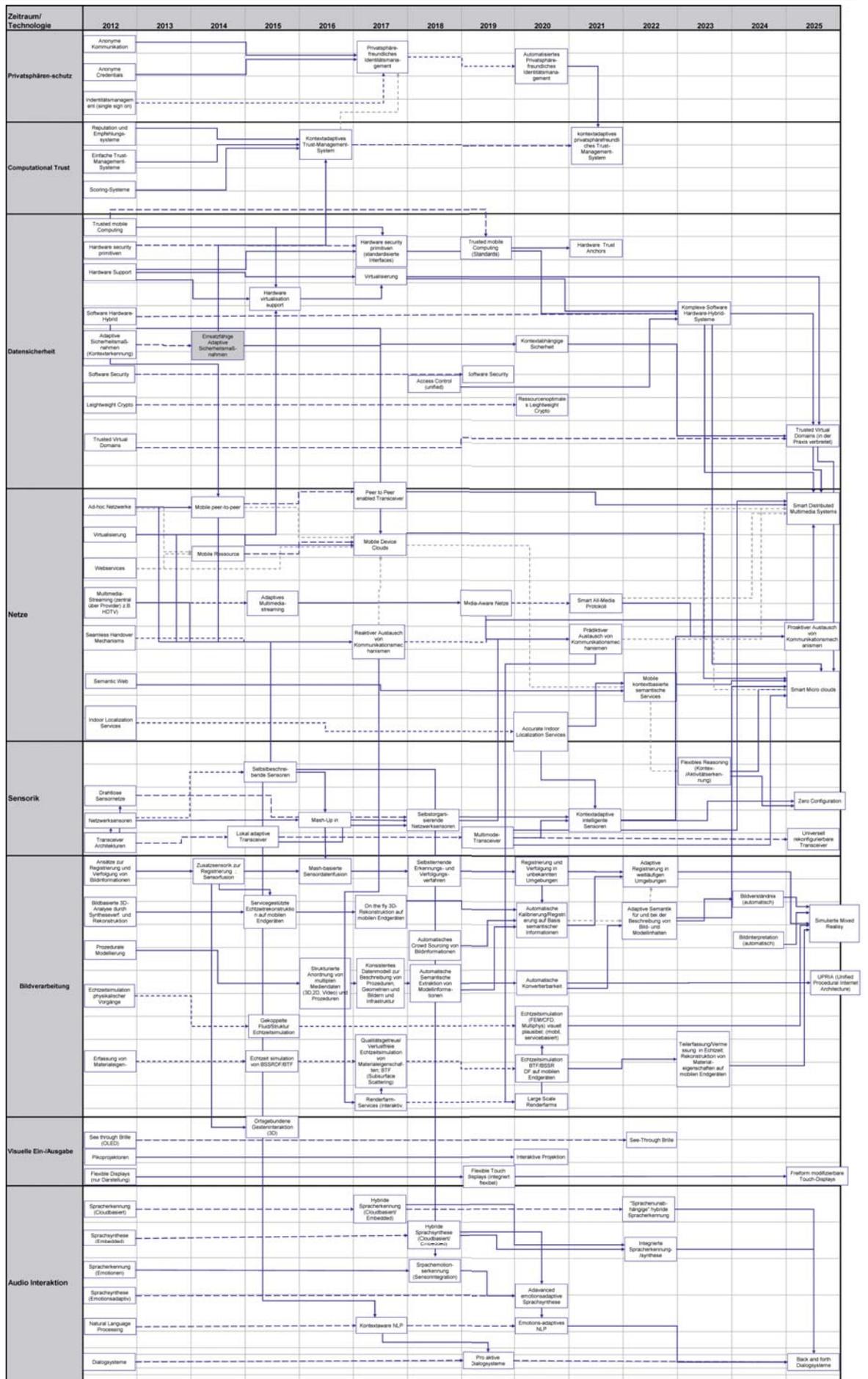


Abb. 5: Grafische Darstellung der vollständigen Roadmap

---

Die Arbeit an der Roadmap erfolgte über mehrere Monate wie in Kapitel 8 näher erläutert wird. Das Ergebnis liegt im Wesentlichen in zwei Formaten vor:

- Einerseits wurde die gesamte Roadmap in Form einer grafischen Darstellung aufbereitet (siehe Abb. 5)
- Andererseits sind die in der Graphik benannten Schritte und Beziehungen in Excel-Charts detailliert hinterlegt

Eine ausführliche Erläuterung der Inhalte aller Roadmap-Elemente ist nicht Gegenstand dieses Berichts und würde seinen Rahmen sprengen. Daher sollen nachfolgend drei einzelne Entwicklungspfade aus den drei Säulen des Clusters exemplarisch aufgezeigt und cursorisch textuell beschrieben werden.

