

DAS SATELLITEN – NAVIGATIONS – SYSTEM GALILEO AUS DER SICHT DES AMATEURFUNKS

Michael L. Zähringer.
DB 3 MZ
83052 Bruckmühl, Germany
michael@zaehringer.de

Kurzbeschreibung

Das in Zukunft allgemein auszusendende Galileo-Signalspektrum erstreckt sich von ca. 1150 MHz bis 1600 MHz. Damit wird das 23-cm-Amateurfunkband im Bereich 1240 MHz bis 1300 MHz direkt betroffen. Dieses Dokument soll die voraussichtlich entstehenden Konflikte beleuchten, sowie die eingesetzte Technik des Galileo Navigationssystems aus der Sicht des Amateurfunks erörtern.

Schlüsselwörter: Galileo, Amateurfunk, GPS, Navigation, Frequenzbelegung, Signal-Spektrum.

1. Einführung

Das Navigationssystem Galileo besteht wie GPS aus zahlreichen Einzelsatelliten, welche die Erde in einem kreisrunden Orbit mit drei unterschiedlichen Winkeln zum Äquator umrunden. Des Weiteren ist das Raumsegment so angelegt, dass immer mindestens vier Satelliten über einem minimalen Elevationswinkel von 15° sichtbar sind und zwar zu jeder Zeit und an jedem Ort der Erde. Vier Satelliten sind das Minimum, das für die meisten Anwendungen sichtbar sein muss. Die Erfahrung zeigt, dass üblicherweise mindestens fünf Satelliten über 15° sichtbar sind, häufig sogar sechs oder sieben. Somit stehen zu jeder Zeit mindestens drei Satelliten an jedem Ort der Welt über dem Horizont.

Wie beim amerikanischen GPS befinden sich ebenfalls in jedem Galileo-Satelliten mehrere hochgenaue Atomuhren. Die Uhren arbeiten mit einer Grundfrequenz von 10,23 MHz, die gebraucht wird, um alle von den Satelliten zu sendenden Signale abzuleiten. Im Falle von Galileo sind das kompakte Cäsium-Uhren, welche einen kurzzeitstabilen und damit wenig phasenrauschenden Quarzoszillator in Frequenz und Phase steuern. Die Navigation wird identisch wie bei GPS durch die Vermessung der am Boden ankommenden Signallaufzeiten von mindestens drei Satelliten vorgenommen. Die Zeitinformation zum Zeitpunkt der Aussendung

befindet sich dabei ebenfalls wie bei GPS im spread-spectrum-modulierten Träger.

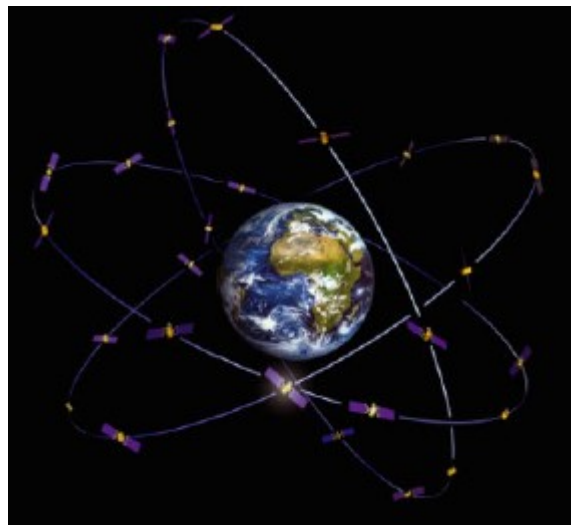


Abbildung 1: Installiertes Galileo System

Gemeinsam genutztes Frequenzband bei GPS und Galileo ist das sog. L1-Band bei 1575 MHz. Das ist seitens der Gerätehersteller wegen der Kompatibilität so gewollt. Damit können der Empfängereingangsteil und die Antenne für beide Systeme identisch sein. Das erlaubt auch die zukünftige Nutzung bestehender GPS-Navigationshardware für den Betrieb mit Galileo. Lediglich ein Software-Update für den jeweiligen Empfänger ist dazu erforderlich. Es ist zu erwarten, dass es bald nach Einführung von Galileo die ersten umschaltbaren Navigationsgeräte auf dem Markt geben wird.

