

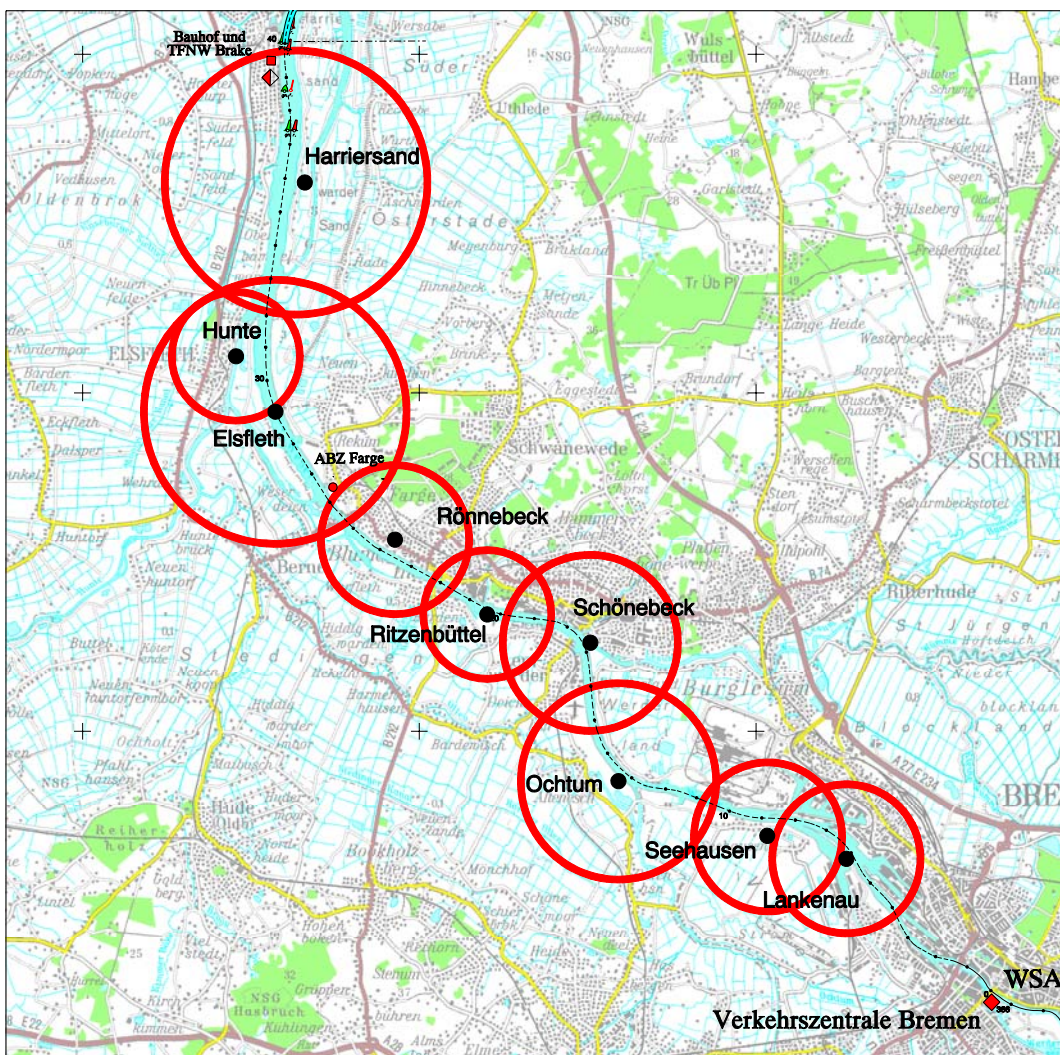


Radarzielverfolgung auf der Unterweser

von Techn. Ang. Josef Meindl,
Hauptwerkmeister Heinz Flügge und
Seeoberkapitän Tammo Gloystein

Vorbemerkung

In 2006 wurde die Modernisierung des VTS-Systems (**Vessel Traffic Service**) Bremen mit der Erneuerung der Radarkomponenten der Außenstationen abgeschlossen. Insgesamt stehen der Verkehrszentrale Bremen mit dem Neubau der Huntestation 9 Radarstationen zur Verfügung. Der Zuständigkeitsbereich beginnt bei den stadtbremischen Häfen flussabwärts und reicht an der nordwestlichen Grenze bis Käseburg. Beim Tonnenpaar 93/96 übernimmt die Verkehrszentrale Bremerhaven die Verkehrsüberwachung und Radarberatung.



