

# eLORAN – Renaissance eines Ortungsverfahrens

## Teil II – Ein Blick voraus auf eLORAN\*

Ein Beitrag von *Manfred Bauer*

Wer heutzutage das Stichwort »Navigation« hört, denkt an satellitengestützte Systeme, namentlich an GPS. Vorbei sind die Zeiten der astronomischen Navigation mit Hilfe von Sextanten, vorbei auch die Zeiten der Hyperbelnaviationsverfahren wie LORAN-C oder Decca. Dachte man. Doch seit sich die Meldungen über die Verwundbarkeit von GPS häufen, erinnert man sich an die alten Funkortungsverfahren zurück. Einige Länder planen, eine verbesserte Version – das sogenannte eLORAN – als zusätzliches System für den Fall der Fälle einzuführen.

### Autor

Manfred Bauer war Professor für Geomatik an der HCU; er ist Autor von »Vermessung und Ortung mit Satelliten«

### Kontakt unter:

m.bauer-hh@t-online.de

\* Teil I – »Ein Blick zurück auf die Grundlagen von LORAN-C« ist in den HN 97 erschienen (S. 17–21)

eLORAN | LORAN-C | Hyperbelnavigation | Funkortung | Primary Factor | Secondary Factor | PF | SF | ASF

## 5 eLORAN

### 5.1 Grundprinzipien

Die Grundprinzipien von eLORAN sind:

- eLORAN ist ein differenzielles Verfahren. Es werden Daten zur Verbesserung der Signallaufzeiten zur Verfügung gestellt, die auf differenziellen eLORAN-Referenzstationen in Echtzeit gewonnen und zur Verfügung gestellt werden.
- eLORAN bestimmt die Empfängerposition durch Trilateration unter Auswertung aller Signale der im Empfangsbereich des Empfängers liegenden eLORAN-Stationen.

Zur Durchführung dieser Grundprinzipien müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die ASFs der eLORAN-Sender, die in dem Bereich der vorgesehenen eLORAN-Ortung genutzt werden sollen, müssen durch vorangehende, einmalig durchzuführende Messungen bestimmt worden sein (siehe Kap. 5.2).
- In den eLORAN-Sendern muss eine geeignete Technik für hochgenaue Zeitmessung mit einheitlicher Zeitskala vorhanden sein (siehe Kap. 5.3).
- Es muss eLORAN-Referenzstationen geben, auf denen in Echtzeit temporäre ASF-Variationen bestimmt werden (siehe Kap. 5.4).
- Es muss einen Kanal geben (eLORAN-Datenkanal), über den die Korrekturdaten in Echtzeit ausgestrahlt werden können (siehe Kap. 5.5).

### 5.2 ASF-Bestimmung für eLORAN

Mit differenziellem GPS als hochgenauem Ortungssystem und mit der Verfügbarkeit von preiswerten, kleinen, hochgenauen Frequenznormalen liegen die Voraussetzungen dafür vor, ASF-Bestimmungen für eLORAN ausschließlich durch direkte Messungen durchzuführen. Hargreaves beschreibt

ausführlich, wie dies von der für die Navigation in englischen Gewässern zuständigen Behörde General Lighthouse Authority (GLA) umgesetzt wird (Hargreaves 2010).

Zur Durchführung der ASF-Bestimmung benutzt die GLA das eLORAN-ASF-Messungssystem der holländischen Firma Reelektronika (Abb. 17). Das System besteht unter anderem aus folgenden Hardwarekomponenten:

- eLORAN-Empfänger,
- DGPS-Empfänger,
- GPS-kontrolliertes Rubidium-Frequenznormal (Atomuhr),
- Prozessor zur Erzeugung von Zeitmarken (time tags).

Mit dem DGPS-Empfänger wird die »wahre« Position bestimmt (ground truth); mit dem mit einer Atomuhr ausgestatteten eLORAN-Empfänger wird die UTC-Ankunftszeit der eLORAN-Signale gemessen. Unter Verwendung der DGPS-Position und Kenntnis der Senderpositionen werden die Zeiten berechnet, die die Signale für die Pfade über See- wasser theoretisch benötigen. Da die Zeiten, zu denen die Signale von den Sendern ausgestrahlt wurden, bekannt sind und die Ankunftszeiten der Signale gemessen wurden, kennt man die tatsächliche Laufzeit der Signale. Diese tatsächliche Laufzeit wird in Relation gestellt zu der theoretischen Laufzeit – unter Berücksichtigung der PFs und SFs – und leitet daraus die ASFs ab. Die Realisierung dieses Grundprinzips ist insbesondere im Hinblick auf die Anforderung an die Genauigkeit der Zeitmessung nicht einfach (vgl. Hargreaves 2010).

