

## Aktuelles Thema: Wireless DSL

Christian.Wietfeld@Uni-Dortmund.De

*Das Material wurde für Lehrzwecke aufbereitet, um Hintergrundwissen zu einem aktuell in der Presse diskutierten Thema zu liefern.*

### Übersicht:

- Wie funktioniert DSL?
- Notwendige Erweiterung der Kupferkabel-Infrastruktur
- DSL Marktdaten
- Potential und Grenzen der Datenübertragung mit Kupferkabeln
- Warum werden bzw. wurden Glasfaserkabel eingeführt?
- Warum ist DSL für Glasfasertechnik nicht verfügbar?
- Ist WLAN als DSL-Alternative einsetzbar?
- Was ist WiMAX?
- WiMAX: Kurzfristige Perspektive
- WiMAX: Mittelfristige Perspektive
- Wireless DSL Projekt in Selm

## Wie funktioniert DSL? (1)

### Grundlagen:

- Ende der achtziger Jahre, USA: **Übertragungskapazität der vorhandenen Kupferkabel** verbessern
- Der Ansatz der **Digital Subscriber Line (DSL)** ist vergleichbar mit dem eines Radiosenders und -empfängers:
  - **Verschiedene Programme zur gleichen Zeit auf unterschiedlichen Frequenzkanälen** übertragen
  - Frequenz-Multiplex-Übertragung.
- Bei DSL wird das herkömmliche Kupferkabel des Teilnehmeranschlusses nun dazu genutzt, Daten **in bisher ungenutzten Frequenzbereichen** zu übertragen:
  - im **niedrigen Frequenzbereich bis 40 kHz** werden die bekannten analogen Telefondienste übertragen
  - im der **höhere Frequenzbereich oberhalb 40 kHz bis zu 1,1 MHz** wird die digitale Internetverbindung mit Datenraten bis zu 8 Mbit/s ermöglicht.
  - beim Parallelbetrieb mit ISDN findet die Abtrennung bei 130 kHz statt.

## Wie funktioniert DSL? (2)

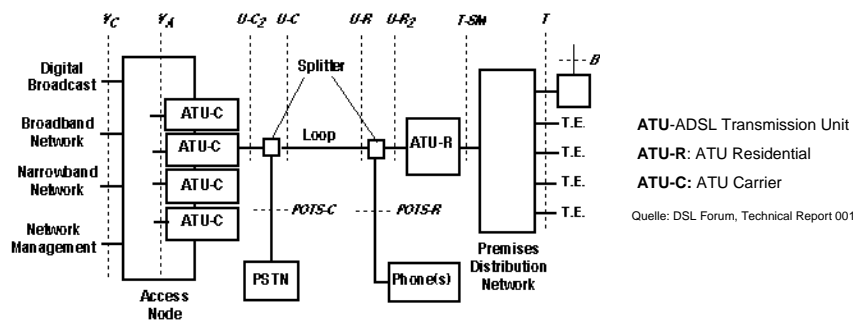
### Grundlagen (Fortsetzung):

- **Datenraten für den Teilnehmeranschluß bis zu mehreren Mbit/s, mehr als 10-mal so schnell wie ISDN:**
  - Nutzung eines größeren Frequenzbereichs
  - Verwendung von weiterentwickelter digitaler Kodierung.
- **Die Übertragungen in unterschiedlichen Frequenzbereiche stören sich nicht:** paralleles „Surfen“ und Telefonieren möglich.
- **ADSL:** da man bei der Nutzung des Internets durch Web-Browsing in der Regel deutlich mehr Daten aus dem Internet (Downlink) überträgt als umgekehrt (Uplink), wurde zur Reduzierung von Störungen das sogenannte **Asymmetrische DSL** eingeführt:
  - **im Downlink höhere Datenrate** (1,5 bis 8 Mbit/s)
  - **im Uplink geringere Datenrate** (125 bis ca. 750 kbit/s).

Anmerkung: ADSL ist die technisch korrekte Bezeichnung des eingesetzten Verfahrens.  
T-DSL ist eine Markenbezeichnung der Deutschen Telekom.