Bemerkung: In diesem L1-Band werden am Boden beide Navigationssignale, also GPS und Galileo, gleichzeitig empfangbar sein. Lediglich durch entsprechende Demodulation der jeweiligen Signale lässt sich GPS oder Galileo zur Navigation nutzen.

Damit sind aber schon alle Gemeinsamkeiten zwischen den beiden Navigationssystemen genannt. Beide Systeme senden aber noch weitere Spektren auf unterschiedlichen Frequenzen und mit unterschiedlicher Codierung aus.

Für den vorwiegend sicherheitstechnischen Einsatz des Galileo-Systems wird das E5-Band mit einer Mittenfrequenz von 1191 MHz am unteren Ende der Galileo-Frequenzen ausgesendet. Dieses Signal ist ebenfalls spread-spectrum-moduliert und enthält verschlüsselte Codes.

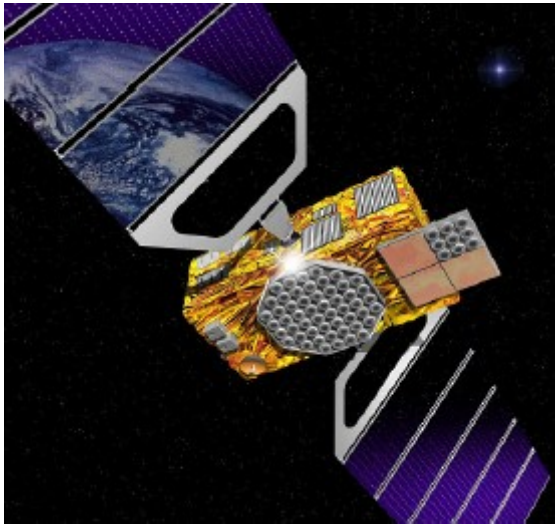


Abbildung 2: Satelliten Struktur

Für alle Nutzer, die mit erhöhter Präzision navigieren müssen (z.B. Vermessungsämter im Wasser-, Gas- und Straßenbau) wird im E6-Band mit einer Mittenfrequenz von 1278 MHz ein weiteres verschlüsseltes Signal ausgesendet. Dies kann, so ist es geplant, gegen eine Gebühr mit dem entsprechenden Schlüssel decodiert und zur Navigation genutzt werden.

2. Das Nutzersegment

Das Nutzersegment umfasst all diejenigen, die einen GPS-Empfänger einsetzen, um das GPS-Signal zu empfangen und so ihre Position und/oder Zeit zu bestimmen.

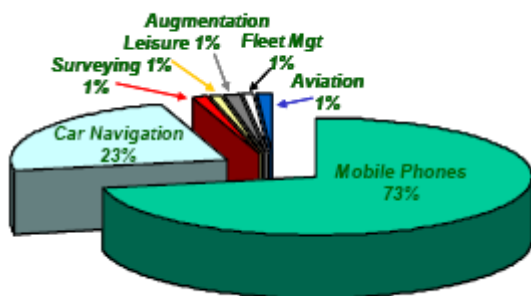


Abbildung 3: Die Anwendungssegmente

Die typischen Anwendungen innerhalb des Nutzersegments sind die Navigation auf dem Land, zu Wasser und in der Luft. Die Bestimmung von Fahrzeugpositionen oder die Vermessung, die Navigation auf See, Navigation in der Luftfahrt, die Maschinensteuerung, usw.



Abbildung 4: Einsatz in der Luftfahrt

Durch den bei Galileo einzigartig verfügbaren Rückkanal bei ca. 5 GHz ist erstmals auch der Einsatz in der Luftfahrt möglich geworden.

