

**Teil 1 – Fachliche Aufgaben**

**Aufgabe 1 (Insgesamt 18 Punkte)**

---

**Aufgabenteil 1a**

**Modulationsarten:**

- | Modulation von A => Amplitude Shift Keying (ASK) (0,5 Punkte)
- | Modulation von  $\omega$  => Frequency Shift Keying (FSK) (0,5 Punkte)
- | Modulation von  $\varphi$  => Phase Shift Keying (PSK) (0,5 Punkte)
- | Modulation von A und  $\varphi$  => Quadrature Amplitude Modulation (QAM) (0,5 Punkte)

Aufgabenteil 1a					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
2					

**Aufgabenteil 1b**

**Auswertung:**

- | Falsch, die Bitfehlerrate bei Verfahren B ist bestenfalls gleich zu Verfahren A (1 Punkt nur wenn Begründung ok)
- | Falsch, da  $P_b=f(E_b/N_0)$ .  $E_b$  und Rauschbandbreite halbieren sich bei QPSK gegenüber BPSK => Kompensation der Effekte (1 Punkt nur wenn Begründung ok)
- | Richtig, Effizienz = Bitrate/Bandbreite (1 Punkt nur wenn Begründung ok)
  - o  $1200 / (1.3*1200) = 0,77$
  - o  $1200 / (12*130) = 0,77$
- | Falsch, da Fading einem Schmalbandstörer gleichkommt. (1 Punkt nur wenn Begründung ok)

Aufgabenteil 1b					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
4					

**Aufgabenteil 1c**

Richtige Formel zur Berechnung der Signallaufzeit:  $c*t=s$  (1 Punkt)  
 Richtiges Ergebnis unter Zuhilfenahme der Lichtgeschwindigkeit:  $52\mu\text{s}/\text{Symbol} * 300000\text{km}/\text{s} = 15,6\text{km}$  (1 Punkt)  
 (Dauer Guard-Intervall: 1200 Symbole/s entspricht 0,83 ms/Symbol, davon 1/16 ergibt ca. 52 $\mu\text{s}$ )

Aufgabenteil 1c					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
2					

## Musterlösung Vorrunde Fallstudienwettbewerb 2011

### Aufgabenteil 1d

Korrekturleistung  $t$  des RS-Code mit  $n=50$  Symbole und  $k=40$  Symbole bestimmen:

- | Formel  $t = (n-k)/2 \Rightarrow$  Korrekturleistung  $t=5$  Symbole (1 Punkt)

Brutto-Datenrate bestimmen:

- | Effektive Symbolrate reduziert sich durch Guard-Intervall auf 80 baud (1 Punkt)
- | Berechnung der Datenrate:  $80 \text{ Symbole/s} * 6 \text{ Bit/Symbol} * 100 \text{ (Kanäle)} = 48 \text{ kBit/s}$  (1 Punkt)

Netto-Datenrate bestimmen:

- | Einbeziehung RS-Codes, Ausnutzung 80 von 100 Kanälen:  $48 \text{ kBit/s} * 80/100 = 38,4 \text{ kBit/s}$  (1 Punkt)

Aufgabenteil 1d					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
4					

### Aufgabenteil 1e

Codeparameter und Korrekturleistung:

- | (7,4,1) Hamming-Code (0,5 Punkte)
- | Korrekturleistung 1 Bit (0,5 Punkte)

Erzeugung erweiterter Hamming-Code

- | Multiplikation  $g(x)$  mit  $e(x) = x + 1$  (0,5 Punkte)
- |  $g'(x) = x^4 + x^2 + x + 1$  (0,5 Punkte)

Eigenschaften erweiterter Hamming-Code

- | Erhöhung der Fehlererkennungsrate (0,5 Punkte)
- | keine Erhöhung der Korrekturleistung (0,5 Punkte)

Aufgabenteil 1e					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
3					

### Aufgabenteil 1f

**Aufgabe der Präambel** (1 Punkt bei 2 richtigen Nennungen)

- | Trainingssequenz für die Demodulation
- | Burstbeginn Synchronisation im Zeit und Frequenzbereich
- | U.u. Übertragungs des MODEM-Typs
- | U.u. Übertragungs Anzeige des Datenmodes