### Notwendige Erweiterung der Netzinfrastruktur

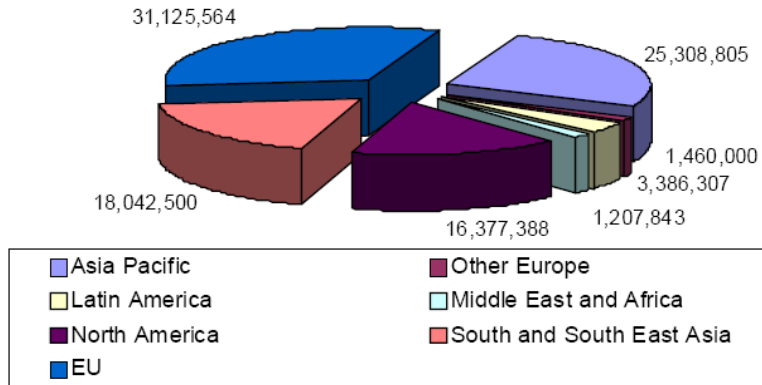
- Spezielle **Sende- und Empfangs-einrichtungen (ASDL Transmission Unit – ATU)** beim Netzbetreiber wie im Haushalt des Kunden: das sog. **DSL „Modem“**
- **Splitter:** physikalische Trennung des Telefonie- und ADSL-Dienstes.



- Da sich DSL weltweit zu einem **Massenmarkt mit inzwischen über 100 Millionen Teilnehmer** entwickelt hat, sind die Komponenten zu günstigen Preisen verfügbar.

## DSL-Marktdaten: ~100 Millionen Teilnehmeranschlüsse

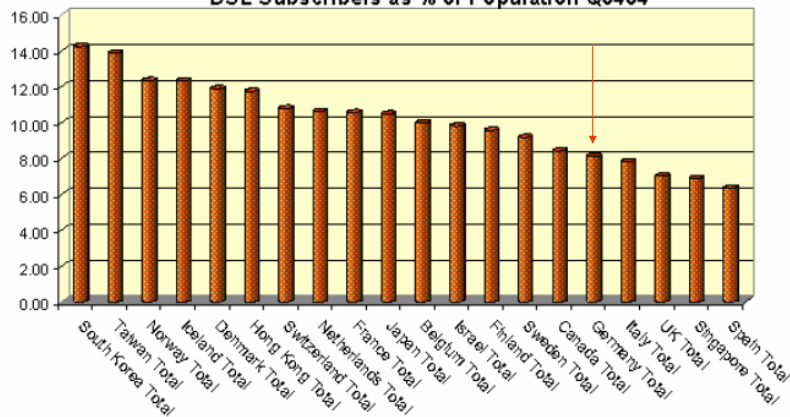
Regional Breakdown of DSL Subscribers Q0404



Quelle: DSL-Forum

## DSL-Penetration

Top 20 Countries :  
DSL Subscribers as % of Population Q0404



Quelle: DSL-Forum

## Potential und Grenzen von DSL auf der Basis von Kupferleitungen

- ADSL-Lösungen nutzen ein **verdrilltes Kupferkabel**.
- Das Kupferkabel wird bei ADSL für Übertragungen in einem Frequenzband bis zu 1,1 MHz genutzt.
- Die **analoge Telefonie** nutzt ein Frequenzband von nur **4kHz Bandbreite**.
- ISDN nutzt in D den Frequenzbereich **bis zu 120 kHz**.
- DSL nutzt:
  - bis zu 32 Kanäle zu je 4 KHz im Uplink,
  - bis zu 192 Kanäle im Downlink.
- Abhängig von der eingesetzten Kodierung der Signale und der Länge des Kabels werden unterschiedlich hohe, max. Datenraten erreicht:
  - **Downlink: 1,5 bis 8 Mbit/s**
  - **Uplink 128 bis 768 kbit/s**
- Läßt sich die Kapazität weiter steigern? **Ja, aber nicht unbegrenzt!**
  - Heute liegt die max. erreichbare Datenrate in der Praxis bei 52 Mbit/s.
  - VDSL – Very High Data Rate Digital Subscriber Line: Hybrid-Lösung mit Glasfaser/Kupfertechnik.