3. Funktionsweise von Galileo

Alle mit Galileo bestimmten Positionen basieren auf der Entfernungsmessung zwischen den Satelliten und dem Galileo-Empfänger auf der Erde. Die Distanz zu jedem der Satelliten kann vom Galileo-Empfänger bestimmt werden. Die zugrunde liegende Idee ist die des mehrfachen Bogenschlags, der zur täglichen Arbeit vieler Vermessungsingenieure gehört. Wenn die Entfernung zu drei Punkten relativ zur eigenen Position bekannt ist, kann die eigene Position im Verhältnis zu diesen drei Punkten bestimmt werden. Von der Entfernung zu nur einem Satelliten ist bekannt, dass die Position des Empfängers irgendwo auf der Oberfläche einer imaginären Kugel liegen muss, deren Mittelpunkt im Satelliten liegt. Durch den Schnitt durch die drei imaginären Kugelschalen kann die Empfängerposition bestimmt werden. Um die Entfernung zu jedem einzelnen Satelliten berechnen zu können, wird das kinematische Gesetz.

$$\text{Weg} = \text{Geschwindigkeit} * \text{Zeit}$$

verwendet. Beispielsweise ist es möglich, den Weg, den ein Zug zurückgelegt hat, zu berechnen, wenn sowohl die Geschwindigkeit, mit der er gefahren ist, als auch die Zeit, die er mit dieser Geschwindigkeit gefahren ist, bekannt sind.

Das Navigationssystem Galileo fordert vom Empfänger die Berechnung der Entfernung zum Satelliten. Die Geschwindigkeit ist die Geschwindigkeit des Funksignals. Die Radiowellen breiten sich im Vakuum immer mit der Lichtgeschwindigkeit $c_0 = 299.793 \text{ km/s}$ aus.

Die Zeit ist diejenige Zeit, die das Funksignal braucht, um vom Satelliten zum Galileo-Empfänger zu gelangen, was ein wenig schwieriger zu berechnen ist, da bekannt sein muss, wann das Funksignal den Satelliten verlassen und wann es den Empfänger erreicht hat.

Das Satellitensignal hat zwei Codes auf moduliert, den C/A-Code und den P-Code. Der C/A-Code basiert auf der Zeit, die gegeben ist durch eine hoch genaue Atomuhr. Der Empfänger enthält ebenfalls eine Uhr, die gebraucht wird, um einen entsprechenden C/A-Code zu generieren. Der GPS-Empfänger ist dann in der Lage, den einlaufenden Satellitencode mit dem vom Empfänger generierten Code durch Verschieben zur Deckung zu bringen, also zu korrelieren. Der C/A-Code ist ein digitaler Code, der pseudozufällig ist bzw. zufällig zu sein scheint. In Wahrheit ist er nicht zufällig, sondern wiederholt sich eintausend mal pro Sekunde. Auf diese Art und Weise wird die Zeit berechnet, die das Funksignal braucht, um vom Satelliten zum Galileo-Empfänger zu gelangen. Daraus lässt sich letztlich die aktuelle Position berechnen.

4. Ionosphärische und troposphärische Laufzeitverzögerung

Indem das Satellitensignal die Ionosphäre durchläuft, kann es verlangsamt werden, mit einem Effekt, ähnlich dem der Lichtbrechung in einem Glasblock. Diese Refraktionseinflüsse können zu einem Fehler in der Entfernungsberechnung führen, da die Geschwindigkeit des Signals beeinflusst wird. (Licht hat nur im Vakuum eine konstante Geschwindigkeit). Die Ionosphäre übt jedoch nicht etwa eine konstante Verzögerung auf das Signal aus. Vielmehr unterliegt dieser Einfluss den wechselnden Sonnenwinden und den resultierenden Effekten in der Ionosphäre. Das Ausmaß der durch die Ionosphäre bedingten Refraktion wird von verschiedenen Faktoren bestimmt. Signale von Satelliten mit niedriger Elevation sind stärker von der ionosphärischen Laufzeitverzögerung betroffen als Signale von Satelliten mit größerem Höhenwinkel. Das rührt daher, dass die Signale von niedrigen Satelliten einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen.

