

Bluetooth® LE: Neuste Entwicklungen



23. April 2020
Matthias Hauser

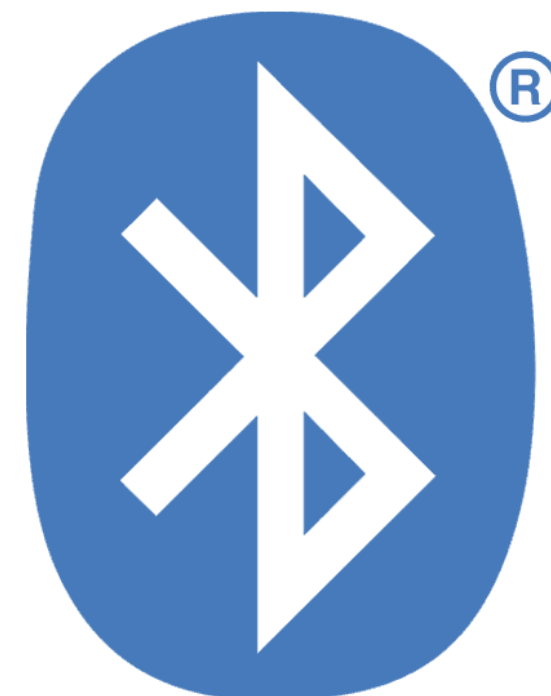
Überblick



- Bluetooth® – Was ist das?
- Bluetooth® LE, ein grober Überblick
- Bluetooth® LE Versionen und deren vielversprechendsten Features

Bluetooth® – Was ist das?

- ✓ Globalgültiger Funkstandard für eine einfache, sichere Datenübertragung
- ✓ 2.4 GHz ISM Frequenzband – Weltweit lizenzfrei nutzbar
- ✓ Ersetzen von Kabel zwischen Geräten (Mobilgeräte, PC,...)
- ✓ Verbindungsorientierte, robuste Datenübertragung
- ✓ Bluetooth-Lizenzkosten einmalig pro Produktserie



Bluetooth® – Chronik

1998 – 2009 / Bluetooth® 1.0 – 3.0

Bluetooth® Classic

• In der Weiterentwicklung

-

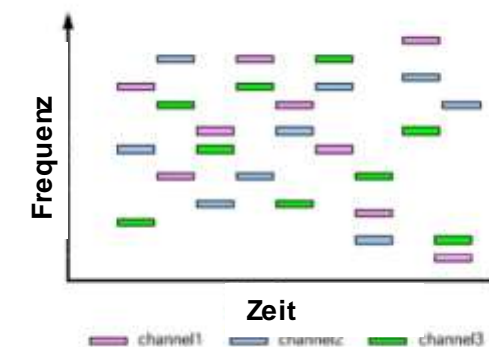
- Im Jahre 1998 von der Bluetooth® SIG eingeführt
- Stetiges Hinzufügen neuer Features, wie Pairing, Flusskontrolle, höhere Datenraten, FHSS, Authentifizierung und Verschlüsselung
- Weiterentwickelt bis Version 3.0

Bluetooth® Classic

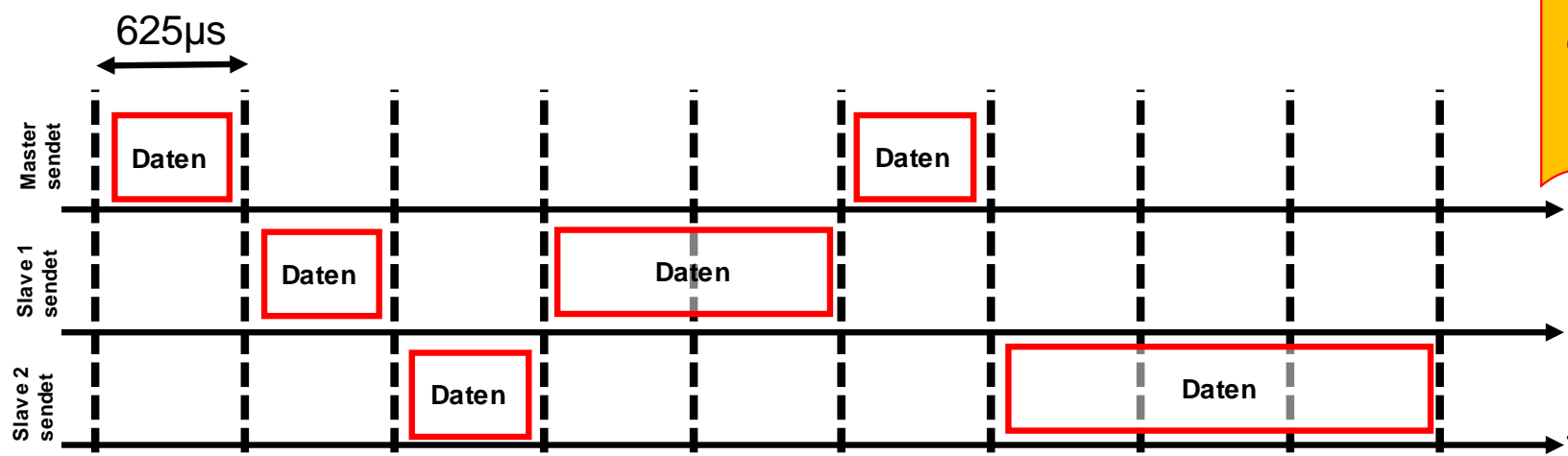


- Bluetooth® Classic Versionen sind abwärtskompatibel
- 79 Kanäle mit 1MHz Bandbreite (2.402 – 2.480 GHz)
- Ein Master, bis zu 7 slaves
- Zeit- (TDMA) and Frequenzsynchronisation (FHSS) **verwaltet vom Master**
- Slave sendet nur Daten, wenn er vom Master gefragt wird

Frequency hopped multiple access (FH)



Quelle: wikipedia.com



Im Aktivmodus ist das Gerät entweder am Senden oder Empfangen

Bluetooth® Classic

Profile und Anwendungen

- ✔ Serial Port Profile (SPP): ersetzen von RS-232-Kabeln
- ✔ Human Interface Device (HID): Maus/Tastatur an PC
- ✔ Advanced Audio Distribution Profile (A2DP): Bluetooth-Kopfhörer