Um die ASFs für ganze Messgebiete zu gewinnen, wird das Messgebiet in der bei hydrographischen Vermessungen üblichen Weise durch ca. 500 m nebeneinander liegende Linien erfasst. Durch von Hargreaves entwickelte Interpolationsverfahren (ebd.) entstehen bei der GLA aus den so gemessenen ASFs im Postprocessing 500 m × 500 m große Raster gleicher ASFs (ASF-Karten), überwiegend als digitale Karten zur späteren Verwendung in den eLORAN-Empfängern (Abb. 18).

### 5.3 eLORAN-Zeitreferenzsystem

Im eLORAN-Definitionsdocument (International Loran Association 2007) wird für eLORAN ein Zeit-

**Abb. 17:** eLORAN-ASF-Messungssystem der Firma Reelektronika



referenzsystem vorgeschrieben, das folgenden Kriterien genügt:

- Vollständige Unabhängigkeit von den GNSS.
- Öffentlich zertifiziertes System.
- UTC-Zeitskala.
- Qualität von Mehrfach-Cäsium-Uhren oder alternativer Methode gleicher Qualität.

Bei Erfüllung dieser Kriterien steht mit eLORAN ein Zeitmesssystem der Genauigkeit von 50 Nanosekunden zur Verfügung, was einer Distanz von 15 Metern entspricht.

Für die nordwesteuropäischen LORAN-C-Ketten (Northwest European Loran-C System, NELS) liegen diese Voraussetzungen durch die im Rahmen des Eurofix-Projekts durchgeführten Modernisierungen der LORAN-C-Ketten schon seit 1999 vor (Jorgensen 2000).

### 5.4 eLORAN-Referenzstationen

eLORAN verwendet Referenzstationen (Abb. 19). Die auf Punkten bekannter Koordinaten errichteten Stationen bestehen aus eLORAN-Empfängern mit Telemetrieeinrichtungen zur Übertragung von Korrekturdaten. Die Standorte der Referenzstationen liegen in der Nähe der Gebiete, in denen mit eLORAN navigiert werden soll.

Im eLORAN-Empfänger der Referenzstation wird laufend dessen Position aus den Signalen von mindestens drei eLORAN-Sendern abgeleitet (siehe Kap. 5.7). Da dabei auch der Uhrenfehler des eLORAN-Empfängers bestimmt wird, liegen im Empfänger die UTC-Empfangszeiten der eLORAN-Signale vor.

Aus den bekannten Koordinaten der eLORAN-Referenzstation und der eLORAN-Sendestationen, aus den bekannten Sendezeiten für die eLORAN-Signale sowie den bekannten, vorab bestimmten ASFs aller eLORAN-Sender im Gebiet der Referenzstation lassen sich die theoretischen Laufzeiten der eLORAN-Signale und damit deren theoretische Signalankunftszeiten berechnen. Die Differenzen zwischen theoretischen Signalankunftszeiten und gemessenen Signalankunftszeiten sind auf jahreszeitliche, tageszeitbedingte und wetterbedingte Abweichungen der aktuellen ASFs von den vorab bestimmten ASFs zurückzuführen. Diese Abweichungen werden modelliert und als Korrekturwerte in die eLORAN-Nachricht übernommen.

Die auf den eLORAN-Referenzstationen laufend durchgeführten Positionsbestimmungen dienen nicht nur zur Bestimmung der Korrekturdaten. Sie tragen gleichzeitig zur Integrität der eLORAN-Ortung bei.

Voraussetzung für die Verwendung der Korrekturdaten ist, dass sie auf geeignetem Weg den Empfängern zur Verfügung gestellt werden. Dazu gibt es bei eLORAN auf den ausgesandten Signalen einen Datenkanal – den eLORAN-Datenkanal (siehe Kap. 5.5).