Aufgabenteil 1f					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
1					

### Aufgabenteil 1g

**Aufgabe eines Scramblers** (1 Punkt bei 2 richtigen Nennungen)

- | Verbesserung der spektralen Signaleigenschaft durch Vermeidung von Gleichanteilen, Harmonischen, ...
- | Verbesserung der Korrekturleistung einer Kanalkodierung
- | (einfacher) Schutz vor unautorisierter Inhaltsgewinnung

Aufgabenteil 1g					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
1					

## Musterlösung Vorrunde Fallstudienwettbewerb 2011

### **Aufgabenteil 1h**

#### **Aufgabe eines Interleavers (1 Punkt):**

Zur Entzerrung von Burstfehlern und damit zur Verbesserung der Korrigierbarkeit dieser Fehler, speziell bei dem Einsatz von Faltungscodes, zum Schutz vor unautorisierter Inhaltsgewinnung

<b>Aufgabenteil 1h</b>					
<b>Max. Punkte</b>	<b>Team 1</b>	<b>Team 2</b>	<b>Team 3</b>	<b>Team 4</b>	<b>Team 5</b>
<b>1</b>					

### **Aufgabe 2 (Insgesamt 6 Punkte)**

Analyse/Vergleich der Modems hinsichtlich maximal erzielbaren effektiven Datenrate, Bandbreiteneffizienz, Robustheit gegen typische Störeinflüsse im HF-Bereich und Vielseitigkeit. Pro Modem und Kategorie 0 bis 3 Punkte.

(4 Punkte; je korrekte Zeile einen Punkt!)

<b>Kategorie\Modem</b>	<b>Modem A</b>	<b>Modem B</b>	<b>Modem C</b>	<b>Modem D</b>
<b>Max eff. Datenrate</b>	3 (2700bit/s)	1 (2250bit/s)	0 (600bit/s)	2 (2400bit/s)
<b>Bandbreiteneffizienz</b>	2 (1,64)	0 (1,33)	3 (2,4)	1 (1,61)
<b>Robustheit</b>	1 (adaptiv)	0 (nicht adaptiv)	3 (Walsh Spreiz.)	2 (T/F Diversität)
<b>Vielseitigkeit</b>	3 (hervorragend)	2 (gut)	0 (Datenrate zu gering, um vielseitig nutzbar)	1 (nur Punkt-zu-Punkt-Datenverkehr)

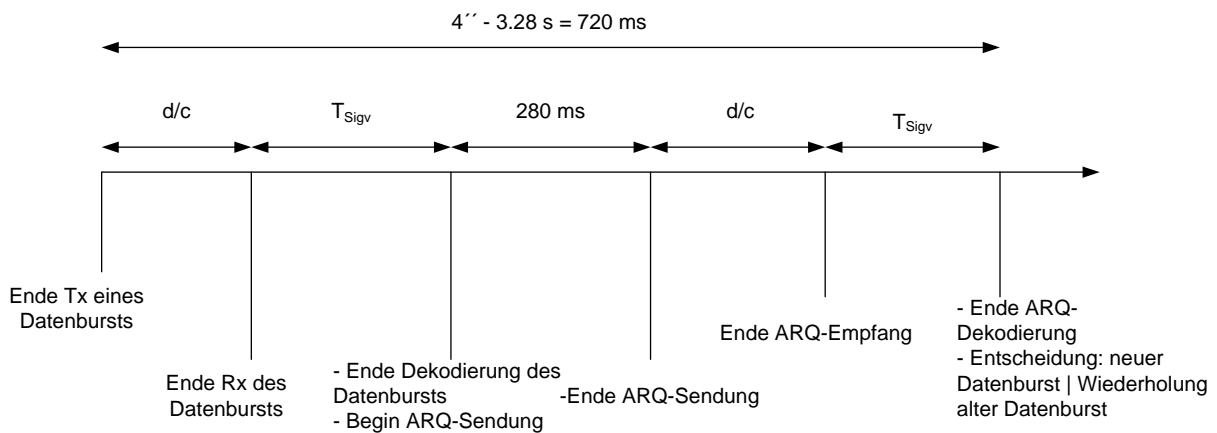
#### **Aufgabe Dopplerton:**

- | Korrektur Doppler-Shift (bei beweglichen Stationen) (1 Punkt)
- | Referenz zur Bestimmung des Frequenzlage zur Einweisung der Demodulatoren (1 Punkt)