**Sicherheit:** Privatsphärefreundliches Identitätsmanagement

**Netze:** Smart Distributed Multimedia Systems

**Visuelle Interaktion / Bildverarbeitung:** Simulierte Mixed Reality

### **Sicherheit: Privatsphärefreundliches Identitätsmanagement**

Die Weiterentwicklung mobiler Endgeräte im oben beschriebenen Sinne erfordert Fortschritte auf den verschiedensten Gebieten, die darüber hinaus in einer sehr komplexen Weise von-einander abhängen. Die Fragestellungen gehen dabei über technische Entwicklungen hinaus und müssen rechtliche, wirtschaftliche und ethische Themen einschließen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Nutzung der Geräte ist es, Vertrauen zu schaffen durch Privatsphärenschutz, gleichzeitig aber ein Identitätsmanagement zu etablieren, das kontextabhängig so verlässlich funktioniert, dass z.B. auch Bezahlfunktionen sicher abgewickelt werden können.

Für die Entwicklungsstufe 2025 wird ein automatisiertes „Privacy Friendly Identity Management“ vorausgesetzt, also ein Identitätsmanagement, das einen umfassenden Privatsphärenschutz liefert, gleichzeitig aber

die erforderlichen Nutzereingriffe auf ein Minimum reduziert. Ziel ist ein Identitätsmanagement mit „single sign on“, eine „Schlüsselbundapplikation“, die kontextabhängig automatisch gewünschte Transaktionen unterstützt, ohne die Privatsphäre zu gefährden. Vorausgesetzt wird ein Identity Management mit der Verwaltung personenbezogener Daten und der gleichzeitigen Schaffung einer Sicherheit über die Identität von Kommunikationspartner ohne (unnötige) Preisgabe dieser persönlichen Daten. Bislang werden vor allem Identitäten gemanagt, es besteht kein echter Privatsphärenschutz und wenig bzw. gar keine Kontrolle über die Informationsweitergabe durch den Nutzer. Ein kontextabhängiges Trust-Managementsystem sollte automatisch entscheiden, wann und welche Identifikationsdaten weitergeleitet werden müssen. Die Forschung zu diesem Thema soll etwa 2017 zu ersten Prototypen führen.

Bereits heute existieren Prototypen zur Kommunikation bei Transaktionen im Internet, bei denen vermieden wird, personenbezogene Informationen zu erfassen oder diese mit den Transaktionen zu verknüpfen („TOR“). Die hierzu entwickelte Technologie kann für ein „Privacy Friendly Identity Management“ weiterentwickelt werden. Erforderlich sind die Effizienzsteigerung bekannter Protokolle und „light weight“ Protokolle für die mobile Kommunikation.

Prototypen existieren ebenfalls für das Thema „Anonymous Credentials“, wobei diese Credentials, die für bestimmte Transaktionen erforderlich sind, auch nur für die Dauer der Transaktion genutzt bzw. abgefragt werden, ohne weitere Verknüpfungen zu anderen Nutzerdaten herzustellen.

Wesentliche Voraussetzung für die Weiterentwicklung des „Trusted Mobile Computing“ sind Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der kryptographischen Primitiven und hier insbesondere bei Hardware Security Primitiven. Auch für Hardware/Software-Hybridlösungen werden diese Fortschritte benötigt. Heute existieren verschiedene Techniken (SmartCard, ARM TrustZone, TI M-Shield,...), werden aber so gut wie gar nicht genutzt, oder wenn, dann nur für limitierte Zwecke. Die Roadmap geht davon aus, dass 2017 Hardware Security Primi-

tiven entwickelt sind, die voll genutzt werden können, mehr Features haben und besser eingebunden sind (z.B. standardisierte Interfaces). Darauf folgt eine bessere Integration dieser Primitiven in Sicherheitsarchitekturen und eine Effizienzverbesserung. Nach 2019 dann die Integration in „Hardware Trust Anchors“, eine Standardisierung und erste Anwendungen mit der Reife für eine höhere Verbreitung. Es sind effizientere und praktischere Konzepte als heute verfügbar, die teils durch Hardware unterstützt werden. Für 2021 sollte diese Lösung verfügbar sein.

Eine mögliche Lösung zur Erzielung der Datensicherheit ist auch die Isolation der Domänen verschiedener Interessenvertreter auf einem Gerät. Diese können sich gegenüber Dritten automatisch identifizieren/authentifizieren, bzw. ihren „Sicherheitsstatus“ mitteilen. Heute ist dies im wesentlichen ein Forschungsthema, aber erste Konzepte wurden in Produkte transferiert.