Bluetooth® – Chronik

1998 – 2009 / Bluetooth® 1.0 – 3.0

Bluetooth® Classic

• In der Weiterentwicklung

-

2010 – Heute / Bluetooth® 4.0 – 5.2

Bluetooth® Classic

• Keine Weiterentwicklung

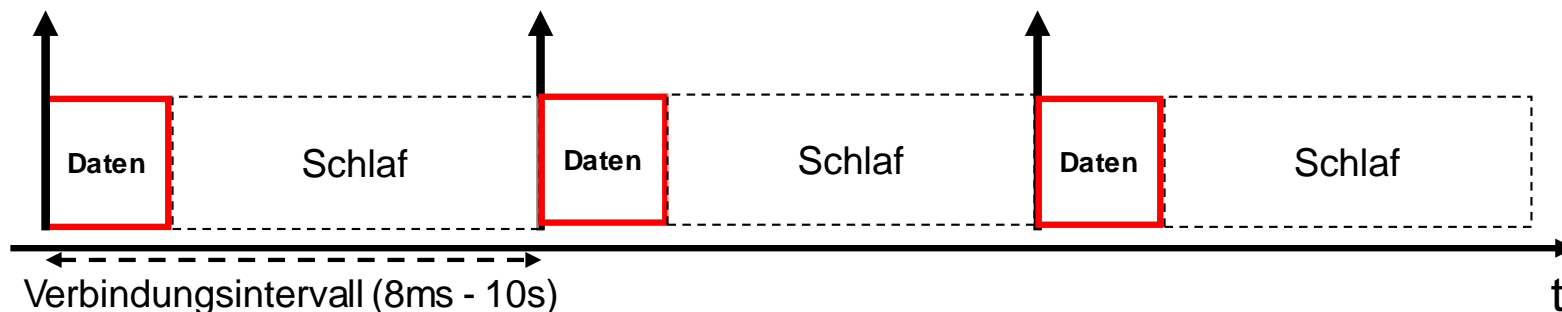
Bluetooth® LE

• In der Weiterentwicklung

- Im Jahre 1998 von der Bluetooth® SIG eingeführt
- Stetiges Hinzufügen neuer Features, wie Pairing, Flusskontrolle, hohe Datenraten, FHSS, Authentifizierung und Verschlüsselung
- Weiterentwickelt bis Version 3.0
- Bluetooth® LE wurde im Jahre 2010 eingeführt
- Stromsparende Erweiterung für die IoT-Welt
- Stetige Weiterentwicklung bis heute

Bluetooth® LE

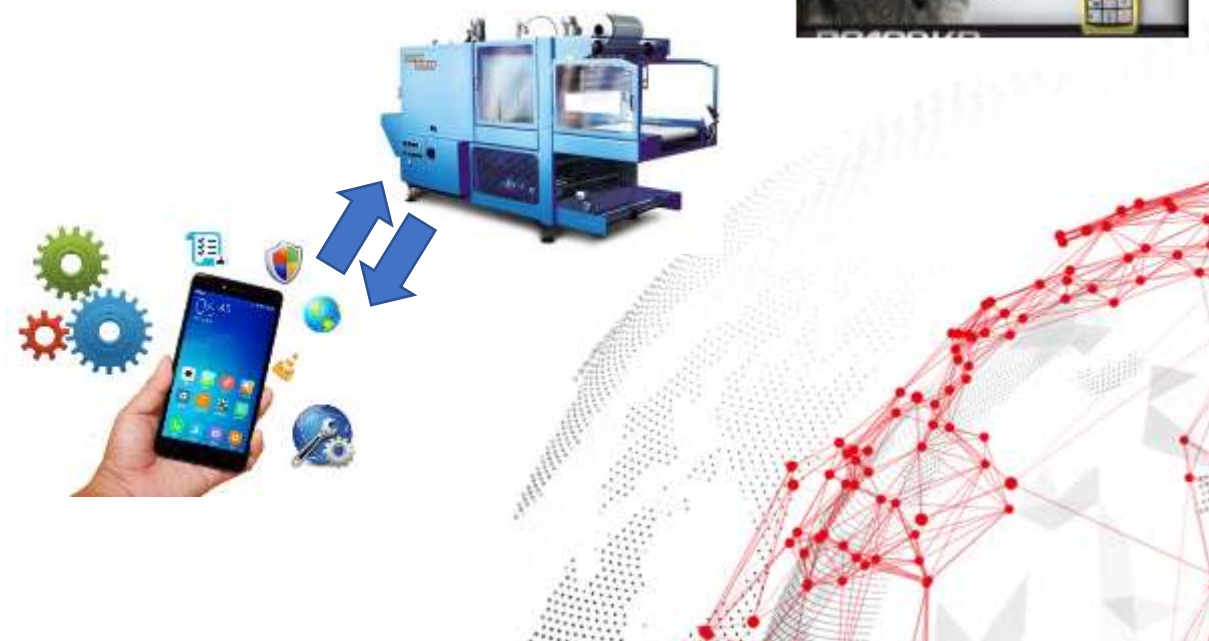
- Bluetooth® LE Versionen sind abwärtskompatibel
- 40 Funkkanäle mit 2 MHz Bandbreite (2.402 – 2.480 GHz)
- Advertising auf 3 Funkkanälen, verbindungsorientierte Datenübertragung auf den restlichen 37 Funkkanälen
- Funkdatenrate 1MBit/s (legacy), 2MBit/s (ab BT 5.0) bzw. 125kBit/s (LE coded, ab BT 5.0)
- Nutzung von FHSS (Frequenzsprungverfahren) und TDMA (time division multiple access) um Energie zu sparen und Funkdatenkollision zu reduzieren
- Übertragung eines Funkpaketes pro Verbindungsintervall (Default)
- Daraus resultiert geringer Datendurchsatz und geringer Stromverbrauch



Bluetooth® LE

Profile und Anwendungen

- ✓ Generic Attribute Profile (GATT) ist eine generische "Sprache" zwischen Bluetooth® LE Geräten
- ✓ Vordefinierte GATT Profile
 - Battery service profile
 - Anzeige des Batterieladestands
 - Nachricht, wenn sich der Ladestand ändert
 - Link loss service
 - Alarmnachricht, wenn Verbindung verloren geht
- ✓ Nutzerspezifische GATT Profile
 - Amber SPP-like (Serial Port Profile)
 - Bidirektionale Übertragung von beliebigen Daten