Das Ausmaß, mit dem die Dichte der Ionosphäre zunimmt, variiert mit den Sonnenzyklen (mit der Aktivität der Sonnenflecken). Die Sonnenaktivität erreicht ungefähr alle 11 Jahre ihren Höhepunkt. Der nächste Höhepunkt wird um das Jahr 2010 erwartet. Hinzu kommt, dass von Zeit zu Zeit Eruptionen auf der Sonne (sog. flares) auftreten, die ebenfalls einen Einfluss auf die Ionosphäre ausüben. Durch die Ionosphäre bedingte Fehler können unter Verwendung einer der beiden folgenden Methoden gemindert werden:

1. *Die erste Methode geht von einer mittleren Geschwindigkeitsreduktion bedingt durch ionosphärischen Effekte aus. Dieser Korrekturfaktor kann dann auf die Berechnung der Entfernung angewendet werden. Zu beachten bleibt, dass von*

einem Durchschnittswert ausgegangen wird und dass der angenommene durchschnittliche Zustand der Ionosphäre offensichtlich nicht zu jeder Zeit gegeben ist. Diese Methode ist daher nicht die optimale Lösung für die Korrektur aller ionosphärischen Fehler.

2. *Die zweite Methode setzt den Gebrauch von Zwei-Frequenz-GPS-Empfängern voraus. Derartige Empfänger messen die L1- und L2-Frequenzen des Galileo-Signals. Es ist bekannt, dass, wenn ein Funksignal die Ionosphäre durchläuft, es um ein Maß umgekehrt proportional zu seiner eigenen Frequenz verlangsamt wird. Daher kann unter Vergleich der Ankunftszeiten der beiden Signale die Verzögerung genau eingeschätzt werden. Zu beachten ist hier, dass dies nur mit Zwei-Frequenz-Galileo-Empfängern möglich ist. Die meisten Empfänger für Navigationszwecke sind jedoch Ein-Frequenz-Empfänger*

Ferner kann in der Atmosphäre enthaltener Wasserdampf (Luftfeuchtigkeit) das Galileo-Signal beeinflussen. Dieser Effekt, der eine Verschlechterung der Positioniergenauigkeit zur Folge hat, kann mittels atmosphärischer Modelle reduziert werden.

5. Die Signalcharakteristik

Das in Zukunft auszusendende Galileo-Signalspektrum erstreckt sich von ca. 1150 MHz bis 1600 MHz. Alle Signale sind Breitband-Spread-Spectrum modulierte Träger, die am Boden als sog. Pseudorauschen zu empfangen sind. Einzelne Signalspektren umfassen bis zu 70 MHz Bandbreite. Dabei sind jeweils die Mittenfrequenzen der einzelnen Spektren beschriftet. Durch die Spread-Spectrum-Modulation mit dem Pseudo-Noise-Code werden Breitbandspektren um die einzelnen Trägerfrequenzen herum erzeugt. Dadurch verteilt sich die abgestrahlte HF-Leistung auf einen weiten Bereich. Das ist auch der Grund, warum das Galileo-Signal nicht sehr nahe an dem Rauschpegel eines Breitbandempfängers mit seiner eintreffenden Feldstärke empfangbar sein dürfte. Erst nach der Demodulation erhöht sich das Verhältnis zwischen HF-Träger zum Empfängerrauschen ganz wesentlich. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht das von Galileo auszusendende Signalspektrum. Die folgende Abbildung veranschaulicht das vollständige Galileo-Signalspektrum im benutzten L-Band.

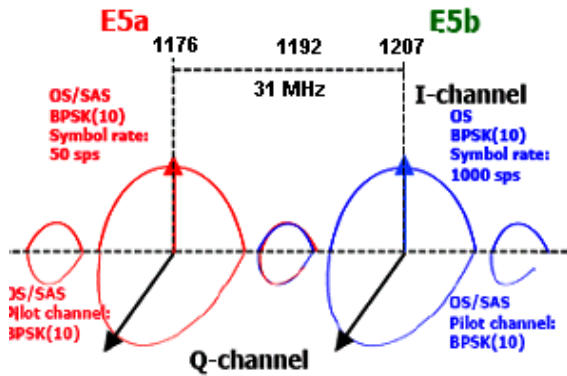


Abbildung 5: Das untere Spektrum

Das untere E5-Spektrum ist komplexer zusammengesetzt, so dass es in einer zweiten Grafik gesondert dargestellt ist. Deutlich sind auch die unterschiedlichen HF-Leistungen, die in den einzelnen Spektren verborgen sind, im Verhältnis zueinander zu erkennen.