## Warum wird die Glasfasertechnik eingeführt?

- **Glasfaserkabel:**
  - **vielfach größere Datenübertragungsrate**
  - **geringere Dämpfung**
  - **weniger störempfindlich** gegenüber elektromagnetischen Störungen.
- **Funktionsweise von Lichtwellenleitern:**
  - Optische Übertragung durch Lichtwellenleiter bei sehr hohen Frequenzen bzw. kurzen Wellenlängen statt (Infrarot = 850 nm).
  - Da ein Kommunikationskanal eine gewisse Frequenzbreite benötigt, kann man bei diesen höheren Frequenzen mehr und breitere Kanäle bereitstellen (vgl. Kupferkabel bei 1,1 MHz vs. Glasfaser im Terahertz-Bereich)
  - Erreichbare Datenraten von mehreren 1000 Gbit/s.
- **Grundprinzip des Frequenz-Multiplexings wird auch bei Glasfaserkabeln angewendet** (WDM – Wavelength Division Multiplexing):
  - Parallele Kanäle -> unterschiedliche Übertragungsfarben
- **Für Weitverkehrstrecken sind Glasfaserkabel attraktive Lösung und auch sehr wirtschaftlich** zu betreiben: mehrere tausend parallele Telefongespräche möglich.
- Umso weiter sich das Kommunikationsnetz zum einzelnen Teilnehmer hin verzweigt, umso weniger wird die tatsächlich verfügbare Kapazität der Glasfaserkabel heute ausgenutzt. Ein Grund: **Verkabelung in den Haushalten besteht weiterhin aus Kupferkabel** (Fiber to the curb (FTTC): Glasfaserverkabelung bis zur Bordsteinkante).

## Warum ist der DSL-Dienst für Glasfasertechnik nicht verfügbar?

- **Technisch ist vergleichbarer bzw. schnellerer Dienst auch in Gebieten mit Glasfaserverkabelung möglich**
- Weltweit laufen **Pilotprojekte** mit DSL-ähnlichen Diensten auf der Basis von Glasfaserverkabelung (z.B. in Milton Keynes/England).
- **Problem ist die wirtschaftliche Einführung für existierende Glasfasernetze:**
  - **Verkabelung selbst eine sehr hohe Kapazität**, Vermittlungstechnik in den 90er Jahren **ausgelegt nur für ISDN-Telefonie**
  - **Aufrüstung beim Netzbetreiber wie auch beim Endkunden notwendig.**
  - **Aufrüstungskomponenten sind aufgrund der geringeren Herstellungsmenge deutlich teurer als für DSL über Kupferkabel.**
  - Die Unterschiede beim Investitionsbedarf sind so groß, daß sogar teilweise **nicht mehr genutzte Kupferkabel wieder aktiviert** wurden oder **Kupferkabel wieder neu verlegt** wurden, um so DSL zu ermöglichen.
- Die Kosten pro Anschluß für die Aufrüstung sinken mit der zunehmenden Menge der Interessenten. Angesichts des DSL-Booms ist zu erwarten, dass **auch die Aufrüstung von Glasfaserkabeltechnik zunehmend wirtschaftlich** wird.

## Ist WLAN als DSL Alternative einsetzbar?

- WLAN: weit verbreitete **Drahtlos-Technik zur Realisierung von lokalen Netzen** (IEEE 802.11b und 802.11g, 2,4 GHz).
  - Standardkomponente in Notebooks
  - Für Unternehmensinterne Vernetzung, im privaten Bereich wie auch im öffentlichen Bereich durch sog. Hotspots
- Die Datenrate pro Teilnehmer liegt bei bis zu 54 MBit/s (802.11g) und die max. Reichweite bei 300 m (allerdings dann bei deutlich verringerten Datenraten). **In der Praxis sind wenige 10 m Reichweite typisch.**
- **Architektur des Zugangsnetzes:**
  - Infrastrukturseitig: **WLAN Zugangspunkte (Access Points) für den Teilnehmerzugang**
  - Aufgrund der zu geringen Reichweite WLAN **nur bedingt für flächendeckende Vernetzung zwischen Access Points**
  - Denn: die Daten mehrerer Teilnehmer müssen gebündelt über größere Entfernungen übertragen werden.
  - Daher: Nutzung einer Festnetzinfrastuktur
  - Oder: Kombination mit drahtlosen Übertragungssysteme, die weitere Entfernungen mit höheren Datenraten überbrücken können.
  - Während **proprietäre Lösungen für die Vernetzung der Access Points** seit längerem verfügbar sind, verspricht WiMAX nun, auf der Basis einer weltweiten Standardisierung kostengünstige Lösungen zu ermöglichen.