<b>Aufgabenteil 2</b>					
<b>Max. Punkte</b>	<b>Team 1</b>	<b>Team 2</b>	<b>Team 3</b>	<b>Team 4</b>	<b>Team 5</b>
<b>6</b>					

**Aufgabe 3 (Ingesamt 24 Punkte)**

**Aufgabenteil 3a**



- | Ermittlung Strecke ca. 20.000 km (0,5 Punkte)
- | Ermittlung Gesamtzeit: 720 ms (0,5 Punkte)
- | Für Berücksichtigung von Hin- und Rücklauf (0,5 Punkte)
- | Für Berücksichtigung doppelte Verarbeitungszeit (0,5 Punkte)
- | Mit  $d = \text{ca. } 20.000 \text{ km} \Rightarrow T_{\text{Sigv}} < 153 \text{ ms}$  (1 Punkt)

NB: Die Berücksichtigung von Reflexionen an der Ionosphäre würden das Ergebnis nicht nennenswert nach unten korrigieren.

Aufgabenteil 3a					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
<b>3</b>					

**Aufgabenteil 3b - Datenblatt**

- | Maximale Gesamtbandbreite:  $B_{\text{sig}} = 2 \text{ kHz}$
- | Robust Modus:
- | 2 kanalig differentielle QPSK Übertragung
- | Symbolrate = 100 Bd
- | Datendurchsatz = 152 bit/s
- | ARQ Betrieb mit  $\frac{1}{2}$  ratigem Faltungscodierung und 16 Bit
- | CRC-Prüfsumme

**Wenn Datendurchsatz > 150 bit erreicht + QPSK mit max. 100 Bd/Kanal (2 Punkte)**

(Mit BPSK lässt sich Datenrate nicht erreichen: 0 Punkte)

(Eine PSK8 „unnötig schnell“ dafür deutlich weniger robust: 0.5 Punkte)

Musterlösung Vorrunde Fallstudienwettbewerb 2011

**Schneller Datenmode (Beispiel) (4 Punkte)**

- | 20 kanalige QPSK OFDM
- | Symbolrate = 80 Bd
- | Datendurchsatz = 2040 bit/s
- | ARQ Betrieb mit (10,8) RS-Code 16 Bit
- | CRC-Prüfsumme