Grundlegende Privatsphärenmodelle mit automatischem Privatsphärenmanagement und mit Credentials für eine anonyme Kommunikation sollten nach Abschluss der Forschung als erste Prototypen ca. 2020 vorliegen und dann gemeinsam mit der Entwicklung der Hardware Trust Anchors ein kontextadaptives privatsphärefreundliches Trust-Management-System ermöglichen, das in etwa 2021 funktionsfähig sein kann. Die Erwartung ist, dass zu diesem Zeitpunkt noch nicht die volle Leistungsfähigkeit erreicht ist, bzw. Einschränkungen bestehen. Pilotanwendungen werden etabliert sein, jedoch wird eine Weiterentwicklung zu intuitiver Bedienung ohne trade-offs und ohne „Bvormundung“ durch das System wohl erst nach 2021 erfolgen. Ein Forschungsgebiet, auf dem Fortschritte unabdingbar sind, ist dabei auch die Weiterentwicklung von Entscheidungssystemen.

### **Netze: Smart Distributed Multimedia Systems**

Erheblicher Forschungsbedarf besteht auch im Bereich der Netze. Die hohen Datenmengen und Datenraten, die z.B. für 3D-Anwendungen wie Augmented Reality zu übertragen sind, sind mit der herkömmlichen Technologie nicht zu leisten und insbesondere dann nicht, wenn viele Nutzer parallel auf gleiche oder unterschiedliche Daten zugreifen.

Ein Lösungsansatz für diese Problematik können „Smart Micro Clouds“ sein, die durch eine mobile Peer-to-Peer-Kommunikation den Datenstrom im übergeordneten Netz reduzieren können. Spontane selbst-organisierende Ad-Hoc-Netze stellen Verbindungen zwischen Endgeräten her ohne zusätzliche Infrastrukturkomponenten. Obwohl grundsätzlich verfügbar, sind solche Lösungen heute selten genutzt aufgrund fehlender Integration/Konfigurationsmöglichkeiten durch Software/Apps. Erforderlich ist die Einführung einer Abstraktionsschicht, so dass Software-basierte Rechen-Ressourcen unabhängig von der darunterliegenden physikalischen Hardware betrieben und aggregiert werden können. In der Forschung werden heute erste Simulationsmodelle für solche mobile Peer-to-Peer-Netze entwickelt. Es gibt mehrere Messstudien zum Verhalten der Nutzer hinsichtlich Bewegung, Anfrageverhalten und Eigenschaften der angefragten Inhalte. Modelle werden anhand dieser Messungen generiert und es gibt kleine bis mittlere Feldtests (Anzahl Smartphones < 100). Abschluss der Forschung mit ersten Prototypen ist für ca. 2014 zu erwarten. Erforderlich ist eine Middleware zwischen Netz und Anwendungen zur Bearbeitung von Routinganfragen und der Suche nach Datenobjekten. Anwendungen sind Location based Services, die Verteilung von Inhalten und Participatory Sensing.

Voraussetzung für die breitere Anwendung sind Peer-to-Peer-enabled Transceiver, ein Kommunikationsinterface für die drahtlose Kommunikation in mobilen P2P-Netzen, das auf die Bedürfnisse und Anforderungen dieser Netze zugeschnitten ist. Es ermöglicht direktes Senden und Empfangen von Daten benachbarter Peers, die Einstellung der Sendeleistung entsprechend der Anforderungen und die Wahl der Modulationsverfahren entsprechend der Anforderungen. Dies geht in die Richtung der Forschung von Software-defined Radio. Es existieren bereits erste prototypische Kommunikationsinterfaces, um die Kommunikation über ein drahtloses Medium detailliert zu untersuchen und konfigurieren (z.B. WARP-Knoten aus Berkeley). Diese sind allerdings noch sehr teuer. Nach Abschluss der Forschung werden erste Prototypen ca. 2017 verfügbar sein, wohl aber noch mit eingeschränktem Leistungsumfang. Die dabei erarbeiteten Ergebnisse in Bezug auf Technologien, Protokolle und Algorithmen werden auch für „Verteilte Multimedia-Systeme“ benötigt und sind die Grundlage für den reaktiven Austausch von Kommunikationsmechanismen.

---

Hierbei handelt es sich um den automatischen Austausch von Kommunikationsmechanismen innerhalb einer Kommunikationsschicht als Reaktion auf Veränderungen im Netz, z.B. Wechsel von Client/Server zu Peer-to-Peer. Forschungsprototypen sollten ebenfalls 2017 verfügbar sein.

