



UNTERRICHTSMODUL MOBILFUNKNETZE LTE/5G

## MOBILFUNKNETZE LTE/5G

ARBEITSBLATT UND LEHRERINFORMATION

---

### Fachinhalte:

- ▶ **Technologische Neuerungen von 5G im Funkzugangsnetz und im Netz, wie z. B. das sogenannte „Network Slicing“, die logische Einteilung des physikalischen Netzes in anwendungsspezifische Teilnetze**
- ▶ **Typische Anwendungsszenarien und technische Kenngrößen für 5G**
- ▶ **Standardisierung und Datensicherheit**

## MOBILFUNKNETZE LTE/5G

### VORAUSSETZUNGEN

Die Schülerinnen und Schüler sind mit der Internet-Recherche vertraut. Sie haben Praxiserfahrungen mit der mobilen Datenübertragung per Smartphone. Aus der Unterrichtseinheit „Mobile Kommunikation“, die Sie im Vorfeld dieser Unterrichtseinheit durchgeführt haben müssen, sind ihnen die Grundlagen von Funkwellen und Antennen bekannt. Die Besonderheiten der Mobilfunksysteme 2G, 3G, LTE sowie die Dienste und Dienstmerkmale der verschiedenen Mobilfunkgenerationen sind den Schülerinnen und Schülern ein Begriff. Aus der Computertechnik haben die Schülerinnen und Schüler eine Vorstellung von Cloud-Technologien und Virtualisierung.

**GESAMTZEIT: 90 MINUTEN**

### HINWEISE ZUM STUNDENABLAUF

PHASE	INHALT	ZEIT
<b>1. Einstieg und Motivation</b>	Im Klassengespräch diskutieren die Schülerinnen und Schüler das mobile Versenden von Daten z. B. auf Snapchat. Sie berichten von ihren Erfahrungen und formulieren Anforderungen an die neue Generation Mobilfunk.	5 Min.
<b>2. Die Merkmale von 5G</b>	Vor dem Hintergrund ihrer eigenen Erfahrungen mit aktuellen Mobilfunksystemen erschließen sich die Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit durch Textarbeit die Merkmale des 5G-Systems und arbeiten die Unterschiede zu den bekannten Vorgänger-Standards 2G, 3G und LTE heraus.	30 Min.
<b>3. Diskussion der Vor- und Nachteile von 5G</b>	Aus dem Einleitungstext erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit sowohl die Vorteile des 5G-Standards, setzen sich aber auch mit den Nachteilen von 5G aus Sicht des Endnutzers und der Industrie auseinander.	25 Min.
<b>4. Die Bedeutung von 5G für die Anwendungsbeispiele „Produktionsanlagen“ und „automatisiertes Fahren“</b>	Zunächst machen sich die Schülerinnen und Schüler in Zweier-Gruppen an einer Grafik mit Unterstützung durch den Einleitungstext die technischen Merkmale von 5G klar. Hier liegt der Fokus auf den beiden Beispielanwendungen. Im zweiten Schritt erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler die besonderen Anforderungen für die Beispielanwendungen, indem sie die technische Umsetzung aus der Grafik zuordnen. Die Bedeutung der Datensicherheit und der Standardisierung wird zum Schluss diskutiert.	30 Min.

### BINNENDIFFERENZIERUNG

- ▶ Die Basisaufgabe ist von allen Schülerinnen und Schülern zu lösen.
- ▶ Die Bonusaufgabe ist optional, sie dient als Reserve oder Ergänzung für leistungsstärkere Lernende.

### HAUSAUFGABE:

Recherchiere im Internet drei aktuelle 5G-Testnetze und erläutere die wichtigsten Ergebnisse der Testläufe in Stichworten.

## HINWEISE UND LÖSUNGEN ZU DEN AUFGABEN

### LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN ZU DEM EINSTIEGSGESPRÄCH

Mögliche Erfahrungen beim Versenden von Snaps:

- ▶ In Großstädten funktioniert das meistens schon sehr gut
- ▶ Keine ausreichende Funkverbindung: „kein Netz“
- ▶ Die Übertragungsgeschwindigkeit der Verbindung reicht nicht aus, um Bilder zu übertragen
- ▶ Die Übertragung reißt während der Bewegung ab

Anforderungen an die neue Mobilfunkgeneration:

- ▶ Lückenlose Verfügbarkeit, auch auf dem Land
- ▶ Verlässliche Verbindung, kein Datenabbruch
- ▶ Geringere Latenzzeiten (Reaktionszeiten) für Online-Spiele

### 1. DAS IST 5G

Lösungsvorschlag:

	<b>5G</b> (5. Generation)
Weltweiter Standard	Ja
Hauptanwendung	Virtual Reality, Internet der Dinge, Industrieproduktion, Autonomes Fahren
Einführung in Deutschland	2020
Typische Übertragungsrate	1–10Gb/s
Frequenzbereich	2 GHz und 3,4–3,8 GHz
Technologie-Merkmal	Virtuelles Netz wird per Software definiert
Latenzzeit, d. h. Reaktionszeit im Netz	Etwa 1 ms
Größe der Funkzellen	Überlagerung von Femto- bis Makrozellen
Gleichzeitige Nutzer pro Zelle/Sektor	1000x LTE Kapazität

Lassen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler die wesentlichen technischen Änderungen gegenüber den Vorgängersystemen in eigenen Worten wiedergeben. Diese sind:

- ▶ die sehr kurze Antwortzeit des Netzes mit Datenverbindung in Echtzeit
- ▶ die sehr hohe Datenübertragungsrate
- ▶ absolute Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit
- ▶ die große Zahl von Endgeräten mit gleichzeitiger Verbindung in einer Funkzelle
- ▶ die Zuteilung von Netz je nach Bedarf durch Softwaresteuerung

### BONUSAUFGABE: BERECHNE DIE ÜBERTRAGUNGSRATEN BEI 2G UND 5G

Lösungsvorschlag:

1a: Die theoretische Bruttodatenrate beträgt  $114\text{Bits}/4,615\text{ms} = 24,7\text{kb/s}$ . Davon werden Kodierung, Fehlerschutzmechanismen, Steuer- und die Kontrolldaten abgezogen. Für die eigentliche Nutzdatenübertragung bleiben theoretisch maximal  $13\text{kb/s}$  übrig.

1b: Die theoretische Übertragungsrate bei 5G berechnet sich zu mindestens  $51,5\text{Mb/s} \cdot 40 \cdot 16 \cdot 1,6 = 5,27\text{ Gb/s}$ .

### 2. VOR- UND NACHTEILE VON 5G

Lösungsvorschlag:

	VORTEILE	NACHTEILE
Ich als Nutzer	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Hohe Übertragungsrate in Echtzeit für mobiles Virtual Reality</li> <li>▶ Lückenlos und flächendeckend überall verfügbar</li> <li>▶ Funkversorgung für sehr viele Nutzer in einer Zelle (z. B. Events)</li> <li>▶ Smartphone weltweit nutzbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Neues Endgerät notwendig</li> <li>▶ Die Frequenzen für 5G stehen erst langsam zur Verfügung</li> <li>▶ Überall Funkstrahlung mit sehr hohen Frequenzen im Mikrowellenbereich</li> </ul>
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Hohe Übertragungsrate für Daten in Echtzeit (kleine Latenz, d. h. geringe Reaktionszeit im Netz)</li> <li>▶ Spontane Vernetzung von Produktionsanlagen mit mobilen Endgeräten untereinander</li> <li>▶ Einrichtungen von firmeneigenen, vertraulichen und absolut sicheren Campus-Netzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Die Frequenzen für 5G stehen erst langsam zur Verfügung</li> <li>▶ Funkstationen müssen erst mit Glasfaser vernetzt sein für vollen Funktionsumfang von 5G</li> <li>▶ Investitionen für kompatible Endgeräte und Netzteilente</li> </ul>

### 3. VERNETZTE PRODUKTIONSANLAGEN UND AUTOMATISIERTES FAHREN MIT 5G

#### TECHNISCHE NEUERUNGEN BEI 5G

Lösungsvorschlag:

- 1 = Aa)      4 = Bc)      7 = Ca)      10 = Ag)      13 = Ba)
- 2 = Ab)      5 = Bb)      8 = Cb)      11 = Ac)
- 3 = Af)      6 = Ae)      9 = Bd)      12 = Ad)

## ANFORDERUNGEN AN EIN ZUKUNFTSFÄHIGES MOBILKOMMUNIKATIONSSYSTEM 5G

Lösungsvorschlag:

### PRODUKTION IN INDUSTRIE 4.0

- ▶ Höchstzahl von gleichzeitigen Nutzern oder Endgeräten pro Zelle
- ▶ Absolut zuverlässige Funkversorgung
- ▶ Hohe Übertragungsraten für Daten
- ▶ Datenfluss in Echtzeit (keine Latenzzeiten) für die Überwachung von automatisierten Produktionsabläufen
- ▶ Möglichkeit von eigenen Rechenzentren (Edge Computing) für kleine Reaktionszeiten im Netz
- ▶ Verfahren im Standard, die absolute Zuverlässigkeit und Datensicherheit garantieren
- ▶ Eigene Netze für zusätzliche Vertraulichkeit und Datensicherheit

### AUTOMATISIERTES FAHREN

- ▶ Zuverlässige Funkversorgung zwischen Fahrzeugen und Umgebung
- ▶ Höchstzahl von gleichzeitigen Nutzern oder Endgeräten pro Zelle
- ▶ Extrem kurze Reaktionszeiten des Netzes
- ▶ Verfahren im Standard, die absolute Zuverlässigkeit und Datensicherheit garantieren

## BEDEUTUNG DER DATENSICHERHEIT UND DER STANDARDISIERUNG FÜR 5G

Lösungsvorschlag:

Datensicherheit:

- ▶ Die Vielzahl von unterschiedlichen vernetzten Endgeräten weltweit bietet eine breite Angriffsfläche für Hacker und Cyberattacken.
- ▶ In Industrie 4.0 und im Verkehr werden große Mengen von sensiblen Daten auf standardisierten Funkverbindungen ausgetauscht.
- ▶ Verfahren im Standard für 5G für absolute Zuverlässigkeit und Datensicherheit sind deshalb wichtig.
- ▶ Eigene Campus-Netze mit eigenen Rechenzentren und eigenen Frequenzen sind ein zusätzlicher Schutz gegen Cyber-Angriffe.

Standardisierung 5G:

- ▶ Die Endgeräte der Nutzer und Endgeräte an Produktionsanlagen sind weltweit kompatibel.
- ▶ Globale Produktion und Vernetzung der Produktionsanlagen ist kompatibel möglich.
- ▶ Endgeräte verschiedener Hersteller können kompatibel eingesetzt werden.
- ▶ Standardisierung sorgt für hohen Sicherheitsstandard weltweit.