### 5.5 eLORAN-Datenkanal

Die auf dem eLORAN-Datenkanal zu übertragenden Daten, müssen dem eLORAN-Signal mit Hilfe eines Modulationsverfahrens aufmoduliert werden. Es werden unterschiedliche Verfahren angewendet, andere werden diskutiert. Einen Überblick über mögliche Verfahren findet man bei Boyer (Boyer 2000). In den nachfolgenden Ausführungen wird auf die Verfahren eingegangen, die nach derzeitigem Stand realisiert sind oder aber realisiert wurden.

#### Eurofix-Modulation

Bei diesem Verfahren werden die Pulse 3 bis 8 – also sechs Pulse – des LORAN-Signals moduliert

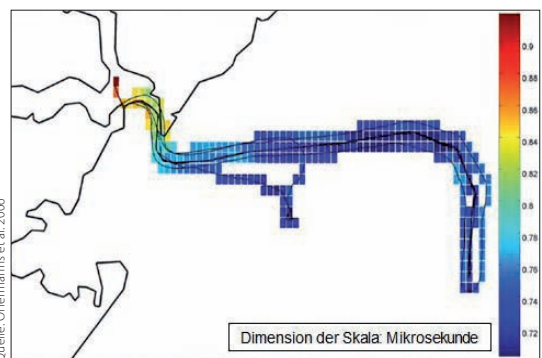


Abb. 18: ASF-Karte (Sender Lessay) für den Hafeneingang von Harwich

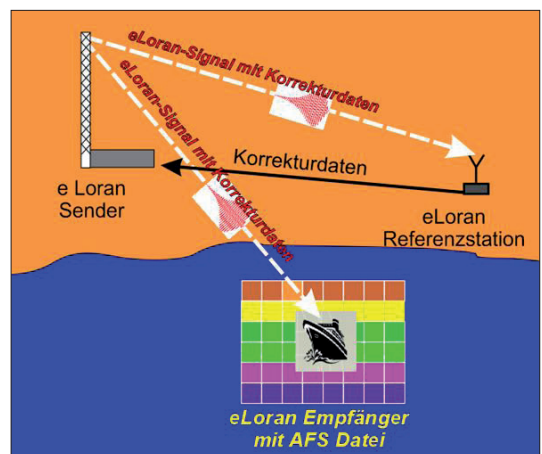


Abb. 19: Arbeitsweise einer eLORAN-Referenzstation

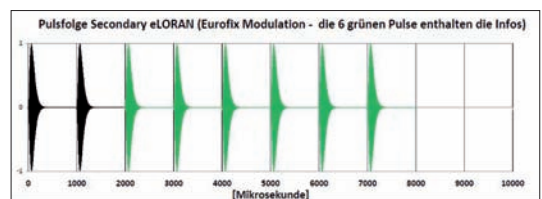


Abb. 20: Eurofix-Modulation (Modulation der Pulse 3 bis 8)

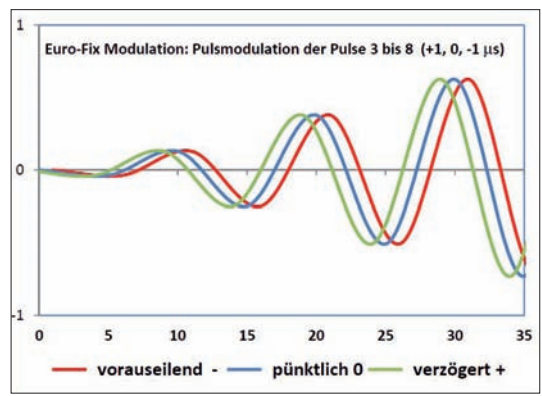


Abb. 21: Vorausseilender, pünktlicher, verzögerter eLORAN-Puls

(Abb. 20). Das Verfahren ist durch RTCM und ITU (International Telecommunication Union) standardisiert (Offermanns 1977).

Die Modulation erfolgt durch Zeitverschiebungen der LORAN-Pulse. Insgesamt sind drei verschiedene Zustände zur Modulation der Pulse definiert (Abb. 21):

- um 1  $\mu\text{s}$  vorauseilender Puls (Bezeichnung: +),
- pünktlicher Puls (Bezeichnung: 0),
- um 1  $\mu\text{s}$  verzögerter Puls (Bezeichnung: -).

Da eine Zeitverschiebung der Pulse die Zeitmessung beeinflusst, ist vereinbart, dass die Modulationen nur so durchgeführt werden, dass die Anzahl verzögerter und vorauseilender Impulse gleich ist.