Dieser Zwischenschritt (2017) ermöglicht die Mobile Device Clouds, bei denen Dienste/Ressourcen dynamisch auf Anfrage (on-demand) anderen Nutzern mobiler Endgeräte zur Verfügung gestellt werden können. Möglich wird ein dynamisches Deployment von Diensten auf mobilen Endgeräten und die dynamische Mitbenutzung von Rechenressourcen auf (fremden) mobilen Endgeräten. Bei diesem „Mobile Resource Sharing“ werden Dienste/Ressourcen/Inhalte von mobilen Endgeräten aus bereitgestellt und können von anderen mobilen Endgeräten (in der Umgebung) verwendet werden. Damit sind mobile Endgeräte sowohl Clients als auch Server. Erste Prototypen, die einen Austausch von Dateien in speziellen Umgebungen erlauben, sind in der Forschung verfügbar. Auch dies ist eine „Enabling Technology“ für die „Smart Micro Clouds“.

In der Folge wird dann ein prädiktiver Austausch von Kommunikationsmechanismen Forschungsgegenstand sein: der gleichzeitige und verteilte Austausch von Kommunikationsmechanismen in unterschiedlichen Kommunikationsschichten. Die Anpassung an das Netz erfolgt nicht nur reaktiv, sondern auch mittels Vorhersagen für zukünftige Netzänderungen. Diese Entwicklung ist Voraussetzung für „Smart Distributed Media Systems“ im Jahre 2025 und zusammen mit dem „Smart All Media Protokoll“ (2021) auch die Grundlage für den proaktiven Austausch von Kommunikationsmechanismen.

Dieser proaktive Austausch von Kommunikationsmechanismen ermöglicht einen stetigen Übergang zwischen Kommunikationsmechanismen in verschiedenen Kommunikationsschichten, sowie die Anpassung der Umgebung an Veränderungen im Netz. Die Umsetzung erfordert Techniken aus einem Smart All-Media Protokoll und aus kontextadaptiven intelli-

genten Sensoren. Erste Forschungsprototypen werden für Ende 2025 erwartet.

### **Visuelle Interaktion / Bildverarbeitung: Simulierte Mixed Reality**

Wesentliche Forschungsschwerpunkte liegen auf dem Gebiet der Bildverarbeitung. Mit dem Entwicklungsstand 2025 erwarten wir eine Simulierte Mixed Reality, die über die reine Bilderkennung und Bildverarbeitung hinaus auch ein computerbasiertes Verständnis für die Inhalte voraussetzt.

Eine bildbasierte 3D-Analyse ist bereits heute möglich durch Syntheseverfahren und Rekonstruktion. Erste Ansätze zur Registrierung und Verfolgung von Bildinformationen sind ebenfalls erarbeitet. Der nächste Schritt (2015) ist die servicegestützte Echtzeitrekonstruktion auf mobilen Endgeräten. Die Rekonstruktion von 3D-Bildern erfolgt nicht auf dem mobilen Endgerät selbst, sondern über Cloud-Dienste; die Bilddaten werden über das Netz übertragen.

Eine on-the-fly 3D-Rekonstruktion auf mobilen Endgeräten sollte 2017 verfügbar sein. Hier erfolgt die Rekonstruktion von 3D-Bildern direkt auf dem mobilen Endgerät.

Es werden viele unterschiedliche Quellen und Daten zur Rekonstruktion von Bilddaten verwendet, u.a. ein automatisches Crowd-Sourcing von Bildinformationen. Für das Verstehen von Bildern sind selbstlernende Erkennungs- und Verfolgungstechnologien erforderlich. Hier fließen auch Forschungsergebnisse aus dem Technologiefeld „Registrierung und Verfolgung in unbekanntem Umgebungen“ ein mit den dort erarbeiteten Teiltechnologien und Algorithmen. Abschluss der Forschung und erste Prototypen ca. 2018.

2020 sollte es möglich sein, Bildinformationen auf Basis semantischer Informationen automatisch zu kalibrieren und zu registrieren. Zusammen mit den Forschungsergebnissen zur Registrierung und Verfolgung in unbekanntem Umgebungen kann hieraus eine adaptive Registrierung in unbekanntem weitläufigen Umgebungen entwickelt werden (2022), die dann zu einer simulierten Mixed Reality weiterentwickelt wird.