Revierübersicht VTS Bremen



Nach der statistischen Erhebung von Schiffsbewegungen lag das jährliche Verkehrsaufkommen in 2005 bei ca. 5.600 Seeschiffen und 14.600 Binnenschiffen auf der Weser sowie ca. 200 Seeschiffen und 5.000 Binnenschiffen auf der Hunte. Additional kommt die saisonale Freizeit- und Sportschiffahrt, die keiner Meldepflicht und somit keiner Erfassung unterliegt, hinzu. Das zu überwachende Fahrwasser auf der Unterweser mit einer durchschnittlichen Breite von 150 bis 200 Metern stellt für größere Schiffseinheiten ein enges und anspruchsvolles Revier dar.

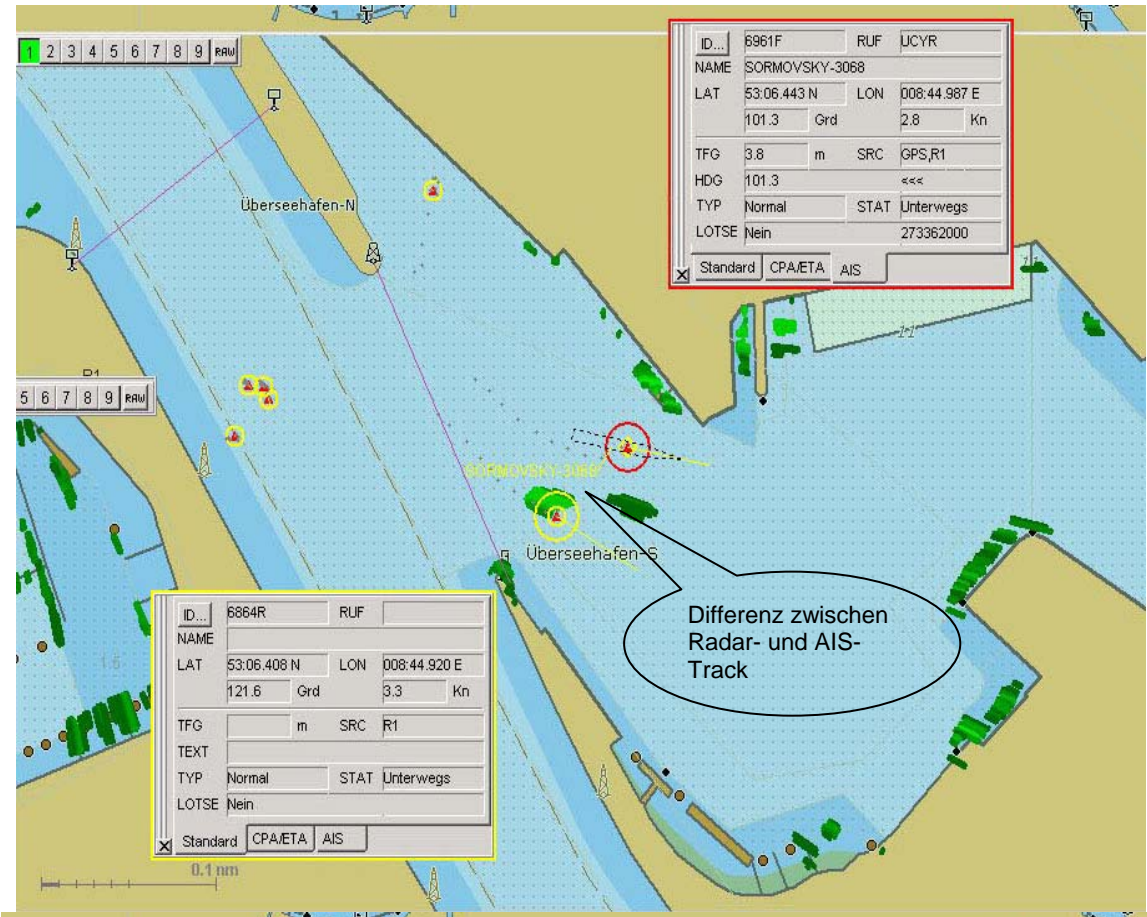
Bis zur Erneuerung des VTS Bremen stand dem nautischen Überwachungs- und Beratungspersonal ausschließlich die Rohradarinformation zur Verfügung. Die Erneuerung war aufgrund von Engpässen in der Ersatzteilversorgung zwingend notwendig. In Abhängigkeit neuer Nutzeranforderungen und des vom Dezernat VT initiierten Re-Engineeringprozesses wurden im Rahmen der notwendigen Erneuerungsmaßnahmen bereits Strukturen geschaffen, die geeignet sind, neue Technologien harmonisiert in das künftige **System Maritime Verkehrstechnik (SMV)** zu integrieren. So ist auch der für die Zielverfolgung zuständige Positionsermittlungsdienst integraler Bestandteil des SMV, welcher die Positionsdaten quellenabhängig als einzelne Werte (AIS, Radar, Funkpeiler etc.) oder auch fusioniert bereitstellt. Auf der Grundlage einer leistungsfähigen Zielverfolgung wird in einem modernen VTS fortlaufend ein aktualisiertes Verkehrslagebild erzeugt, anhand dessen sichere Verkehrsabläufe durch geeignete operationelle Maßnahmen geplant werden können. Der damit verbundene Informationsgewinn wirkt sich also spürbar auf die Qualität der Maritimen Verkehrssicherung (vgl. § 2 (1) Nr. 22 ff. SeeSchStrO aus, einhergehend mit einer Reduzierung manueller Datenpflege. Durch die Korrelation der Positions- mit den Schiffsdaten werden parallel Freiräume geschaffen, die eine dezidierte Abarbeitung der schiffahrtspolizeilichen Aufgaben begünstigen.