Daraus lässt sich die theoretisch mögliche Anzahl ausgewogener Modulationsmuster bestimmen.

Gesamtzahl von ausgewogen Modulationsmustern				
Kombination von Modulationsmustern		Beispiel	Anzahl der Kombinationen	
6 x null	0 x plus	0 x minus	0 0 0 0 0 0	1
4 x null	1 x plus	1 x minus	0 0 + 0 - 0	30
2 x null	2 x plus	2 x minus	0 + - + 0 -	90
0 x null	3 x plus	3 x minus	+ + - - - +	20
				gesamt: 141

Von diesen 141 ausgewogenen Modulationsmustern sind 128 Muster ausgewählt worden, die sieben Datenbits repräsentieren. Der Übergang von der 6-Puls-Modulation zu den 7-bit-Symbolen wird durch eine Nachschlagetabelle (look-up table) durchgeführt.

Bei dem Modulationsverfahren werden abhängig von den Gruppenfolgeintervallen der Ketten Datenraten zwischen 70 und 175 Bits pro Sekunde erreicht (Offermanns 1977).

### Neunter-Puls-Positionsmodulation

Bei der Neunter-Puls-Positionsmodulation wird zur Informationsübertragung den acht Pulsen der Sekundärstationen ein neunter Puls hinzugefügt, die Masterstationen erhalten einen zusätzlichen Puls zwischen ihrem achten und neunten Puls (grüne Pulse in Abb. 22).

Die neunten Pulse werden 1000  $\mu\text{s}$  nach dem achten Puls zuzüglich einer individuellen Verzögerung übersandt (Abb. 24 und Abb. 25). Diese Verzögerungen enthalten die Informationen. 32 verschiedene Zustände sind für die Position des neunten Pulses definiert. Demnach können 5 bits ( $2^5 = 32$ ) in einer einzigen Pulsgruppe übermittelt werden.

In der Tabelle sind die individuellen Verzögerungen für jedes Symbol aufgelistet.

i	$\mu\text{s}$	i	$\mu\text{s}$	i	$\mu\text{s}$	i	$\mu\text{s}$
0	0	8	50,6	16	101,2	24	151,8
1	1,2	9	51,8	17	102,6	25	153,2
2	2,6	10	53,2	18	103,8	26	154,4
3	3,8	11	54,4	19	105,0	27	155,6
4	5,0	12	55,6	20	106,2	28	156,8
5	6,2	13	56,8	21	107,6	29	158,2
6	7,6	14	58,2	22	108,8	30	159,4
7	8,8	15	59,4	23	110,0	31	160,6

Abb. 24 zeigt die ersten acht Verzögerungen. In Abb. 25 sind alle 32 möglichen Verzögerungen dargestellt. Man erkennt sehr gut die je 50,6  $\mu\text{s}$  versetzten Verzögerungsgruppen. Die Neunter-Puls-Positionsmodulation wurde in den USA entwickelt und in den dortigen LORAN-Ketten erprobt.

Bei dem Modulationsverfahren werden abhängig von den Gruppenfolgeintervallen der Ketten Datenraten zwischen 50 und 125 Bits pro Sekunde erreicht (Dykstra u. Peterson 2006).