Arbeitsschritt					
	Kick-off	Technologieanalyse	Umfeld-Analyse	Szenario Roadmap	Konsequenzen
<b>Projektteam</b>					
Communications	S	R/C	R	S	
Documents	S	R/C	R	S	
Security	S	R/C	R	S	
Economy	S	I/I	R	I	
<b>Fachexperten</b>					
Mobile Netzwerkarchitekturen	I	S/R	S*	R/S**	
HMI, Mensch/ Endgerät-Interaktion	I	S/R	S*	R/S**	
IT Sicherheit (mobil): Authentifizierung/ Datenübertragung	I	S/R	S*	R/S**	
Sensorik und Sensordatenfusion	I	S/R	S*	R/S**	
Mobile Anwendungen im Geschäfts- und Privatbereich	I	-	S/R	-	
<b>Leiter der Fachbereiche (Säulen)</b>	R	I	I	I	R

R      responsible  
 S      supportive  
 I      information  
 S\*     fallweise, nicht dauerhaft  
 S\*\*    Bewertung der bis dahin erarbeiteten Ergebnisse durch „zusätzliche“ Experten  
 soweit doppelt belegt: Workshop/ Arbeitsphase

Abb. 6: Arbeitsschritte im Projekt

## 8. Prozessablauf, Workshops und Teilnehmer

Nach verschiedenen Vorgesprächen im Rahmen des Forschungsclusters Future Internet wurde im Dezember 2011 durch Sprecherkreis und Plenum beschlossen, das Roadmapping-Projekt durchzuführen.

Als Ausgangspunkt wurden mit den Verantwortlichen der „Säulen“, den Professoren Steinmetz, Buchmann, Fellner und Mühlhäuser verschiedene Festlegungen getroffen, die dann als Basis für das eigentliche Kick-off-Meeting im Januar 2012 dienen konnten:

- Endgültige Themenfestlegung und Zielsetzung des Projekts
- Diskussion der Interessen bzw. Anforderungen der einzelnen Säulen
- Festlegung des Betrachtungszeitraums
- Festlegung der Betrachtungstiefe im Rahmen eines Pilotprojektes
- Skizzierung der Vorgehensweise
- Erste Überlegungen zur Festlegung der Projektteilnehmer (Kernteam, Projektteam) und der Verantwortlichkeiten
- (Vor-)Abstimmung/Terminierung des Arbeits- und Zeitplans

Im Januar 2012 begann dann mit dem Kick-off-Meeting die eigentliche Projektarbeit mit der Darstellung der Vorgehensweise und der Erwartungen, bzw. Verantwortlichkeiten für die Projektteilnehmer:

### TU-Darmstadt

- Prof. Johannes Buchmann
- Prof. Dieter Fellner
- Prof. Ralf Steinmetz
- Prof. Max Mühlhäuser
- Dr. Doreen Böhnstedt
- Tobias Draisbach
- Holger Graf
- Dr. Wolfgang Johannsen
- Dr. Michael Kreutzer

- Dr. habil. Arjan Kuijper
- Dr. Dirk Schnelle-Walka

### Geschka & Partner

- Dr. Thomas Clausen
- Heiko Hahnenwald

Eine Übersicht der benötigten Ressourcen für die verschiedenen Arbeitsschritte findet sich in Abbildung 6.

An die Mitarbeiter im Projekt werden je nach Rolle verschiedene Anforderungen gestellt.

**Projektteammitglieder** sollten eher Generalisten als ausgesprochene Spezialisten sein, da die breite Erfassung von Themen gegenüber einer sehr tiefen Detailbetrachtung im Vordergrund steht. Wesentlich ist, dass alle Säulen vertreten sind und im Sinne der Kontinuität sollte die Besetzung über den Projektverlauf möglichst erhalten bleiben.

Die Teammitglieder sollten allerdings Experten in ihrem Fachgebiet sein und über ein möglichst breites Wissen verfügen, was den aktuellen Stand der Forschung angeht. Idealerweise sollte dies auch über an ihr Fachgebiet hinaus für angrenzende und verwandte Technologien und Forschungsansätze gelten. Sie sollten einen Überblick über die Forschungslandschaft und Akteure in ihrem Fachgebiet über die TU Darmstadt hinaus haben und auch zu den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und deren möglichen Folgen für Anwendungen in ihrem Fachgebiet eine Vorstellung haben.

Im Projekt selbst werden zudem in mehreren Phasen zusätzlich **fachliche Experten** zu bestimmten Themengebieten (i. d. R. wissenschaftliche Mitarbeiter aus den Säulen des Clusters) eingebunden. Die Experten sollten technologisches Know-how in ihrem Spezialgebiet mitbringen, ggfs. auch breites Wissen über verwandte Technologien.

Vorteilhaft ist in jedem Falle eine Kontinuität der Beteiligten und eine Auswahl von Mitarbeitern, die die Bereitschaft zu „kreativem und zukunftsgerichtetem Denken“ zeigen.

### **Die Arbeitsschritte im Einzelnen:**

Der erste Workshop mit den folgenden Teilnehmern diente der Vertiefung des Themas „New Smartphone“ und der Festlegung von Themenschwerpunkten und relevanter zu untersuchender Technologiefelder als Basis für die Beschreibung der aktuellen Situation.