Bluetooth® LE Rollen



Peripheral

- ✓ Bietet eine Verbindung und Services an
- ✓ Bestimmt das Sicherheitslevel der Services und Daten
- ✓ Arbeitet als Slave in der Verbindung mit einem Central
- ✓ Beispiel: Wartungsschnittstelle, Freisprechanlage



Central

- ✓ Initiiert eine Verbindung zum Peripheral
- ✓ Arbeitet als Master in der Verbindung mit einem Peripheral
- ✓ Beispiel: Smartphone, Fernbedienung



Broadcaster



Observer

Bluetooth® LE Versionen

Bluetooth 4.0

- Erste Veröffentlichung
- 31 Bytes pro Funkpaket (sehr niedriger Datendurchsatz)
- Ausgangsleistung auf 10mW (10dBm) limitiert (geringer Stromverbrauch)

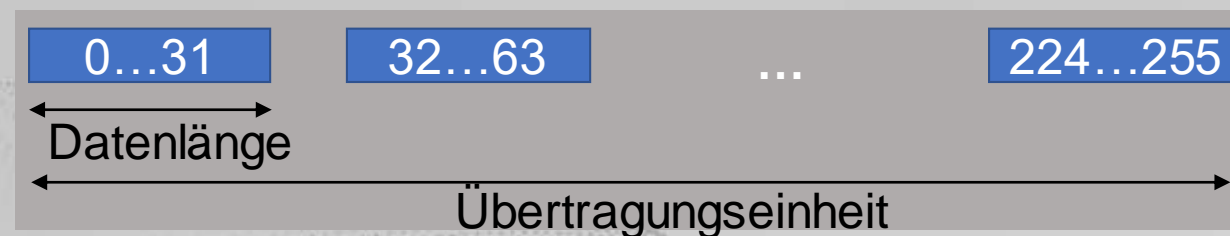
Bluetooth 4.1

- Verbesserte Koexistenz im Bezug auf Mobilfunk
- Bluetooth-Parameter sind nun innerhalb der Grenzen frei konfigurierbar (z.B. “reconnection timeout interval”)
- Ermöglicht Central- und Peripheral-Funktion in einem Gerät
- Neue GATT-Profile, wie IPSP (Internet Protocol Support Profile) für IPv6

Bluetooth® LE Versionen

Bluetooth 4.2

- (optional) Support für lange Funkpakete (255 Bytes, Data length extension)
- (optional for BT 4.2-5.1) Low Energy Secure Connections (LESC)



Bluetooth® LE Versionen



Bluetooth 5.0

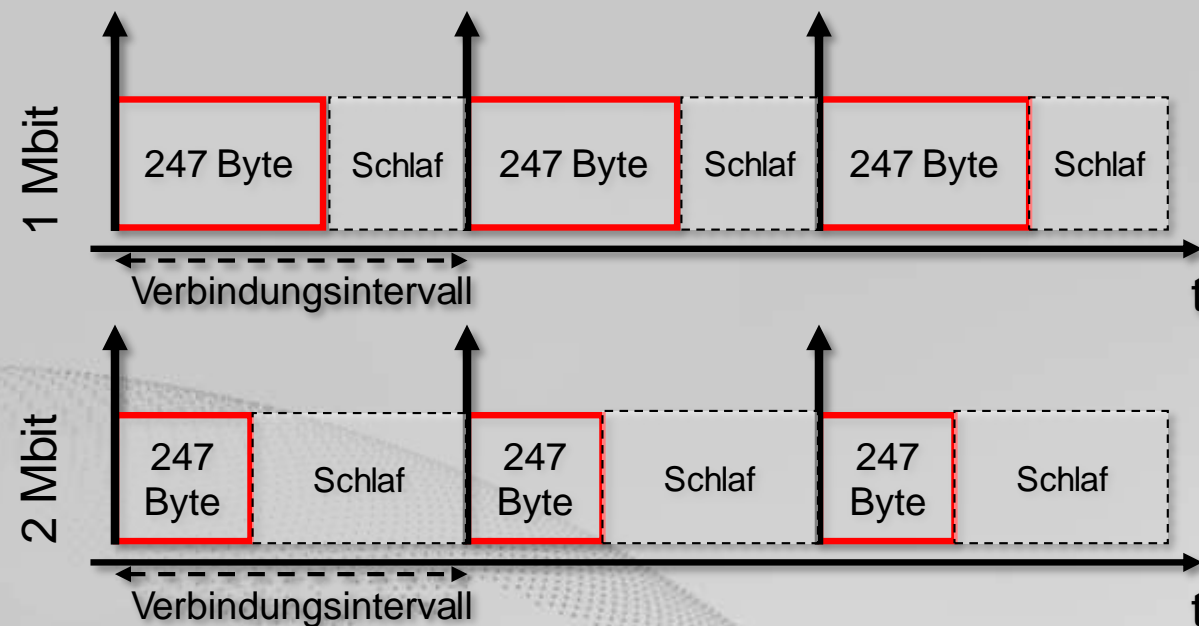
- (optional) Große Advertisingpakete von 255 Byte
- (optional) Neue Frequenzsprungsequenz für verbesserte Koexistenz
- (optional) Größere Ausgangsleistung von bis zu 100mW (20dBm)
- (optional) Schnellerer Funk mit 2 MBit/s Datenrate
- (optional) Größere Reichweite im LE Coded Modus (Long Range Mode)

Kodierung	Leistung	Durchsatz	Reichweite
1MBit	4dBm	1x	1x
2MBit	4dBm	2x theoretisch	0,8x
1MBit + „Coded LE“, S=2	4dBm	$\frac{1}{2}$ x	2x
1MBit + „Coded LE“, S=8	4dBm	$\frac{1}{8}$ x	4x

Bluetooth® LE Versionen

Bluetooth 5.0

- (optional) Große Advertisingpakete von 255 Byte
- (optional) Neue Frequenzsprungsequenz für verbesserte Koexistenz
- (optional) Größere Ausgangsleistung von bis zu 100mW (20dBm)
- (optional) Schnellerer Funk mit 2 MBit/s Datenrate
- (optional) Größere Reichweite im LE Coded Modus (Long Range Mode)