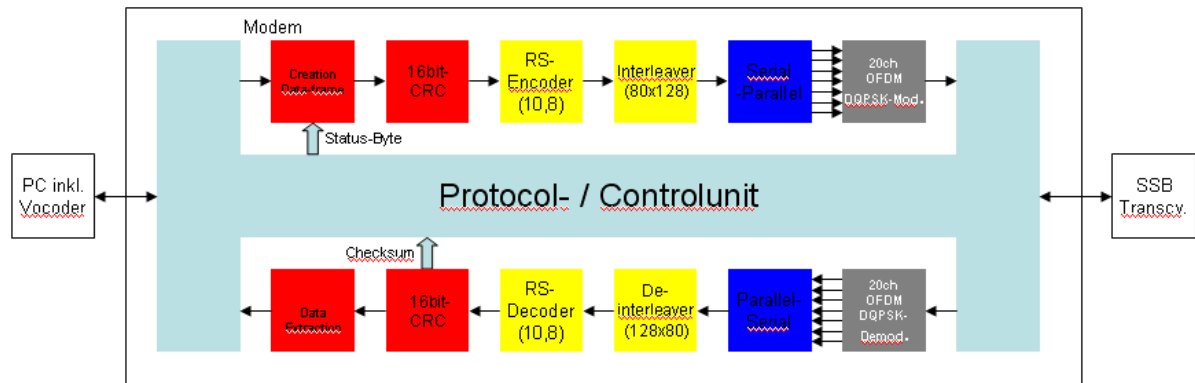
**Alternativen:**

- | QAM128 mit (7,4) Hamming Code erreicht Datenrate mit 1272 Bit/s, aber extrem störanfällig (1 Punkt)
- | DQPSK mit 16 Kanälen und 3/4 Faltungscodes erreicht Datenrate mit 1912 Bit/s. Höhere Entwicklungsaufwände gegenüber OFDM-Lösung und nicht ganz so schnell (3 Punkte)

Aufgabenteil 3b - Datenblatt					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
6					

**Aufgabenteil 3b - Funktionsblattschaltbild**

**Beispiellösung für den schnellen Datenmodus:**



**Minimum:**

- | Modulator/Demodulator ggf mit Serialisierung (1 Punkt)
- | Kanalkodierung (zB Faltungscodes, Blockcodes, Interleaver ...) (1 Punkt)
- | Erstellung Datenrahmen (1 Punkt)
- | Steuereinheit (1 Punkt)

Aufgabenteil 3b - Funktionsschaltbild					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
4					

Musterlösung Vorrunde Fallstudienwettbewerb 2011

**Aufgabenteil 3b - Datenrahmen**

*Datenrahmen ohne Kanalkodierung und ohne Interleaver:*

76 Bvte Daten	S	CRC	N
---------------	---	-----	---

1 Punkt

**Datenrahmen im Robust Modus:**  
 80 bytes Gesamtrahmenlänge  
 76 bytes Dateninhalt  
 1 Statusbyte (S)  
 2 Byte CRC Prüfsumme  
 1 Byte Nullvektor (N)

1020 Bvte Daten	S	CRC	N
-----------------	---	-----	---

1 Punkt

**Datenrahmen im Schnellen Daten Modus:**  
 1024 bytes Gesamtrahmenlänge  
 1020 bytes Dateninhalt  
 1 Statusbyte (S)  
 2 Byte CRC Prüfsumme  
 1 Bvte Nullvektor (N)

Aufgabenteil 3b - Datenrahmen					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
2					

**Aufgabenteil 3b - Funktionsbeschreibung (3 Punkte)**

Das Modem lässt sich von einem handelsüblichen PC ansteuern. Es ist für den Betrieb in der Kurzwelle (HF) ausgelegt und verfügt dazu über einen Modus zur robusten Datenübertragung (150 bit/s Datendurchsatz) und einen Modus zur schnellen Datenübertragung (2000 bit/s Datendurchsatz). Das Modem verfügt in beiden Modi über speziell ausgewählte Kanalkodierungen um bei der Übertragung entstandene Fehler aktiv zu korrigieren (FEC, forward error correction).

Um trotz der FEC nicht korrigierbare Fehler im Datenrahmen zu erkennen sind die Datenrahmen mit einer CRC Prüfsumme ausgestattet. Durch den in beiden Übertragungsgeschwindigkeiten aktive ARQ Betrieb, werden fehlerbehaftete Datenrahmen durch die Empfangsstation erneut angefordert. Durch diesen Mechanismus kann über einen langen Zeitraum eine fehlerfreie Datenübertragung gewährleistet werden.

Während der Modus der schnellen Datenübertragung einen performanten Datentransfer zulässt ist der robuste Modus in der Lage auch unter schlechten Übertragungsbedingungen noch Textdaten zu übertragen.

Aufgabe 3b - Funktionsbeschreibung					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
3					

## Musterlösung Vorrunde Fallstudienwettbewerb 2011

### **Aufgabenteil 3c** (3 Punkte bei 3 richtigen Nennungen)

#### **Beispiele:**

- | Mit der Nutzung eines digitalen **VoiceCodec** (Sprachkompression), kann im schnellen Datenmodus eine Sprachübertragung erfolgen (1200 bit/s, auch 600 bit/s).
- | Verwendung des MELP-Codecs.
- | Eine im Hinblick auf „Echtzeit“-Daten dimensionierte **Pufferung**
- | Der ARQ-Modus wäre durch eine Broadcast- bzw. kontinuierliche Übertragung zu ersetzen.