#### **Kernteam**

- Prof. Max Mühlhäuser
- Dr. Dirk Schnelle-Walka
- (Dr. Thomas Clausen)
- (Heiko Hahnenwald)

#### **Projektteam**

- Dr. Doreen Böhnstedt (Communications)
- Holger Graf (Documents)
- Tobias Draisbach (Economy)
- Stephan Heuser (Security)

#### **Experten**

- Dr. André König (Communications)
- Dr. Andreas Reinhardt (Communications)

Bearbeitete übergreifende Themenfelder waren Netzwerktechnologie, Sensorik, visuell/ haptische Interfaces und der Identitätsnachweis, bezeichnet als „SIM 2.0“.

Als Beispiel sei das Themenfeld visuell/ haptische Interfaces herausgegriffen. Es umfasst u.a.:

- Technologien zur Bilderkennung
- Technologien zur 3D-Rekonstruktion, bzw. Syntheseverfahren
- Multi Devices
- Bewegungserkennung/-Rekonstruktion
- Haptische und Brain Interfaces
- Sprachsteuerung

Das Themenfeld beschäftigt sich mit Aspekten der Präsentation und Eingabe von Informationen/Daten über die heutige zweidimensionale Darstellung und Multitouch-Bedienung hinaus. Es wird angenommen, dass die Ausgabe in 3D bis 2025 zum Standard gehört.

Für die zukünftige Präsentation von Informationen spielt das Thema der variablen Displaygrößen eine erhebliche Rolle. Von besonderem Interesse ist dabei die Nutzung unterschiedlicher Präsentationsdisplays im persönlichen

Umfeld mit einem mobilen Endgerät (Multi-Device); wobei auch Sicherheitsaspekte und Schnittstellen zum Themenfeld Netzwerkarchitektur existieren.

Darüber hinaus ist für zukünftige Anwendungen vor allem der Bereich Visuelle Inferenz; also die Wirkungskette erkennen, verstehen und interpretieren z.B. von Bildinformationen von besonderem Interesse. In diesem Zusammenhang sind auch Themen wie 3D Rekonstruktion (Bilder und Szenen), Rekonstruktion physikalischer Phänomene und bildbasierte Analysen/Syntheseverfahren zur Rekonstruktion von Objekten in unbekanntem Umgebungen (ohne Modellinformationen) zu verstehen. Die Modellierung digitaler Bibliotheken zur Bereitstellung von z.B. Bildinformationen für Anwendungen mobiler Endgeräte wird im Rahmen der Roadmap nur als Einflussfaktor betrachtet, bzw. es werden ggf. Anforderungen daran abgeleitet; sie ist jedoch nicht direkter Gegenstand der Untersuchung.

Hinsichtlich der Eingabe soll hier vor allem der Bereich der Natural Human Interaction genannt werden; z.B. die Gestensteuerung, aber auch die Sprachsteuerung; in wie fern haptische und Brain-Interfaces im Betrachtungszeitraum eine Rolle spielen, muss noch geklärt werden.

Diese verschiedenen Aspekte des Technologieumfeldes wurden anschließend von den Experten vertieft dargestellt, zum Teil auch durch Interviews von Geschka & Partner weiter ausgearbeitet.

In der Folge wurde dann ein zweiter Workshop durchgeführt, um die Umfeldfaktoren festzulegen. Mit den Teilnehmern

#### **TU-Darmstadt**

- Dr. Doreen Böhnstedt
- Dr. Dirk Schnelle-Walka
- Tobias Draisbach
- Dr. André König
- Holger Graf
- Stephan Heuser
- Sven Bugiel

#### **Geschka & Partner**

- Dr. Thomas Clausen

wurden die folgenden wesentlichen Einflussfaktoren und Deskriptoren für das Thema „Mobiles Endgerät der Zukunft“ identifiziert:

### Angebot von Inhalten

- Entwicklung von Location Based Services (Augmented Reality Angebote)
- Entwicklung von Social Networking/Social Games
- Angebot/Nachfrage nach Multimedialen Inhalten (z.B. Video, Mobile TV, Individualisierung von Medieninhalten)
- Angebot/Nachfrage nach Mobile Payment-Lösungen
- Entwicklung von Cloud Computing

### Technologieumfeld

- Energieeffizienz der Endgeräte
- Entwicklung der Akkuleistung
- Entwicklung der Prozessorleistung
- Entwicklung der Netzinfrastruktur
- Leistungsfähigkeit von Brain Interfaces

### Recht und Politik

- Forschungsförderung in der IuK-Technologie
- Datenschutzregelungen
- Nutzungseinschränkungen