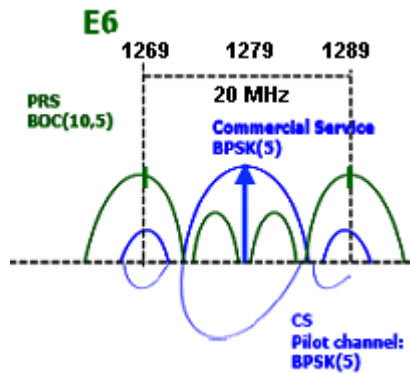


Abbildung 6: Zentrales Spektrum

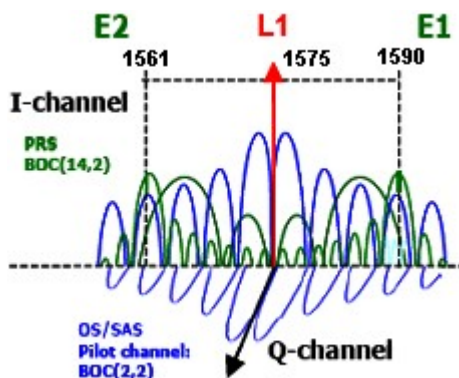


Abbildung 7: Das L-Band Spektrum

Die einzelnen Spektren sind zum Teil unterschiedlich moduliert und aufbereitet. Die jeweiligen Mittenfrequenzen sind über den Spektren eingetragen. Der I- und Q-Kanal des modulierten Signals wurde der Übersicht halber getrennt, aber übereinander, dargestellt.

6. Konflikte mit dem Amateurfunk

Das in Zukunft auszusendende Galileo-Signalspektrum erstreckt sich von ca. 1150 MHz bis 1600 MHz. Damit wird das 23cm-Amateurfunkband im Bereich von 1240 MHz bis 1300 MHz direkt betroffen. In der Praxis haben sich dabei bereits folgende internationale Konsequenzen ergeben:

Zuweisung	Nutzung
1240,000-1243,250 Alle	1240,000 1241,000 1242,000 1243,000 Digital Link + 59 MHz Shift + 53,5 MHz Shift
1243,250-1260,000 ATV	1243,250 1244,000 1245,000 1246,000 1247,000 1248,000 1249,000 1250,000 1251,000 1252,000 1253,000 1254,000 1255,000 1256,000 1257,000 1258,000 1259,000 1260,000 1261,000 1262,000 1263,000 1264,000 1265,000 1266,000 1267,000 1268,000 1269,000 1270,000 1271,000 1272,000 1273,000 1274,000 1275,000 1276,000 1277,000 1278,000 1279,000 1280,000 1281,000 1282,000 1283,000 1284,000 1285,000 1286,000 1287,000 1288,000 1289,000 1290,000 1291,000 1292,000 1293,000 1294,000 1295,000 1296,000 1297,000 1298,000 1299,000 1300,000 1301,000 1302,000 1303,000 1304,000 1305,000 1306,000 1307,000 1308,000 1309,000 1310,000 1311,000 1312,000 1313,000 1314,000 1315,000 1316,000 1317,000 1318,000 1319,000 1320,000 1321,000 1322,000 1323,000 1324,000 1325,000 1326,000 1327,000 1328,000 1329,000 1330,000 1331,000 1332,000 1333,000 1334,000 1335,000 1336,000 1337,000 1338,000 1339,000 1340,000 1341,000 1342,000 1343,000 1344,000 1345,000 1346,000 1347,000 1348,000 1349,000 1350,000 1351,000 1352,000 1353,000 1354,000 1355,000 1356,000 1357,000 1358,000 1359,000 1360,000 1361,000 1362,000 1363,000 1364,000 1365,000 1366,000 1367,000 1368,000 1369,000 1370,000 1371,000 1372,000 1373,000 1374,000 1375,000 1376,000 1377,000 1378,000 1379,000 1380,000 1381,000 1382,000 1383,000 1384,000 1385,000 1386,000 1387,000 1388,000 1389,000 1390,000 1391,000 1392,000 1393,000 1394,000 1395,000 1396,000 1397,000 1398,000 1399,000 1400,000 1401,000 1402,000 1403,000 1404,000 1405,000 1406,000 1407,000 1408,000 1409,000 1410,000 1411,000 1412,000 1413,000 1414,000 1415,000 1416,000 1417,000 1418,000 1419,000 1420,000 1421,000 1422,000 1423,000 1424,000 1425,000 1426,000 1427,000 1428,000 1429,000 1430,000 1431,000 1432,000 1433,000 1434,000 1435,000 1436,000 1437,000 1438,000 1439,000 1440,000 1441,000 1442,000 1443,000 1444,000 1445,000 1446,000 1447,000 1448,000 1449,000 1450,000 1451,000 1452,000 1453,000 1454,000 1455,000 1456,000 1457,000 1458,000 1459,000 1460,000 1461,000 1462,000 1463,000 1464,000 1465,000 1466,000 1467,000 1468,000 1469,000 1470,000 1471,000 1472,000 1473,000 1474,000 1475,000 1476,000 1477,000 1478,000 1479,000 1480,000 1481,000 1482,000 1483,000 1484,000 1485,000 1486,000 1487,000 1488,000 1489,000 1490,000 1491,000 1492,000 1493,000 1494,000 1495,000 1496,000 1497,000 1498,000 1499,000 1500,000 1501,000 1502,000 1503,000 1504,000 1505,000 1506,000 1507,000 1508,000 1509,000 1510,000 1511,000 1512,000 1513,000 1514,000 1515,000 1516,000 1517,000 1518,000 1519,000 1520,000 1521,000 1522,000 1523,000 1524,000 1525,000 1526,000 1527,000 1528,000 1529,000 1530,000 1531,000 1532,000 1533,000 1534,000 1535,000 1536,000 1537,000 1538,000 1539,000 1540,000 1541,000 1542,000 1543,000 1544,000 1545,000 1546,000 1547,000 1548,000 1549,000 1550,000 1551,000 1552,000 1553,000 1554,000 1555,000 1556,000 1557,000 1558,000 1559,000 1560,000 1561,000 1562,000 1563,000 1564,000 1565,000 1566,000 1567,000 1568,000 1569,000 1570,000 1571,000 1572,000 1573,000 1574,000 1575,000 1576,000 1577,000 1578,000 1579,000 1580,000 1581,000 1582,000 1583,000 1584,000 1585,000 1586,000 1587,000 1588,000 1589,000 1590,000 1591,000 1592,000 1593,000 1594,000 1595,000 1596,000 1597,000 1598,000 1599,000 1600,000

Abbildung 8: 23 cm Band-Plan (I)

Es werden bei der ITU in Genf keine weiteren Genehmigungen im Bereich der Downlink-Amateurfunksatellitenkommunikationen, also vom Satelliten zur Erde, in diesem Frequenzband erteilt. Dagegen sind Aussendungen vom Boden zum Satelliten im 23cm-Amateurfunkband nicht eingeschränkt worden. Sie werden weiterhin auf Antrag bei der ITU in Genf erteilt. Daneben ist absehbar, dass in naher Zukunft das 23cm-Amateurfunkband weiteren Beschränkungen

unterliegen wird. Insbesondere das 23cm-FM-Relaisnetz könnte bei den üblichen ausgestrahlten Sendeleistungen beschränkt werden.