## Was ist WiMAX?

- WiMAX ist Drahtlos-Technik zur **Vernetzung für sog. Wide Area Networks** mit folgenden Vorteilen:
  - **Hohe Datenraten von bis zu 70 Mbit/s** (in unterschiedlichen Frequenzbereichen, typischerweise 3,5 GHz)
  - **Reichweiten bis 30 km**
- WiMAX ermöglicht somit die **großflächige drahtlose Vernetzung** von ganzen Regionen mit hochbitratigen Datendiensten, unabhängig von der existierenden Verkabelung. Anders als bei WLAN ist eine Lizenz für den Betrieb erforderlich.
- WiMAX basiert auf einem in den USA mit weltweiter Beteiligung entwickelten Standard (**IEEE 802.16**). Vergleichbar zur sehr weit verbreiteten WLAN-Technik sind aufgrund der großen Akzeptanz und Unterstützern wie Intel kostengünstige Endgeräte und Netzinfrastrukturkomponenten zu erwarten.
- WiMAX in Kombination mit WLAN ist somit die **technischen Basis für drahtlose DSL-Dienste alternativ zu den über Kupfer-, Koaxial- und auch Glasfasernetzen ermöglichten DSL-Diensten. WiMAX eignet sich besonders zur drahtlosen Vernetzung von WLAN Access Points.**
- WiMAX kann dabei auch die **Internet-basierte Sprachtelefonie** unterstützen, sodaß der WiMAX/WLAN-Zugang technisch einen festnetzgebundenen Telefonieanschluß ersetzen kann.

## WiMAX: Kurzfristige Perspektiven

- **WiMAX/WLAN als drahtlose Alternative für die Realisierung des ADSL-ähnlichen Internetzugangs mit hohen Übertragungsraten an.**
- Eine WiMAX Vernetzung verzichtet dabei **vollständig auf die sehr kostenintensive Erschließung mit in der Erde verlegten Kabeln.**
- Allerdings muß in bezug auf den an einen Haushalt gebundenen Teilnehmerzugang berücksichtigt werden:
  - **Aufrüstung von Glasfaserverkabelung** kann wirtschaftlich werden und damit den Druck für eine alternative Vernetzung in diesen Gebieten verringern.
  - **Lizensierung:** Regulierungsbehörde kann die Nutzung von WiMAX-Frequenzen einschränken oder mit Kosten belegen. Bisher ist jedoch ein „**Licensing Light**“ geplant, welches potentiellen Netzbetreibern einen vereinfachten Zugang zu den Lizenzen ermöglicht.
  - **Historischer Bezug:** Mitte der neunziger Jahre wurde im Zuge der Liberalisierung der Telefonmärkte eine Vernetzung der sog. „Letzten Meile“ mit drahtloser Technik alternativ zu Festnetzanschlüssen von vielen neuen Netzbetreibern geplant. Durch eine Festlegung einer **relativ niedrigen Höhe der Miete der festnetzgebundenen Anschlußleitung** durch den Regulator stellten sich die **Drahtlos-Alternativen jedoch für den Sprachtelefoniedienst** nicht mehr als wirtschaftlich dar.