Grundsätzliche Anforderung an eine Zielverfolgung

Für die Verkehrsüberwachung ist der Bedienstete in der Verkehrszentrale auf eine Fülle nautischer Informationen angewiesen, die er zu einem Verkehrslagebild zusammenfassen und ständig der aktuellen Verkehrssituation anpassen muss. Hinsichtlich der Risikoeinschätzung auf der zu überwachenden Seeschiffahrtsstraße ist Radar als passiver und nicht zu beeinflussender Sensor eine äußerst gewichtige Quelle der Informationsgewinnung. Mit dem Aufbau der AIS-Landinfrastruktur (**Automatic Identification System**) stehen aber auch aktive Positionsdaten für die Zielverfolgung und Identifikation des Zielobjektes zur Verfügung. Bei den empfangenen Daten der ausrüstungspflichtigen Schifffahrt gilt es zu berücksichtigen, dass sowohl



die zyklisch gesendeten statischen als auch dynamischen Schiffsdaten fehlerbehaftet sein können. Wie die Darstellung deutlich macht, wird beispielsweise durch einen unkorrekten Eintrag des Schiffsantennenstandorts folglich auch die abgestrahlte Schiffsposition mit einem falschen Offsetwert beaufschlagt.



Unterschiedliche Positionsdarstellung eines fusionierten Tracks im Bereich Lankener Höft

Das rot hinterlegte Fenster zeigt, dass zwar eine Fusion – erkennbar durch das "F" in der ID – zwischen den Quellen R1 (Radarstation Lankenau) und AIS stattgefunden hat, die richtige Position muss jedoch zweifelsfrei dem Radarplot zugeordnet werden.

Da also die AIS-Position nicht immer adäquat ist, kann sie insbesondere erst nach hinreichender Verifizierung als nutzbare Quelle für eine Zielverfolgung herangezogen werden. AIS ist nach derzeitiger Erfahrung als ausschließliche Positionsquelle ohne entsprechende Plausibilitätsprüfung mit der Radarposition für eine Verkehrsberatung insbesondere im engen Unterweserrevier unzureichend. Hinzu kommt, dass im Standardmodus die aktuelle Position bei Langsamfahrten, Dreh- und Anlegemanövern, bedingt durch die geschwindigkeitsabhängige Updaterate, nicht immer hinreichend zeitnah dargestellt wird.



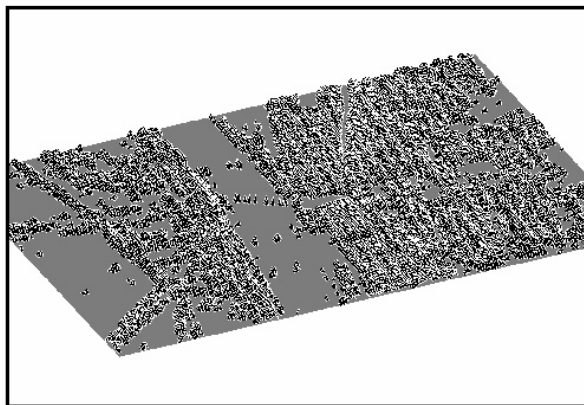
In einer Verkehrsüberwachung gilt es, nicht nur die aktuelle Verkehrssituation zu erfassen, sondern auch festzustellen, ob in einem überschaubaren Zeitabschnitt Risikosituationen eintreten können. Im Beratungsfall bietet das VTS eine zuverlässige Möglichkeit, kritische Orte für Begegnungs- oder Überholmanöver entweder über die ETA-Funktion (Estimated Time of Arrival) oder mittels des elektronisch generierten Weg/Zeit-Bilds im Voraus zu berechnen. Angesichts der engen Passierabstände bleibt das rechtzeitige Erkennen und das problemadäquate Einwirken auf die Begegnungssituation das wesentliche Kriterium für eine Kollisionsverhütung. Vorausedextrapolierte dichteste Annäherung (Closest Point of Approach – CPA) und die verbleibende Zeit bis zum Erreichen dieses Punktes (Time of CPA – TCPA) sind im engen und kurvenreichen Unterweser-Revier wenig hilfreich. Für die Einhaltung eines hydrodynamischen sicheren Passierabstands sind vielmehr die spezifischen Revierkenntnisse des nautischen Personals in Kombination einer zuverlässigen Positionsermittlung wesentlich ausschlaggebender. Die realistische Einschätzung des Passiermanövers bei radarerfassten Zielen ist einerseits von der Qualität der Zielauflösung, andererseits von der richtigen Interpretation des Radarbildes – Lage der Landstation zum Zielobjekt – durch den Operator abhängig. Bei plausiblen AIS-Positionsdaten werden sowohl die Position als auch der Schiffsumriss in dem gewählten Kartenmaßstab auf dem Radardisplay dargestellt. Ausschlaggebend für eine qualitativ hochwertige Zielverfolgung ist deshalb die präzise Kalibrierung der für die Positionsermittlung verantwortlichen Sensortechnik. Erst auf Basis dieser Voraussetzung und im Zusammenhang eines den Revierverhältnissen individuell angepassten Trackalgorithmus ist eine zuverlässige Zielverfolgung erreichbar.