<b>Aufgabenteil 3c</b>					
<b>Max. Punkte</b>	<b>Team 1</b>	<b>Team 2</b>	<b>Team 3</b>	<b>Team 4</b>	<b>Team 5</b>
<b>3</b>					

### **Aufgabenteil 3d**

- | Signalisierung des Broadcast Betriebs z.B. in der Präambel (1 Punkt)
- | Das Fehlen der ARQ Funktion kann durch Mehrfachsendung von Datenrahmen kompensiert werden (1 Punkt)
- | Durch die fehlenden ARQ Rückmeldungen können bei Beibehaltung der Burststruktur die Abstände zwischen den Datenbursts stark minimiert werden bzw. vollständig eliminiert werden (1 Punkt)

<b>Aufgabenteil 3d</b>					
<b>Max. Punkte</b>	<b>Team 1</b>	<b>Team 2</b>	<b>Team 3</b>	<b>Team 4</b>	<b>Team 5</b>
<b>3</b>					

**Aufgabe 4 (Insgesamt 20 Punkte)**

---

**Aufgabenteil 4a: Standortwahl**

Standort: Vorort von Moskau (B)

**Begründungen:**

- | Die ARQ-Protokolle erlauben die Empfangsqualität des jeweils anderen Standortes zu ermitteln. Da die HF-Übertragung über die Ionosphäre stattfindet, ist der Standort Warschau kein „guter Kompromiss“. (1 Punkt)
- | An einem Vorort von Moskau ist mit weniger „Elektro-Smog“ zu rechnen als in München. (1 Punkt)

Aufgabenteil 4a					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
2					

**Aufgabenteil 4b: Empfängerwahl**

Auswahl: Einen (1) scannenden Schmalbandempfänger NB010 (2 Punkte)

**Begründung:**

Da die gewünschten Informationen nur 1 X pro Minute nötig sind und ein Zyklus (4 Sekunden) ausreicht um diese Informationen zu gewinnen, ist dies leicht möglich. Somit ist auch die kostengünstigste Lösung erzielt (1 Punkt)  
 Diese Lösung bietet auch qualitativ die beste Empfangsmöglichkeit (HF-Eigenschaften des NB010 gegenüber WB010, Antenne muss nicht über Splitter auf 5 Geräte verteilt werden, ZF-Bandbreite von 5 kHz ist signalangepasster als die DDC ZF-Bandbreite von 10 kHz des WB010) (1 Punkt)

**Andere Antworten:**

- | 1 Breitbandempfänger WB010 mit Begründung: Platz / Antenne bzw. Splitter sparen gegenüber 5 X NB010 (2 Punkte)
- | 5 x NB010 (0 Punkte)

Aufgabenteil 4b					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
4					

**Aufgabenteil 4c: Empfängerparametrierung**

**Wenn 1x NB010:**

- | Mittenfrequenz: über PC / LAN im 5 Sekunden Rhythmus zwischen 21.95 MHz, 18.10 MHz, 14.20 MHz, 10.12 MHz und 7.01 MHz schalten (1 Punkt)
- | ZF-Bandbreite: 5 kHz (1 Punkt)

**Wenn 1xWB010:**

- | Mittenfrequenz: zwischen 11.9 und 17 MHz (0,5 Punkte)
- | ZF-Bandbreite: 20 MHz (0,5 Punkte)
- | DDC-Mittenfrequenzen: s.o.(als Offset) (0,5 Punkte)
- | DDC-Bandbreite: 10 kHz (0,5 Punkte)

## Musterlösung Vorrunde Fallstudienwettbewerb 2011

### Wenn 5xNB010:

- | Mittenfrequenzen: s.o. (0.5 Punkte)
- | ZF-Bandbreite: 5 kHz (1.5 Punkte)