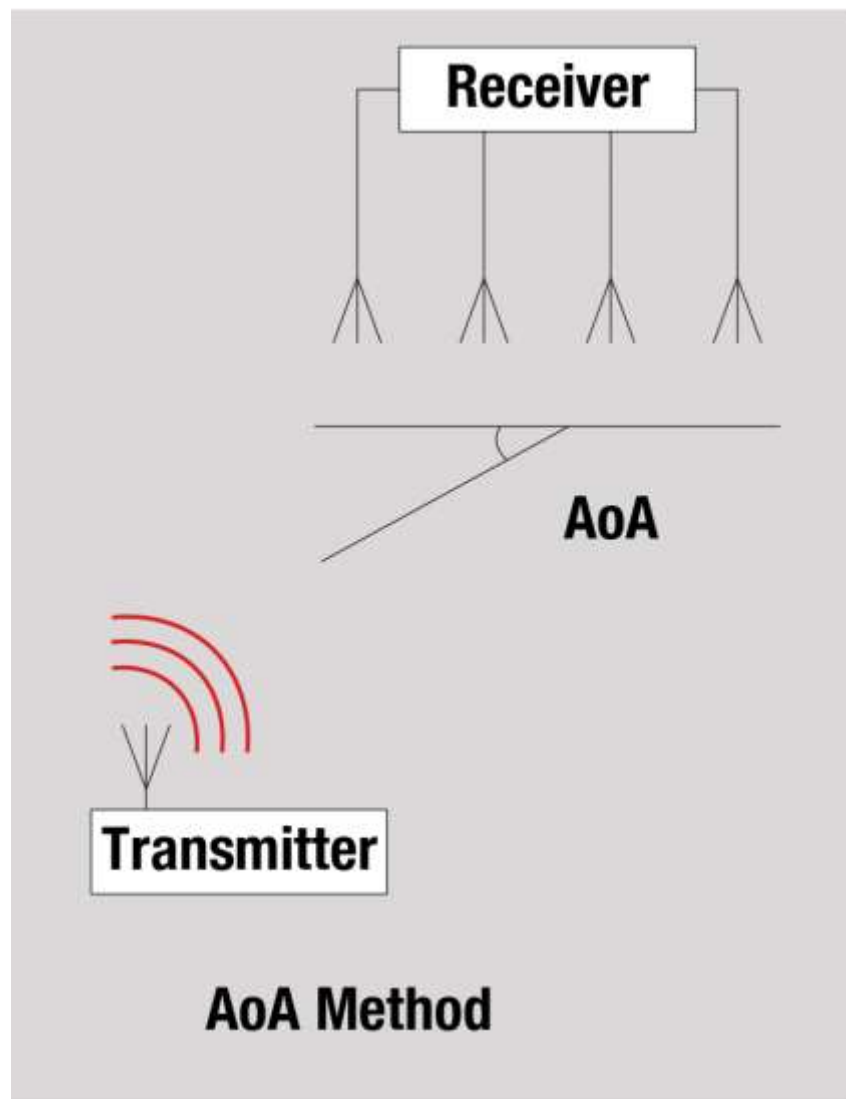


Bluetooth® LE Versionen

Bluetooth 5.1

- (optional) Schnellerer Verbindungsaufbau via GATT-Caching
- (optional) Verbesserung des Advertising
 - Neuordnung der Advertising-Kanäle
 - Periodisches Sync-Advertising zur Zeitsynchronization der Bluetooth® LE Geräte
- (optional) “Direction finding” per Bluetooth®-Signal
 - Angle of arrival (AoA)
 - Angle of departure (AoD)

Bluetooth® LE 5.1 Direction finding



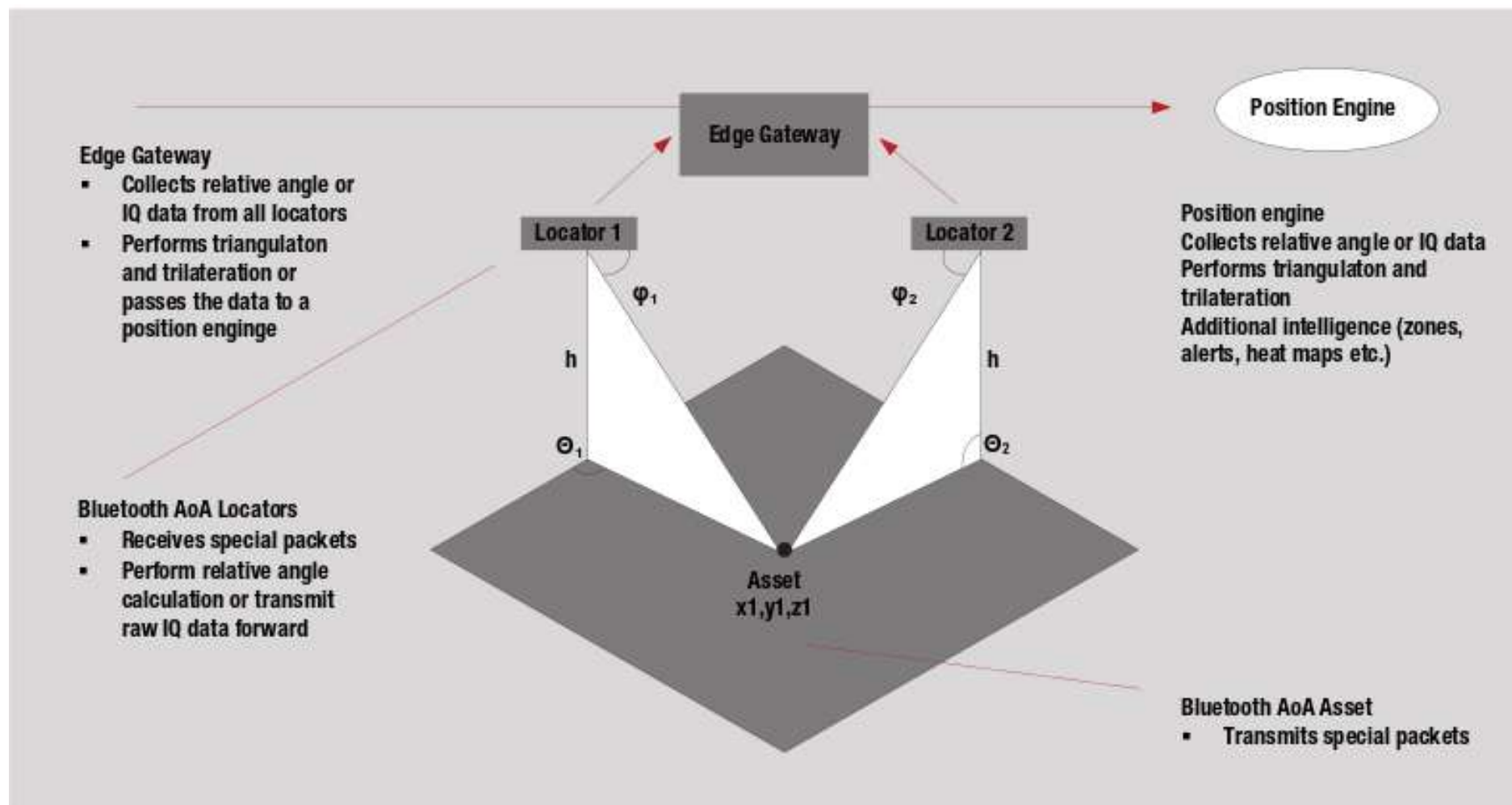
Angle of Arrival (AoA)

