

Musterlösung zur Aufgabe A4.1

- a)** Richtig sind die Antworten 1, 2 und 4. Die Kohärenzzeit ist nicht in die Betrachtungen des 3GPP eingeflossen. Niedriger Energieverbrauch an den Basisstationen ist ausdrücklich falsch, denn es geht um einen niedrigeren Energieverbrauch bei den Endgeräten, wofür sogar ein erhöhter Energieverbrauch an den Basisstationen in Kauf genommen wird.
- b)** Richtig sind die Antworten 2 und 4. Funkmikrofone wurden und werden auch momentan noch mit Frequenzen im Bereich um 800 MHz betrieben, also solchen Frequenzen, die neuerdings für LTE gebraucht werden. Wenn LTE flächendeckend ausgebaut wird, so würde es zu Beeinträchtigungen von leistungsschwächeren Funkmikrofonen kommen. Darüber hinaus ist für die Jahre nach 2015 der Einsatz von Veranstaltungstechnik auf den LTE-Frequenzen verboten. Unter anderem daher gibt es die sog. Duplex-Lücke. Außerdem dient sie als Buffer zwischen Uplink und Downlink.
- c)** Richtig sind die Antworten 2, 4 und 5. CDMA wird bei UMTS eingesetzt, CD-FDMA gibt es nicht. OFDMA kommt im Downlink von LTE zum Einsatz, SC-FDMA im Uplink. Multiantennensysteme (englisch: *Multiple Input Multiple Output*, MIMO) kommen im Mobilfunk häufiger zum Einsatz, nicht nur bei LTE.
- d)** Richtig sind die Antworten 1, 2 und 4. Der höherfrequente 2600 MHz-Bereich ist insbesondere aufgrund von Auflagen der Bundesregierung und wegen der geringeren Reichweite für Großstädte interessant, wohingegen der nur aus gepaarten Frequenzen bestehende 800 MHz-Bereich vorwiegend für ländliche Gebiete genutzt werden wird.

Musterlösung zur Zusatzaufgabe Z4.2

a) Richtig sind die Antworten 1 und 3. Folgende Skizzen sollen folgende MIMO–Methoden erklären:

- Skizze A: Multi–User MIMO,
- Skizze B: Antennendiversität,
- Skizze C: Single–User MIMO,
- Skizze D: Beamforming.

b) Richtig sind die Antworten 1, 4 und 5. Wie im Theorieteil ausführlich beschrieben, erzielt man durch MIMO–Technik verschiedene Diversitätsgewinne. Aus diesen ergeben sich dann ein besseres SNR sowie verbesserte Übertragungsqualität durch robustere Systeme. Interferenzen, egal ob zwischen Zellen oder Symbolen, können durch MIMO dagegen nicht vermindert werden.

c) Richtig sind die Antworten 2, 3 und 5. Diversität kann immer dann ausgenutzt werden, wenn die Übertragungsbedingungen

- an unterschiedlichen Orten \Rightarrow Raumdiversität,
- zu unterschiedlichen Zeiten \Rightarrow Zeitdiversität,
- für unterschiedliche Frequenzen \Rightarrow Frequenzdiversität

nutzbare Unterschiede aufweisen: Die beiden anderen Begriffe sind frei erfunden.

d) Bei der letzten Teilaufgabe richtig sind die Antworten 1, 2, 5 und 6:

- Durch Single–User MIMO werden höhere Datenraten für den einzelnen Nutzer erreicht.
- Durch Multi–User MIMO können mehr gleichzeitige Nutzer versorgt werden.
- Beamforming erhöht die Reichweite der Basisstationen.
- Antennendiversität sorgt für eine robustere Übertragung \Rightarrow verbesserte Servicequalität.

Der Stromverbrauch wird durch MIMO–Technologie in keinem Fall niedriger, er steigt sogar sowohl an den Basisstationen als auch am Endgerät an. Je mehr Antennen versorgt werden müssen, um so höher ist der Stromverbrauch. Aus diesem Grund gibt es momentan für Mobiltelefone noch das Limit von maximal zwei Antennen – die Batterielaufzeit wäre sonst zu kurz. An den Basisstationen fällt der höhere Stromverbrauch natürlich weniger ins Gewicht als bei der Vielzahl von Endgeräten.

Musterlösung zur Aufgabe A4.5

a) Richtig sind die Antworten 3 und 4. LTE-B und LTE2 sind dagegen reine Phantasienamen.

Ultra Mobile Broadband (UMB) stellt einen Konkurrenzentwurf zu LTE dar, wird aber dritten Generation zugerechnet. Es wurde vom **3GPP2** (*Third Generation Partnership Project 2*) spezifiziert, während LTE auf **3GPP** (*Third Generation Partnership Project*) zurückgeht. Das 3GPP2 wurde nahezu zeitgleich mit dem fast namensgleichen 3GPP im Dezember 1998 gegründet, offenbar aufgrund von unüberbrückbaren ideologischen Differenzen. Der Erfolg von UMB erscheint aber – zumindest in Europa – mehr als fraglich, denn schon der Vorgänger **cdma2000**, für den auch die Bezeichnung **W-CDMA** gebräuchlich ist, spielt so gut wie keine Rolle.

WiMAX will zumindest in der mobilen Variante LTE ebenfalls Konkurrenz machen. Laut Eigenauskunft der Entwickler gibt es bereits 583 auf WiMAX basierende Funknetze in 150 Ländern. Obwohl man in Deutschland kaum etwas davon hört, dürfte WiMAX bzw. dessen Nachfolger WiMAX2 der einzige konkurrierende Standard sein, der LTE gefährlich werden könnte.

b) Richtig sind die Antworten 1, 3 und 5. Das verbesserte Handover durch weitere Basisstationen an den Zellenrändern sorgt im Endeffekt für eine verbesserte Servicequalität, da damit Unterbrechungen beim Wechsel zwischen Zellen seltener werden. Das Schaffen von Redundanz wäre durch mehrfache Basisstationen zwar technisch möglich, ist aber nicht geplant.

c) Richtig sind hier die Antworten 2 und 3. Der größte begrenzende Faktor ist, dass sich die Nutzer von Mobilfunksystemen die zur Verfügung stehende Bandbreite generell teilen müssen. Man spricht von einem „Shared Medium“.

Aber auch Abschirmungen durch Wände etc. führen zu einer geringeren Übertragungsgeschwindigkeit. Die Hardware steht hingegen schon heute ausreichend zur Verfügung, um die theoretisch möglichen Übertragungsraten auch zu erreichen. Ältere Geräte werden die volle Geschwindigkeit allerdings nicht leisten können.

d) Richtig sind die Antworten 1 und 4. WiMAX ist in zwei verschiedenen Standards spezifiziert, einem mobilen, der eine hohe Reichweite bei weiterhin vergleichsweise hohen Datenraten bietet, sowie einem stationären, der beispielweise in einem typisch urbanen Szenario eine sechsmal höhere Reichweite als WLAN besitzt und diesem Standard somit Konkurrenz machen will. Die Geschwindigkeit von WiMAX ist hingegen ähnlich wie bei LTE.

Die Antwort 3 ist ausdrücklich falsch: Die Bundesregierung unterstützt LTE, nicht WiMAX.