Aufgabenteil 4c					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
2					

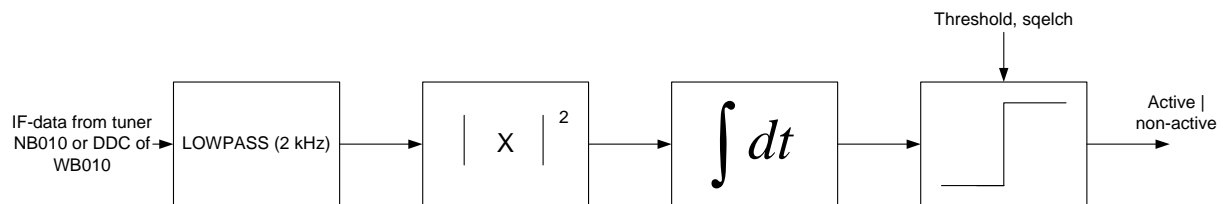
### Aufgabenteil 4d: Ausgangsdatenrate

Ausgangsdatenrate = ZF-Bandbreite x Überabtastung x 2 (da komplexer Datenstrom) x 16 Bit (1 Punkt)

Ausgangsdatenrate = 1000 Hz x 1.3 x 2 x 16 = 41.6 kBit / s (1 Punkt)