- Sender
 - Einfaches Beacon-Gerät
 - Eine Antenne

- Empfänger
 - Antennenfeld nötig (2-75)
 - Aufzeichnung der I/Q-Daten (Empfangswinkel)
 - RSSI kann unterstützend aufgezeichnet werden

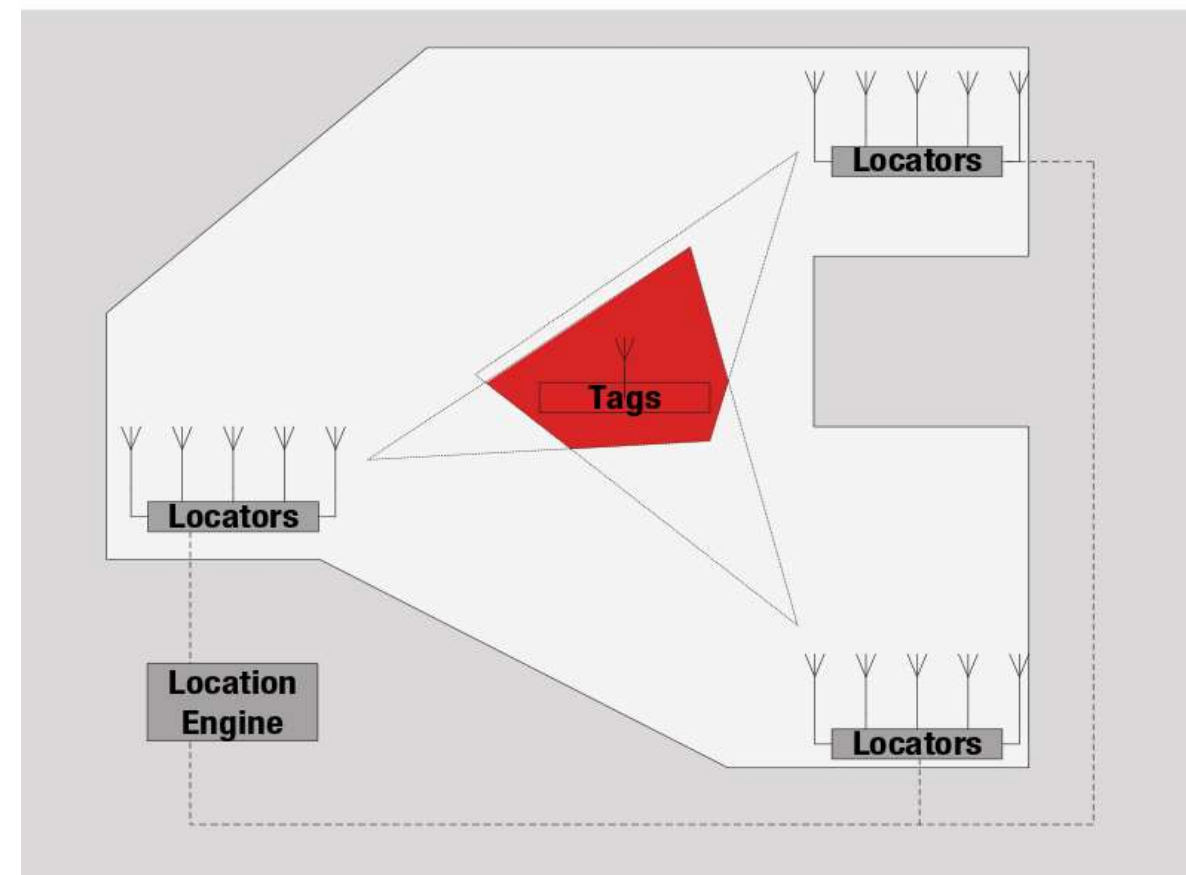
- Anwendung
 - Item finding und RTLS (Real-Time Location Services)