Zuweisung		Nutzung		
D X	1296,000-1296,150 CW (Fn1)	1296,000 1296,025	EME	
		1296,138	PSK31	
		1296,200	Zentrum der Aktivität	
	1296,150-1296,800 SSB	1296,400 1296,600	Linear-Transponder Eingaben	
		1296,500	SSTV Schmalband	
		1296,600	RTTY (FSK/PSK)	
		1296,600 1296,800	Linear-Transponder Ausgaben	
		1296,700	FAX (FSK/PSK)	
		1296,800-1296,994 Baken	1296,800 1296,990	kein Sendebetrieb
		1296,994-1297,481 FM Relaisausgaben (IARU) RM 0-RM19 -35 MHz Shift		
	1297,494-1297,981 FM Simplex SM20-SM39	1297,500	NBFM Zentrum der Aktivität	
	1298,000-1300,000 Alle	1298,000		
		1298,025	FM Relaisausgaben RS01-RS28	
		1298,700	-28 MHz Shift	
		1298,725	PR Duplex Digipenterausgaben RS29-RS40	
		1299,000	-28 MHz Shift	
		1299,000 1300,000	Digital Link -59 MHz Shift	

Abbildung 9: 23 cm Band-Plan (II)

Aus Galileo-Anwendersicht ist der Massenmarkt, also der normale Navigationsanwender auf der Straße, Wasser oder zu Fuß nicht durch den Amateurfunk gestört, da dieses Gerätesegment beinahe ausschließlich im L1-Band, also bei einer Mittenfrequenz von 1575 MHz die Navigationsdaten empfangen wird. Kritisch ist das E6-Band, welches im Besonderen durch die Relaisausgaben auf exponierten Geländepositionen mit entsprechenden FM-Aussendungen gestört werden kann. Dabei wird direkt die Navigation

gestört, also nicht falsch navigiert, sondern das Empfängereingangsteil durch das starke FM-Signal einer Amateurfunk-Relaisausgabe „zugestopft“, d.h. die Navigation ist für die Zeit der Amateurfunkaussendung über das Galileo-E6-Band nicht möglich. Da das Galileo-E6-Band für zahlende zivile Nutzer vorgesehen ist, kann dies den Konflikt noch zusätzlich verschärfen, so dass mit einer zeitnahen Reaktion nach der Indienstellung von Galileo durch die Bundesnetzagentur, bzw. eine übergeordneten europäischen Behörde, gerechnet werden muss.

7. Das Projekt GATE

Im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), Bonn, wird durch ein Münchner Firmenkonsortium das System GATE entwickelt. Es handelt sich um ein Simulation- und Testsystem für das neue europäische Satellitennavigationssystem Galileo. Sechs Standorte rund um Berchtesgaden fungieren als „Satelliten“, also als Sender des Navigationssignals.

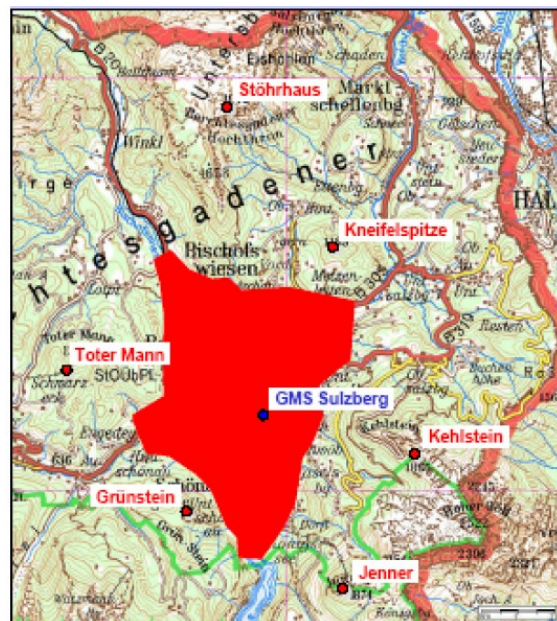


Abbildung 10: Das GATE Testgebiet

Mit geeigneten mobilen Galileo-Empfängern können diese Signale im Berchtesgadener Tal empfangen und ausgewertet werden, so dass Ortung und Navigation sowie weitere Dienste möglich werden. Darüber hinaus sollen zum Zweck der Systemüberwachung zwei identische GATE-Referenzempfänger am Sendemast Sulzberg des Bayerischen Rundfunks installiert werden, bestehend jeweils aus einer passiven Empfangsantenne am Mast und der eigentlichen Empfängerelektronik im BR-Betriebshäuschen. Die Installation des Systems und der Sendebetrieb sollen im Frühjahr 2006 beginnen. Die Betriebszeit des Systems soll etwa zwei bis drei Jahre betragen,