Aufgabenteil 4d					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
2					

### Aufgabenteil 4e: Kanalbelegung

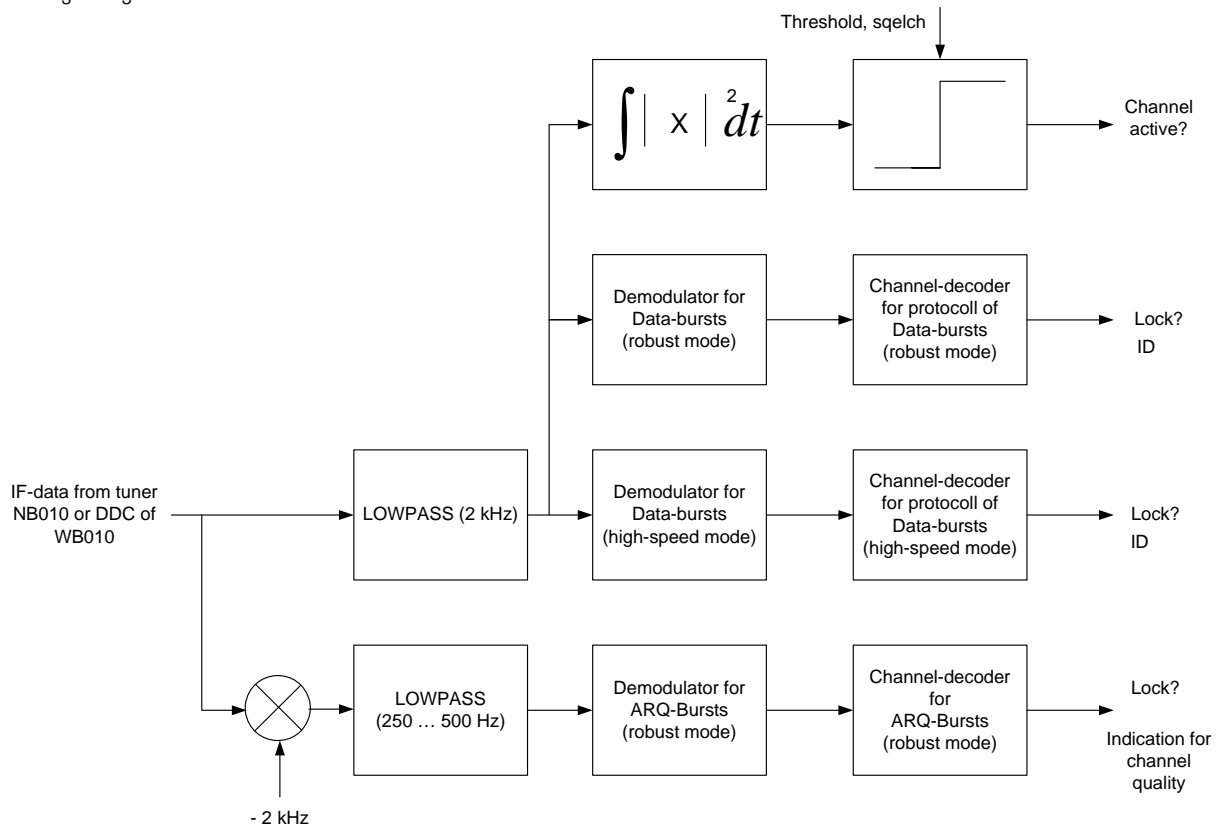


- | Das Eingangssignal muss zunächst auf den zu überwachenden Kanal angepasst werden (0,5 Punkte):
  - o Der Tuner muss über den digitalen ZF-Pfad bzw. den DDC-Ausgängen, auf den Kanal abgestimmt sein.
  - o Die ZF-Bandbreite von 5 kHz (NB010) bzw. 10 kHz (DDCs des WB010) liegt höher, als die Signalbandbreite (maximal 2 kHz). Somit muss zunächst eine Vorfilterung erfolgen
- | Es interessiert die Signalenergie. Von daher erfolgt die Berechnung des Betragsquadrates (0,5 Punkte)
- | Ein Integrator (Summierer) stellt sicher, dass Rauscheinflüsse und kurze Übertragungspausen herausgemittelt werden (0,5 Punkte)
- | Eine Entscheidungsstufe liefert, unter Vorgabe eines Schwellenwertes, die Information einer Kanalbelegung (0,5 Punkte)
- | Es ist darauf zu achten, dass **ein** eindeutiger Wert vorliegt. Wenn mehrere Entscheidungswerte vorliegen (zB. Bei scannenden Tuner oder Integrationszeiten < 1 Minute), wird ein „Max-hold“ gebildet. Somit wird der Kanal auch dann als „belegt“ gewertet, wenn Burst-Verfahren nur einen Teil der Zeit aktiv sind (1 Punkt)

Aufgabenteil 4e					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
3					

**Aufgabenteil 4f: Überwachungskonzept**

Grundsätzlich hängt die konkrete Lösung stark vom Modem ab, dass im Rahmen der Aufgabe 3 entworfen wurde. Schematisch gilt folgendes Blockschaltbild:



**Wichtig zu beachten sind:**

- | Stimmiges Blockschaltbild (1 Punkt)
- | der Frequenzoffset des ARQ-Bursts. Wenn nicht eine aufwendige Zeitsynchronisation zwischen Hin- und Rückkanal erfolgen soll (wie im eigentlichen Modem-Paar), kann die Demodulation der ARQ-Bursts in einem extra Verarbeitungszweig erfolgen. Der Frequenzoffset von 2 kHz wird mittels eines komplexen Mischers kompensiert (1 Punkt)
- | Hin- und Rückkanal werden mittels Tiefpass gefiltert. Die Bandbreite des Filters für den Informationskanal richtet sich nach der des high-Speed Modus (2 kHz). Alternativ müsste der Zweig für den Robustmodus mit einem weiteren Filter (250 ... 500 Hz) gefiltert werden (1 Punkt)
- | Die Verarbeitung muss beide Betriebsmodi („high speed“ und „robust“ vorsehen) (1 Punkt)
- | Zur Beurteilung, ob der Kanal andersweitig belegt ist, muss ein eigener Energiedetektorzweig vorgesehen werden (1 Punkt)
- | Zur Beurteilung, ob der Kanal durch das eigene Modem belegt ist, reicht es aus auf das Einphasen der Demodulatoren und (!) eine hinreichend fehlerfreie Kanaldekodierung geachtet werden (z.B. anhand der CRC-Prüfsumme) (1 Punkt)
- | Die Kanaleigenschaft kann mit durch die Häufigkeit der Wiederholungsanforderungen ermittelt werden. Dazu ist eine Auswertung der ARQ-Bursts nötig (oder aufwendiger: durch Dekodierung und Vergleich konsekutiver Datenpakete) (1 Punkt)

Aufgabenteil 4f					
Max. Punkte	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5
7					