Bluetooth® LE 5.1 Direction finding



Bluetooth® LE 5.1 Direction finding

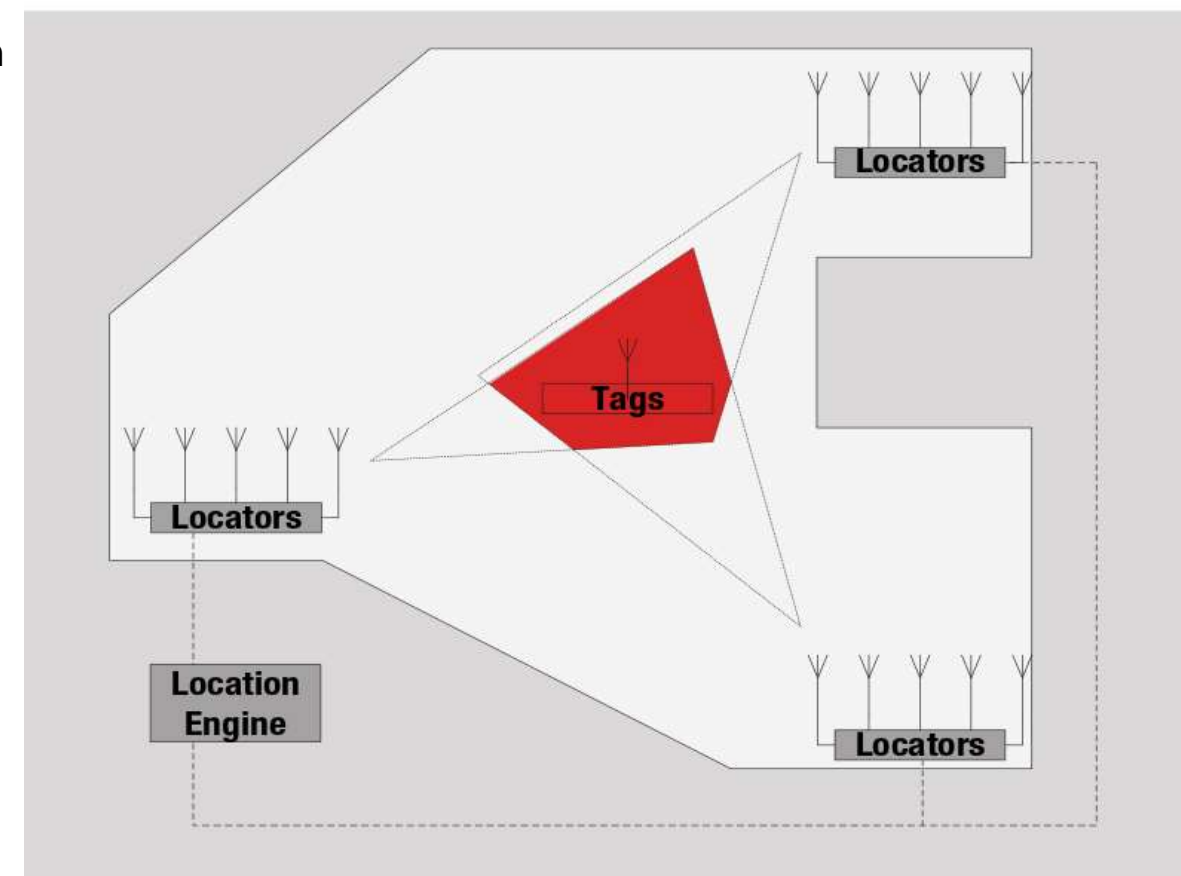
- **Locators**
 - Je mehr Antennen, desto bessere Diversität/Qualität (2-75)
- **Location engine** beinhaltet einen Algorithmus, der die Daten der Locators interpretiert und die Position bestimmt
- **Algorithmus**
 - Nutzt Triangulation
 - Bis dato nicht von der Bluetooth® SIG spezifiziert
- Location engine / Algorithmus und die Konfiguration muss vom Systementwickler durchgeführt werden



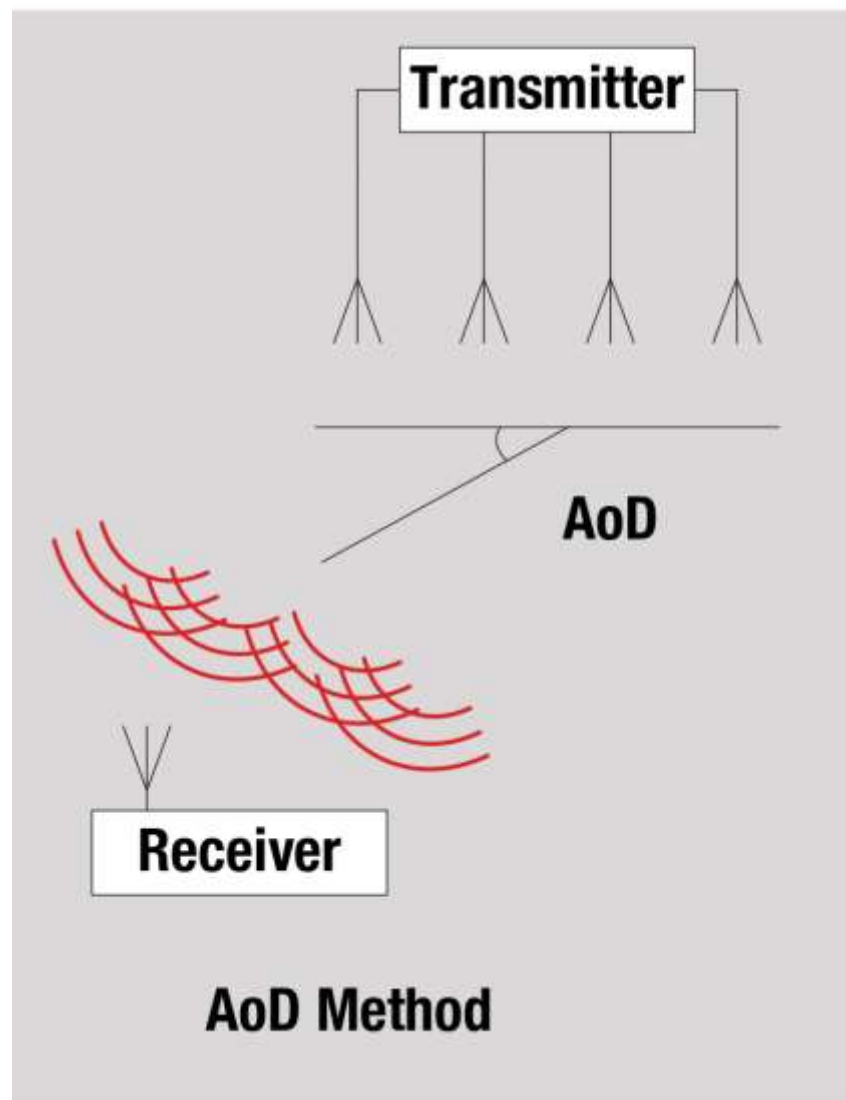
Bluetooth® LE 5.1 Direction finding

- Ideale Umgebung
 - Zwei Locators sind ausreichend um die Position zu bestimmen
 - Zentimetergenauigkeit (<10cm) kann erreicht werden

- Reale Umgebung
 - Anzahl und Ausrichtung (Position und Winkel) der Antennen beeinflusst die Genauigkeit
 - Komplexität des Algorithmus' korreliert mit der Anzahl der Locators
 - Distanz zwischen den Locators und Tags korreliert mit der Genauigkeit
 - Algorithmus muss an die lokale Umgebung angepasst werden
 - Absorber, z.B. der menschliche Körper,...
 - Reflektoren, z.B. metallische Oberflächen,...