### Gesellschaft/Nutzer

- Sicherheitsbedürfnis im Umgang mit IuK-Technologie
- Affinität zu Technologie/Akzeptanz von Technologie (Anforderungen an die Nutzenstiftung, Bedienbarkeit)
- Akzeptanz von Sensoren in mobilen Endgeräten
- „Mobile Arbeitsplätze“
- Komplexitätsreduktion

### Anbieter (Gerätehersteller)

- Standardisierungsmaßnahmen innerhalb der Gerätefamilien der Hersteller (Interoperabilität)
- Standardisierungsmaßnahmen zwischen den Herstellern (Wettbewerb: Kooperativ/Kompetitiv)
- Veränderung der Geschäftsmodelle/Angebotsmodelle der Hersteller (z.B. Service statt Produkt, etc.)

Die verschiedenen Deskriptoren wurden dann in einem zweiten Workshop vertieft, anschlie-

ßend von den Experten vervollständigt und in zusätzlichen Interviews weiter ergänzt.

### Teilnehmer:

- TU Darmstadt
- Dr. Dirk Schnelle Walka
- Dr. Doreen Böhnstedt
- Wolfgang Johannsen
- Dr. André König
- Holger Graf
- Tobias Draibach

### Geschka & Partner

- Dr. Thomas Clausen
- Heiko Hahnenwald

Die Erarbeitung des **Szenarios** erfolgte dann auf Basis einer Wirkungs- und Konsistenzmatrix aus den kombinierten Deskriptoren.

Die Auswertung ergab insgesamt 19 Szenarien; die sich in ihrer Stimmigkeit (Konsistenz) bzw. bezüglich der gewählten Projektionen teilweise deutlich unterschieden. Aus diesen Möglichkeiten wurde das insgesamt konsistenteste Szenario ausgewählt. Die Analyse der Konsistenzmatrix ergab zudem, dass sich mehrere Faktoren stets gleichmäßig verhielten (d.h. dass deren Konsistenzsicherungen gleiche Muster aufwiesen). Aus diesem Grund wurde eine weitere Berechnung durchgeführt und daraus ein zweites Szenario entwickelt.

Dieses zweite Szenario unter dem Titel „der Dschungel der Endgeräte“ ist jedoch sehr viel weniger anspruchsvoll. Technische Möglichkeiten und wahrgenommene Angebote differieren deutlich. Vielfach verbleiben Endgeräte in Ihren Nischenanwendungen, bzw. es kommen weitere Varianten bestehender Geräte auf den Markt, wie z.B. Smartphones mit neuen Displays, kleinere Tablets oder andere Entwicklungen, die die Nachteile heutiger Geräte auszugleichen versuchen. Aus diesem Grunde wurde mit dem in Abschnitt 5 beschriebenen Szenario weitergearbeitet.

In einem weiteren Workshop wurde nun mit den Teilnehmern

### TU Darmstadt

- Dr. Dirk Schnelle Walka
- Prof. Max Mühlhäuser (nur am 1. Workshoptag vormittags)

- Prof. Ralf Steinmetz (nur am 2. Workshop-tag vormittags)
- Dr. Doreen Böhnstedt
- Dr. Sonja Bergsträsser
- Holger Graf
- Sven Bugiel
- Tobias Draibach

#### **Geschka & Partner**

- Dr. Thomas Clausen
- Heiko Hahnenwald

die Vision eines mobilen Endgerätes, des „NewSmartphone“, für 2025 entwickelt und daraus abgeleitet, welche Technologieentwicklungen auf den verschiedenen Gebieten erforderlich sind, um die Vision zu verwirklichen.

Die Ergebnisse dieses Workshops wurden dann in elektronischer Form aufbereitet und die Ergebnisse der einzelnen Stränge durch das Projektteam und weitere Know-how-Träger in den Forschungsbereichen (Säulen) validiert.

Bei der abschließenden Vorstellung im Sprecherkreis mit den Teilnehmern

#### **TU Darmstadt**

- Prof. Max Mühlhäuser
- Prof. Ralf Steinmetz
- Dr. Doreen Böhnstedt
- Wolfgang Johannsen
- Prof. Dieter Fellner
- Prof. Johannes Buchmann

#### **Geschka & Partner**

- Dr. Thomas Clausen
- Heiko Hahnenwald

wurde dann vereinbart, dass die Ableitung, bzw. die Konkretisierung von Forschungsfeldern und -Projekten innerhalb der Fachgebiete erfolgt, da die abzuleitenden Folgerungen sehr fachgebietsspezifisch sind und daher ein übergreifender Workshop wenig sinnvoll erscheint.