Abb. 22: Neunter-Puls-Positionsmodulation

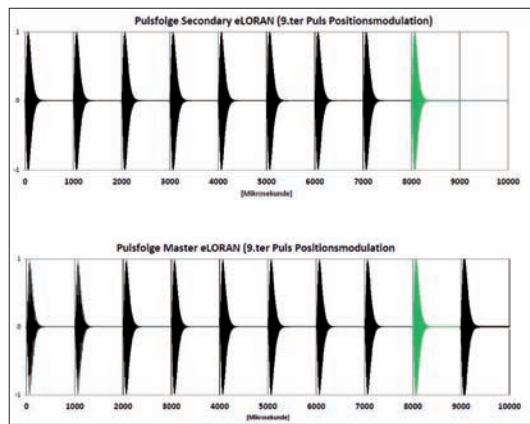


Abb. 23: Pulsfolge der Neunter-Puls-Positionsmodulation

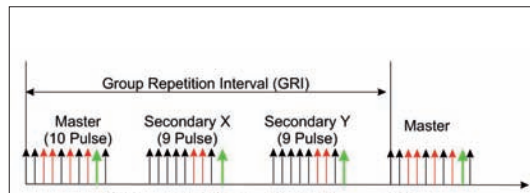


Abb. 24: Die ersten acht Verzögerungen der Neunter-Puls-Positionsmodulation

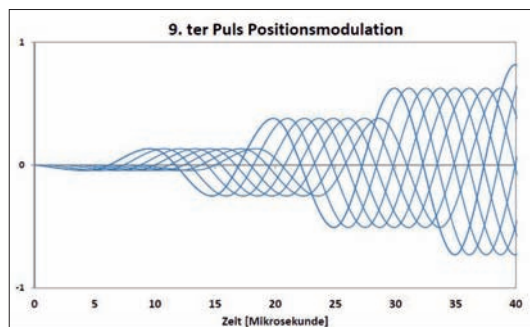
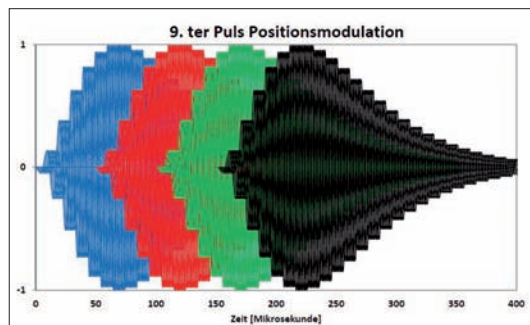


Abb. 25: Die 32 Verzögerungen der Neunter-Puls-Positionsmodulation



## 5.6 eLORAN-Nachricht

In dem eLORAN-Definitionsdocument (International Loran Association 2007) wird ausgeführt:

Zu den in der eLORAN-Nachricht zu übermittelnden Daten gehören mindestens:

- die Identität der Station, ein Almanach der LORAN-Sender und der Monitorstationen,
- absolute Zeit, basierend auf der UTC-Skala, Schaltsekunden-Offsets zwischen eLORAN- und UTC-Zeitsystem,
- Warnungen über anomale Radio-Ausbreitungsbedingungen, einschließlich früher Raumwellen, Warnungen über Signalausfälle zur Maximierung der Integrität des Systems,
- Nachrichten, die es den Nutzern erlauben, die eLORAN-Signale als echt zu erkennen,
- differenzielle LORAN-Korrekturen zur Maximierung der Genauigkeit,
- differenzielle GNSS-Korrekturen.

Im RTCM Paper 005-2010-SC127-07 gibt es für die Eurofix-Modulation eine Beschreibung der Formate, in dem diese und weitere Daten ausgesendet werden (Offermann 2010). Für die nicht standardisierte Neunter-Puls-Positionsmodulation findet man eine Beschreibung der Datenformate bei Dykstra u. Peterson (2006).

## 5.7 eLORAN-Ortung

Das klassische LORAN-Ortungsverfahren ist die Hyperbelortung. Im Gegensatz dazu kann in eLORAN-Ketten die Ortung durch Trilateration durchgeführt werden, in der LORAN-Terminologie als RHO-RHO-Ortung bezeichnet.

Da alle eLORAN-Sender auf einen gemeinsamen öffentlich zertifizierten hochgenauen Zeitstandard synchronisiert sind, liegen die Voraussetzungen dafür vor, dass ein eLORAN-Empfänger die Laufzeiten aller von eLORAN-Stationen ausgesandten Signale – in Bezug auf die Uhr im Empfänger – messen kann und aus den so gewonnenen Pseudostrecken seine Position ableiten kann (All-in-View-Konzept). Da zwei Koordinatenunbekannte und ein Empfängeruhrenfehler bestimmt werden müssen, werden mindestens drei Pseudostrecken benötigt. Die Empfänger arbeiten standardmäßig in einem »All-in-View-Modus«, sie verarbeiten also alle empfangbaren eLORAN-Signale. Dies erhöht die Genauigkeit, vor allem aber die Zuverlässigkeit der Positionsbestimmung.

Der größte Genauigkeitserfolg, der bei eLORAN im Vergleich zu LORAN-C erreicht wird, ergibt sich durch die eLORAN-Referenzstationen, auf denen die temporären ASF-Variationen ermittelt und als Korrekturen bereitgestellt werden.

Damit wird mit eLORAN eine Positionsgenauigkeit von 10 m (95 %) und besser erreicht. Die Minimum Performance Specifications des RTCM SC 127 für die Einfahrt in Seehäfen (harbour entrance approach) werden so eingehalten.