Bluetooth® LE 5.1 Direction finding



Angle of Departure (AoD)

- Sender
 - Senden von Beacons inklusive AoD-Informationen, wie Koordinaten
 - Antennenfeld nötig (2-75)

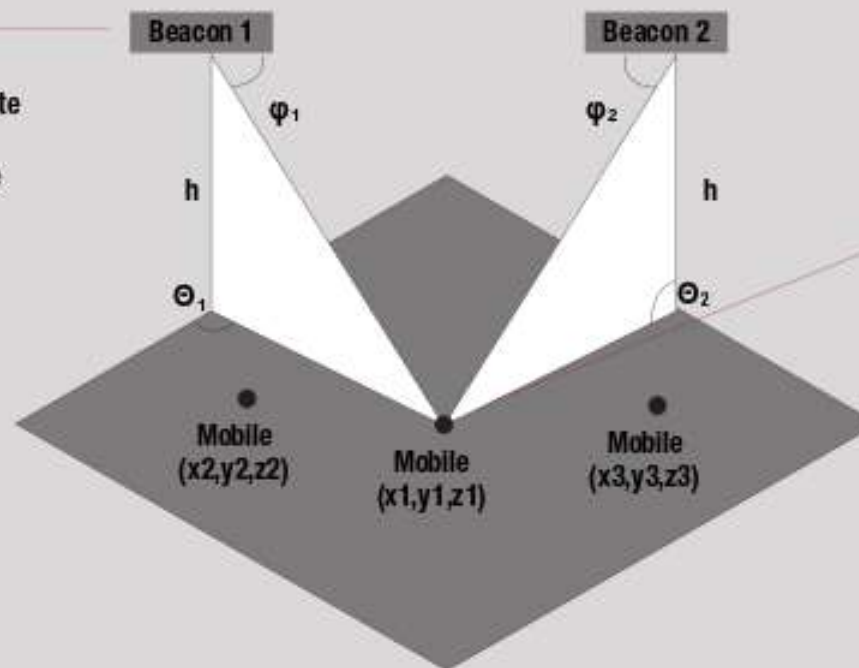
- Empfänger
 - Eine Antenne
 - Aufzeichnung der I/Q-Daten (Empfangswinkel)
 - RSSI kann unterstützend aufgezeichnet werden

- Anwendung
 - Indoor positioning system: Mobilgeräte empfangen Beacons (inkl. Koordinaten) und berechnen daraus ihre Position

Bluetooth® LE 5.1 Direction finding

Bluetooth AoD Beacons

- Transmits AoD beacons and additional data such as absolute coordinates
- Use AoD connectionless profile



Bluetooth AoD Mobile

- Receives AoD beacons and additional data
- Perform relative angle and position calculation

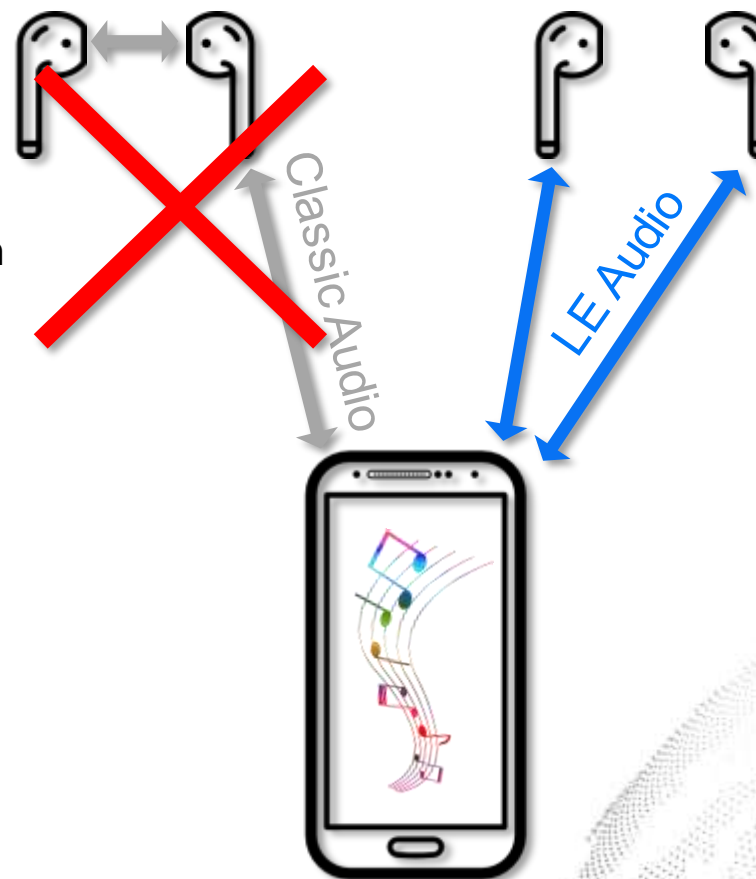
Bluetooth® LE Versionen

Bluetooth 5.2

- (optional) Enhanced Attribute Protocol
 - Daten mehrerer Profile werden gebündelt übertragen
- (optional) Adaptive Leistungskontrolle zur Vermeidung von Interferenzen und zuviel Energieverbrauch
 - Überwachung des RSSI und daraus resultierende Sendeleistungsanpassung
- (optional) LE Isochronous Channels
 - Kommunikation von temporärgültigen Daten um zeitsynchronisierte Aktionen durchzuführen
 - Daten werden nach der Gültigkeitsdauer verworfen
- (optional) Neue Audioprofile (LE Audio)