Am Ende des Prozesses sollten allerdings die Planungen der Fachgebiete noch einmal miteinander ausgetauscht und ggfs. koordiniert werden, um die möglichen Synergien innerhalb des Forschungsclusters nicht zu verlieren.

## **9. Fazit**

Mit der vorliegenden Roadmap wird gezeigt, dass diese Methode auch im universitären Bereich geeignet ist, die Ableitung von Forschungsprojekten zu unterstützen. Von besonderem Vorteil ist auch hier die Gesamtsicht auf ein Thema unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussfaktoren in einem Zukunftsbild. Speziell übergreifende Forschungsprojekte über Fachgebiete hinaus können durch die jeweiligen Experten innerhalb der „Säulen“ besser im Gesamtkontext positioniert werden. Darüber hinaus wird schon durch den Roadmapping-Prozess die Zusammenarbeit im Cluster gestärkt und ein tieferes Verständnis für die Arbeiten des Nachbarbereichs entwickelt.

Die nun vorliegende Roadmap war bewusst als Pilotprojekt mit eingeschränkten Ressourcen geplant, um Erfahrungen mit dem Prozess als solchem zu sammeln und die Tauglichkeit

zu evaluieren. Aufgrund des eingeschränkten Untersuchungsrahmens konnten mit Sicherheit nicht alle Fragen zum Themenkreis ‚New-Smartphone‘ mit Relevanz für das Cluster ‚Future Internet‘ beantwortet werden. So ist es beispielsweise dem Pilotcharakter geschuldet, dass nicht alle Entwicklungslinien der Roadmap in der gleichen Tiefe bzw. dem gleichen Detaillierungsgrad beschrieben sind. Ein Roadmapping im vollen Umfang müsste solche Bereiche aufgreifen und ergänzen.

Für eine Roadmap mit breiterem Umfang wären auch die Einflussfaktoren noch einmal zu überprüfen und ggfs. auch zu ergänzen. So wurde z.B. ganz bewusst die Entwicklung verschiedener Technologiefaktoren in der vorliegenden Studie als „gegeben“ angesehen (Prozessoren, Akkus, Energieverbrauch, verschiedene Netzentwicklungen); hier wurde auf die Erfahrung

---

der beteiligten Forscher – i.a. in anderen Bereichen spezialisiert – und auf eine grobe Analyse sehr breit zusammenfassender Literatur gegründet. In einer umfassenden Studie müsste zu Beginn – nach Definition des Themas – eine sehr sorgfältige Festlegung der zu betrachtenden Einflussfaktoren erfolgen.

Die Bearbeitung der verschiedenen Fragestellungen während des Pilotprojektes und auch die Diskussionen im Sprecherkreis und dem Plenum des Forschungsclusters haben gezeigt, dass auch das breite an der TU Darmstadt vorhandene Know-how aufgrund der begrenzten Ressourcen nicht vollständig genutzt und einbezogen werden konnte.

Trotz dieser Ressourcen-bedingten Einschränkungen ist das Projekt als Erfolg zu werten. Das gilt in doppelter Hinsicht:

- Was das Vorgehen ‚Roadmapping‘ zur Technologieprognose und genauer zur Vorbereitung von Verbundvorhaben, zur Errichtung einer Forschungsstrategie und zur Zusammenführung von thematisch verwandter, aber relativ ‚Silo-artig‘ etablierter Forschungsbereiche angeht, so können die Beteiligten demselben einen

sehr hohen Wert beimessen – höher als bei bislang etabliertem Vorgehen ohne eine solche prozessuale Struktur

- Auch die Ergebnisse, die das konkrete Themenfeld ‚Das Mobilgerät der Zukunft‘ (NewSmartphone) angehen, taugen trotz der genannten – Ressourcen-bedingten – Einschränkungen bereits für weitergehende Schritte, konkret für die Ausgestaltung von Verbundvorhaben in der Forschung.

Für die Weiterführung des Konzeptes scheint es in jedem Fall empfehlenswert, weiterhin abgegrenzte Themenstellungen aus dem großen Forschungsfeld ‚Future Internet‘ herauszugreifen – ähnlich dem Umfang des Themas ‚NewSmartphone‘. Es wäre sogar überlegenswert, ein solches Thema zunächst einer Art Sub-Roadmapping in jedem Forschungsbereich zuzuführen (hier: Sicherheit, Netze, 3D-Dokumente, ggf. Ökonomie des Future Internet) und danach in einem separaten Schritt die Ergebnisse in einer größeren Roadmap zu verflechten – allerdings möglicherweise auch mit Zusatzaufwand, wenn zusätzliche Abhängigkeiten oder Optionen eine weitere Iteration der Sub-Roadmappings erfordern.