## 6 Geplante eLORAN-Realisierungen

### 6.1 England

England ist der erste Staat weltweit, der eLORAN eingeführt hat. Seit Mai 2010 wurde durch die zuständige Behörde ein Prototyp von eLORAN betrieben. Der Betrieb galt als »Prototyp«, da er das Konzept von eLORAN demonstrierte. Dabei wurden existierende LORAN-C-Stationen sowie eine neue Station (Anthorn) benutzt (Abb. 26) (Williams u. Hargreaves 2013).

Zu dem voll ausgebauten System gehören sieben eLORAN-Referenzstationen. Mit zwei eLORAN-Referenzstationen (Dover, Harwich) ist derzeit ein Teilbetrieb (initial operational capability, IOC) realisiert. Der Vollbetrieb mit fünf weiteren eLORAN-Referenzstationen (full operational capability, FOC) soll Ende 2014 erreicht werden. Dann wird in etwa 20 englischen Häfen eLORAN zur Verfügung stehen.

### 6.2 Südkorea

Südkorea hatte bisher zwei LORAN-C-Stationen in Pohang und Kwangju (Dykstra u. Peterson 2006). Diese Stationen sollen zu eLORAN-Stationen aufgerüstet werden und durch drei weitere Stationen ergänzt werden (Abb. 27).

Diese fünf eLORAN-Stationen sollen durch 43 eLORAN-Referenzstationen ergänzt werden (Abb. 28).

Im Jahr 2016 soll das koreanische eLORAN-System in einem Teilbetrieb aufgenommen werden (IOC), im Jahr 2018 voll betriebsbereit sein (FOC) (Seo u. Kim 2013). Korea hat sich bezüglich des Datenkanals noch nicht für ein Modulationsverfahren entschieden. Angestrebt wird ein Verfahren, welches eine Datenrate von mindestens 1000 Bits



### Literatur

- Boyer, James M. (2000): High Speed Loran-C Data Channel Communications; Loran Meetings, Washington, 12. – 15. November 2000
- Dykstra, Ken; Ben Peterson (2006): The Loran Data Channel: Progress to Date and Future Plans; Loran Meetings, Groton, 23. – 25. Oktober 2006
- Hargreaves, Chris (2010): ASF Measurement and Processing Techniques, to allow Harbour Navigation at High Accuracy with eLoran; Masterarbeit an der Universität Nottingham
- International Loran Association (2007): Enhanced Loran (eLoran) Definition Document
- Jorgensen, Terje H. (2000): Loran-C/Eurofix in Europe – A NELS Status Report; Loran Meetings, Washington, 12. – 15. November 2000
- National PNT Advisory Board (2010): White Paper on GPS Jamming; 4. November 2010
- Offermans Gerard (1977): The technical implementation of Eurofix; Reelelektronika B V
- Offermans Gerard (2010): Eurofix Message Format; Plutargus, RTCM Paper 005-2010-SC127-073
- Offermans, Gerard; Arthur Helwig; Paul Williams; Wouter Pelgrum (2006): Differential eLoran trials in Harwich harbour; Loran Meetings, Groton, 23. – 25. Oktober 2006
- Offermans, Gerard; Arthur Helwig; Jean-Francois Grall; Thierry Denaes (2011) Differential (e)Loran in France; European Navigation Conference, November-Dezember 2011
- Seo, Jiwon; Mincheon Kim (2013): eLoran in Korea – Current Status and Future Plans; eLoran Technologies
- Seo, Jiwon (2014): Persönliche Mitteilung
- United States Government Accountability Office (2013): GPS Disruptions – Efforts to Assess Risks to Critical Infrastructure and Coordinate Agency Actions Should Be Enhanced; Report to Congressional Requesters, November 2013
- Williams, Paul; Chris Hargreaves (2013) Making Europe's Seaways Safe for eNavigation; GPS World, 1. April 2013

Abb. 26: Geplante eLORAN-Konfiguration für England

pro Sekunde ermöglicht und das kompatibel mit Eurofix- und Neunter-Puls-Positionsmodulation ist (Seo 2014).

### 6.3 Andere Länder

#### Niederlande

Im Januar 2014 meldete Insidegnss, dass in den Niederlanden eLORAN erfolgreich getestet wurde ([www.insidegnss.com/node/3838](http://www.insidegnss.com/node/3838)). Es wurden Messungen in Seegebieten und im Hafengebiet von Europort (Rotterdam) durchgeführt. Die erreichten Genauigkeiten lagen im Fünf-Meter-Bereich.