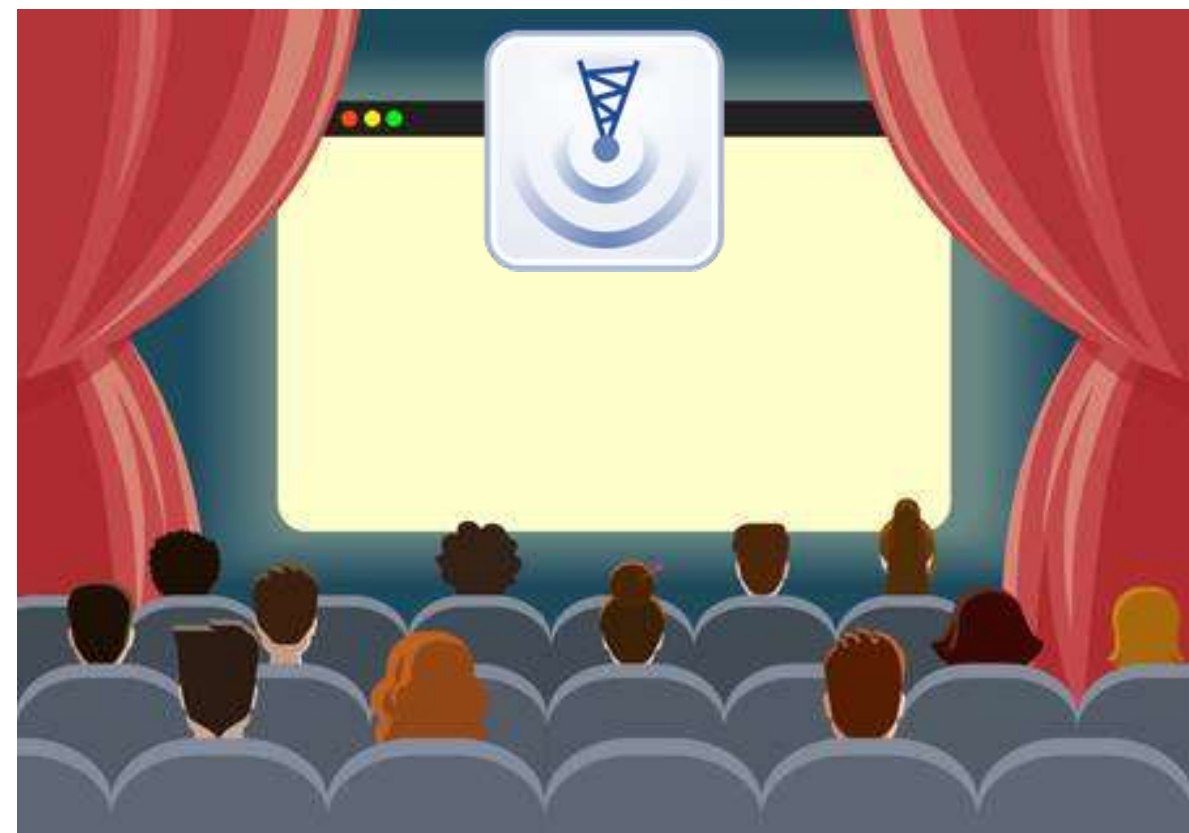
Bluetooth® LE 5.2 LE Audio

- Multistream
 - Unabhängige, zeitsynchrone Streams
 - Robustes, besseres Stereo mit weniger Energieverbrauch
- Neue Anwendungen
 - Audioübertragung von Smartphone oder TV an Hörgerät



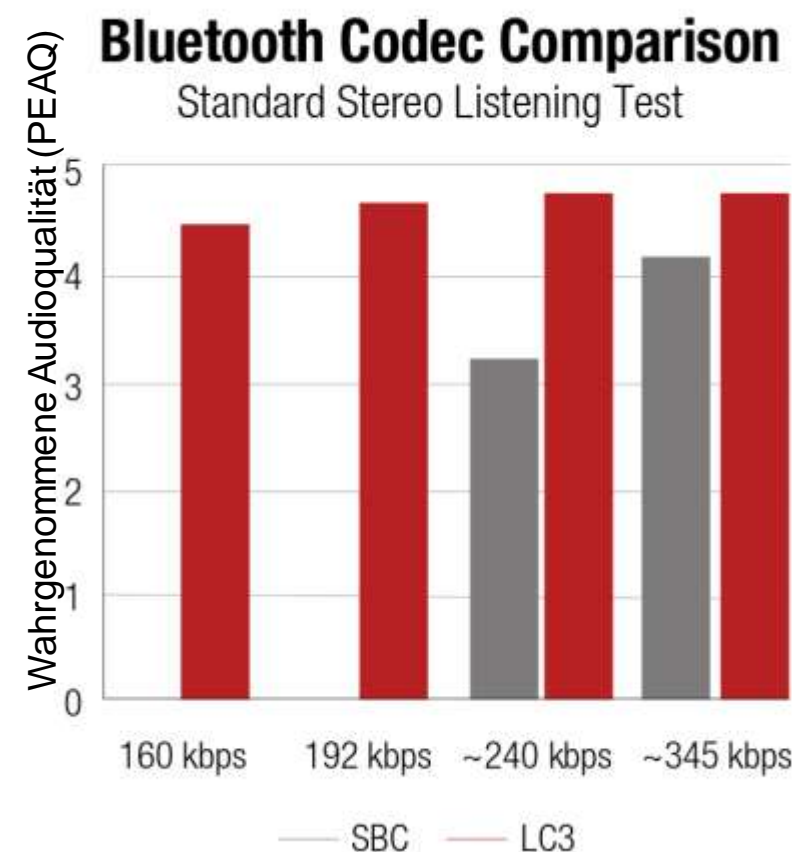
Bluetooth® LE 5.2 LE Audio

- Multistream
 - Unabhängige, zeitsynchrone Streams
 - Robustes, besseres Stereo mit weniger Energieverbrauch
- Neue Anwendungen
 - Audioübertragung von Smartphone oder TV an Hörgerät
 - Broadcast Audio-Sharing, z.B. in Kinos, Theater, öffentlichen Wartehallen,...
- Höhere Qualität und energieeffizienter



Bluetooth® LE 5.2 LE Audio

	Original	LE Audio	Classic Audio
Codec	-	LC3 (Low Complexity Communication Codec)	SBC (Low Complexity Subband Codec)
Durchsatz	1,5Mbit/s	192kbit/s	345kbit/s
Energieverbrauch (Funk)	Sehr hoch	Niedrig	Hoch
Audioqualität	Sehr hoch	Hoch	Mittel



Danke für die Aufmerksamkeit!

Fragen & Antworten



Wir sind jetzt für Sie da ! Fragen Sie uns direkt im Chat!



eiSos-webinar@we-online.com