## WiMAX: Mittelfristige Perspektiven

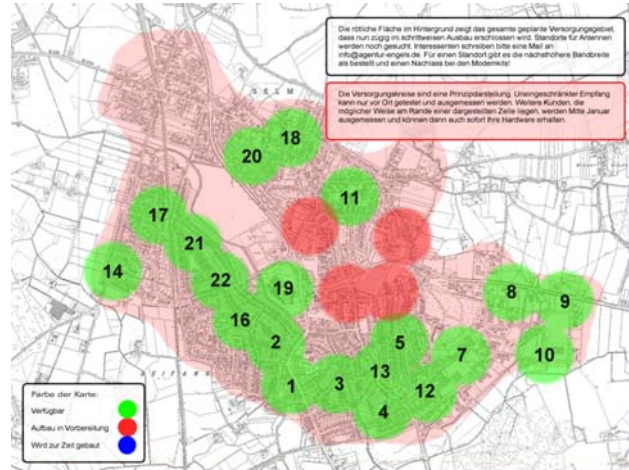
- WiMAX muß zunächst in der Praxis beweisen, daß die Erwartungen in Bezug auf Reichweite und Datenraten eingehalten werden.
- Wenn die Endgeräte für den Endkunden günstig genug geworden sind, ist WiMAX hochinteressant für:
  - Die **ergänzende Versorgung von Mobilfunkkunden mit Internetdiensten als vollständiger Festnetzersatz** -> siehe O2-Homezone-Kunden.
  - **Mittel- und langfristig auch für Gebiete mit Kupfertechnik**, wenn der Bedarf an Bandbreite soweit steigt, dass die Möglichkeiten der Kupferverkabelung ausgeschöpft sind.
- **Zukünftig Mobilitätsunterstützung (IEEE802.16e):**
  - **WiMAX-Netz kann Zellularfunk ergänzen**
  - Steuerung durch Regulator notwendig?
  - Betreiber-übergreifenden **Homogenität der Dienste und der Abrechnung** in hybriden WiMAX/UMTS-Netzen zu lösen (aktuelles Thema der Forschung und Standardisierung).
- Angesichts des großen Erfolges von WLAN und der Unterstützung der Technik durch Halbleiterhersteller wie Intel und Infineon, ist eine erfolgreiche Verbreitung auch von WiMAX wahrscheinlich.

## Wireless DSL-Projekt in Selm

- Interessanter **Praxistest**
- **Aktueller Stand:**
  - im Nahbereich bis hin zum Endkunden kommt die kostengünstige **WLAN-Technik** zum Einsatz.
  - Eine **WiMAX-Vorläufertechnik** wird zur Überbrückung größerer Entfernungen eingesetzt, eine Umstellung auf WiMAX findet zu einem späteren Zeitpunkt statt.
- **Vergleichbare Projekte:**
  - Weltweit werden andere WiMAX-Pilotprojekte gestartet, z.B. Anfang Mai in Seattle.
  - Weitere Wireless DSL Projekte und Initiativen, in denen die Vernetzung zum Endkunden mit konventioneller WLAN Technik durchgeführt wird (die auch Datenraten bis 54 Mbits/s erlaubt) (z.B. Wilhelmshafen)
- **Kosten für den Endkunden:** Zugangspreise von Wireless-DSL liegen aktuell im Bereich klassischer DSL-Festnetzanbieter.
- Die **Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht** ist stark abhängig von der Anzahl der Nutzer. Aktuell (Mai 2005) wird z.B. in Selm keine Flatrate angeboten, da diese in Städten verfügbare Variante nicht wirtschaftlich für den Betreiber ist (siehe Homepage/FAQ des Betreibers).

## Abdeckung Selm

Aktuell (Mitte Mai 2005): 350 Anmeldungen durch Teilnehmer



Quelle: Selmcom, Mai 2005

## Quellen und weiterführende Informationen

### DSL, WLAN und WiMAX Spezifikationen:

- ITU-T G.992.x Recommendations (<http://www.itu.int/ITU-T/publications/recs.html>)
- IEEE 802.11 WLAN Standards (<http://www.ieee802.org/11/>)
- IEEE 802.16 WiMAX Standards (<http://www.ieee802.org/16/>)

### Industrieforen:

- <http://www.dslforum.org/>
- <http://www.wimaxforum.org/home>

### Wireless DSL Projekte:

- <http://www.helinet.de/selmcom.html>
- <http://www.wimax-selm.de/>
- <http://www.w-dsl.de/>