#### Frankreich

Im Jahr 2011 testete die zu 74 % in französischem Staatsbesitz befindliche Firma DCNS (Direction des Constructions Navales) eLORAN in Brest (Seo u. Kim 2013). Die im Wesentlichen von der US-amerikanischen Firma UrsaNav durchgeführten Experimente entsprachen dem, was von eLORAN unter den dort herrschenden suboptimalen Versuchsbedingungen zu erwarten war (Genauigkeit 27 m (95%)).

#### USA

In den USA wurden die LORAN-C-Ketten beginnend ab ca. 2000 modernisiert. Ab 2005 hat die US-amerikanische Küstenwache LORAN-C durch Einführung des LORAN-C-Datenkanals zu einem eLORAN-System aufgerüstet. Dies mündete darin,

dass 2008 das Department for Homeland Security (DHS) vorschlug, eLORAN als Backup zu GPS zu etablieren. Aus finanziellen Gründen wurde dies aber nicht umgesetzt. Ab dem Jahr 2010 wurde in den USA der Betrieb der LORAN-Ketten eingestellt.

Diese Maßnahme blieb nicht ohne Widerspruch. Schon im November 2010 wies das »National PNT Advisory Board« – ein offizielles Beratungsgremium der US-amerikanischen Regierung – darauf hin, dass die USA in bedenklicher Weise von GPS abhängig sind, und dass GPS sehr leicht gestört werden kann (National PNT Advisory Board 2010). Das Gremium gab den dringenden Rat, eLORAN als Backup für eLORAN zu implementieren. Wörtlich formulierte das Gremium: »We strongly recommend that the previously announced decision (to deploy eLoran as the primary Alternate PNT) should be reconfirmed and quickly implemented«.

Im November 2013 veröffentlichte das United States Government Accountability Office – der Rechnungshof der USA – einen Bericht mit dem Titel »GPS Disruptions – Efforts to Assess Risks to Critical Infrastructure and Coordinate Agency Actions Should Be Enhanced« (GAO 2013).

In dem Bericht wird kritisiert, dass die Pläne zum Aufbau von eLORAN aufgegeben wurden. Unter anderem wird auf Seite 24 des Berichts ausgeführt: »Offizielle des Department of Transportation (DOT) haben festgestellt, dass das Abschalten von LORAN-C ein Verlust für GPS-Backup-Fähigkeiten ist, insbesondere im Hinblick darauf, dass DOT und Department of Homeland Security (DHS) die Umwandlung von LORAN-C in eLORAN als nationales GPS-Backup-System unterstützt haben.«

Im Februar 2014 fand im Ausschuss für Transport und Infrastruktur des US House of Representatives – des US-amerikanischen Abgeordnetenhauses – ein Hearing zum Thema »Die Zukunft der föderalen Navigationsprogramme« statt. In einem der dort gehaltenen Vorträge wurde der als Vater des GPS bezeichnete Dr. Brad Parkinson mit den Worten zitiert. »Das Vertrauen auf Satellitennavigations- und Zeitsysteme ist zu einer Bruchstelle für Amerika geworden und ist unser größtes nicht bedachtes kritisches Infrastrukturproblem.«

Auch beim »3rd Meeting of the National Space-Based Positioning, Navigation, and Timing (PNT) Advisory Board« (3. und 4. Juni 2014) wurde die GNSS-Verwundbarkeit diskutiert. Gleich in verschiedenen Vorträgen wurde unter dem Akronym »PTA« (Protect, Toughen, Augment) gefordert, sich mehr als bisher um dieses Thema zu kümmern. Nach Beratungen im US-amerikanischen Repräsentantenhaus liegt dem US-Senat seit dem 2. April 2014 der »Coast Guard and Maritime Transportation Act of 2014« vor. In diesem Gesetzentwurf werden der US-Küstenwache bis auf weiteres Aktivitäten zum Abbau und zur Beseitigung des LORAN-Systems untersagt.

Ob die geschilderten und andere Initiativen zur Wiederimplementierung von eLORAN in den USA führen werden, bleibt abzuwarten. ☺

Abb. 27: eLORAN-Sender in Südkorea



Abb. 28: 43 eLORAN-Referenzstationen für Südkorea (die Kreise haben einen Radius von 30 km)