allerdings nur während definierter Testkampagnen, wenn also tatsächlich Nutzer im Testgebiet unterwegs sind. Bereits im Sommer 2005 sollten die Installation der Telefonanschlüsse sowie nach Möglichkeit die Installation der GATE Empfangsantennen am Standort Sulzberg (BR) samt Ausleger am Mast sowie der HF-Kabel zum Betriebsraum erfolgen, um mit Beginn der Saison 2006 mit der Aufstellung der eigentlichen Sendestandorte, sowie mit dem Testbetrieb beginnen zu können.



Abbildung 11: Blick auf das Testgebiet

Da im Raum Berchtesgaden einige FM-Relaisfunkstellen aus Österreich und Deutschland auf exponierten Standorten betrieben werden, kann es dort zu gegenseitigen Beeinflussungen kommen. Das betrifft auch dort ausschließlich das E6-Band des Galileo-Signalspektrums.

8. Galileo als Zeitbasis

Neuartige Modulationsverfahren wie z.B. das extrem schmale CCW mit einer theoretischen Bandbreite von 1 Hz sind nur möglich, wenn beide Stationen über langzeitstabile und hoch genaue Uhren verfügen. Dabei müssen sowohl die Trägerfrequenzen, als auch der Startzeitpunkt jedes CW-Zeichens exakt an den Uhrentakt angebunden werden. Da der Empfänger der jeweiligen Gegenstelle nun exakt weiß, wann ein CW-Zeichen beginnen muss, ist sie in der Lage dieses Zeichen tief aus dem Rauschen heraus zurechnen und sicher zu bestimmen ob es vorhanden, ein Punkt, oder ein Strich war. Das gilt auch für die Phase der Trägerwelle. Um diese Betriebsarten in Zukunft besonders zu unterstützen, werden bis zur Indienststellung von Galileo zahlreiche OCXO-Oszillatorschaltungen, welche an die Uhren und das Phasensignal von Galileo angebunden sind, veröffentlicht werden. Da dieses Signal weltweit zu empfangen ist, können auch CCW-Verbindungen über Kurzwelle, also über große Entfernungen, realisiert werden. Durch diese extrem geringen Bandbreiten beim CCW-Betrieb, kann theoretisch mit Leistungen im Bereich von wenigen hundert

mW auf Kurzwelle Betrieb gemacht werden. Die Kalibrierung von Messmitteln im Amateurfunk und der Einsatz von hoch stabilen 10-MHz-Referenzen werden den Selbstbau von Amateurfunkgeräten auf den SHF-Bändern weiter verbessern. Dazu werden bis zur Installation von Galileo zahlreiche hoch stabile Oszillatorschaltungen, welche in Frequenz und Phase an die umlaufenden Galileo-Satelliten angebunden sind, veröffentlicht werden.

8. Zusammenfassung

Es ist geplant, im Rahmen künftiger Münchner Amateurfunktagungen solche Schaltungen und Baugruppen zu veröffentlichen.

10. Referenzen

[1] American National Standards Institute/National Calibration Standards Laboratory Standard ANSI/NCSL-Z-540-1994-1, August 1994, Available From NCSL, 1800 30th St, Suite 305B, Boulder, Co (303)-440-3339

11. Wissenswertes

Der Autor hat aktiv am Aufbau des GATE Systems mitgewirkt, indem er die Sendeantennen und die RF Frontend Systeme für die Kayser-Threde GmbH in München entwickelt hat. Diese Antennensysteme wurden auf dem AMTA Europe Symposium 2006 in München vorgestellt. Bei der Inbetriebnahme konnten die ersten aufgetretenen Konflikte zwischen dem Amateurfunk und den Nutzern des Galileo Testgebiets beobachtet werden. Ebenso hat ein Wetterradar, stationiert in Salzburg, die Nutzer des Testgebietes beeinträchtigt. Am 5. April 2008 wurde anlässlich der 24. IPRT in Darmstadt ein Vortrag zu diesem Thema abgehalten.



05.04.2008