Trackgenerierung auf den Radarstationen

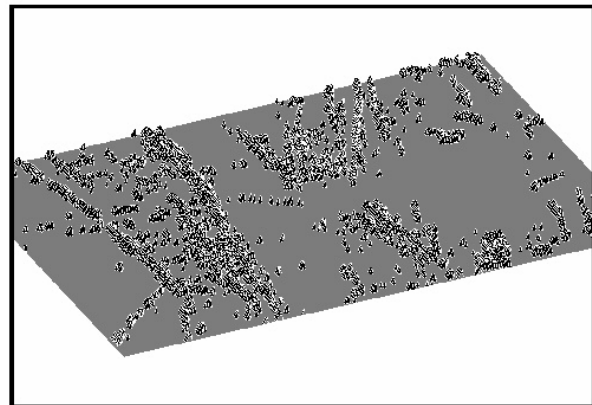
Für die Zielverfolgung müssen die analogen Radaramplituden digitalisiert und diversen Verarbeitungsprozeduren unterworfen werden. Diese äußerst komplexen Rechenprozesse können sowohl zentral als auch auf den Radarstationen erfolgen. Bedingt durch die schmalbandigen Übertragungsstrukturen findet beim VTS Bremen die Radarzielverfolgung auf den Außenstationen statt. Der Vorteil eines stationsbezogenen Trackprozesses liegt zum einen in der effizienteren Ressourcenaufteilung der gesamten Rechnerkapazität, zum anderen können bei knappen Übertragungsraten ggf. auch nur die gefilterten Zielinformationen (Tracks) zum VTS-Center übertragen werden. Ebenso werden bei der dezentralen Verarbeitung Echoverbreiterungen größerer und Echovervielfachungen kleinerer Ziele in den Übergabezonen – physikalisch bedingt durch den azimutalen Winkelversatz überlappender Stationen – vermieden.



Bei der Zielerkennung wird das Rohradarvideo der Außenstationen mit digitalen Signalprozessoren (DSP) analysiert und bearbeitet. Der Zieldetektor scannt die Rohradarvideos, bewertet die Parameter der Störeschos und berechnet die Signale innerhalb der Radarabdeckung. Dazu wird zur Unterscheidung von Nutz- und Störsignal eine sog. Threshold-Schwelle festgelegt. Die nachfolgende 3-D-Darstellung des Radarbildes Harriersand macht das Anheben und Absenken der Zielerkennungsschwelle deutlich.



3-D-Animation mit niedrigem Schwellenwert

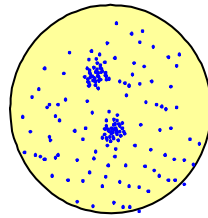


3-D-Animation mit hohem Schwellenwert

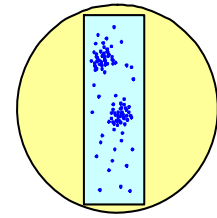
Alle in Entfernung und Azimut erkannten Radarinformationen über der Zielerkennungsschwelle ergeben einen Zielplot. Für jeden Plot werden seine individuellen Kenngrößen, bestehend aus Koordinaten des Echoschwerpunkts, maximale Signalamplitude, Echoausdehnung und Struktur (radial, tangential ansteigend oder abfallend) mit der Referenz zum Fahrwasser, berechnet. Kleinere Lücken innerhalb eines Zielplots, die durch Auffächerung eines Einzelziels entstehen können, werden gefüllt, um eine Aufspaltung in mehrere Plots zu vermeiden. Zur Zielverfolgung werden nur Plots herangezogen, die über mehrere Radarabtastungen bestehen. Gültige Plots werden in einer Tracking-Tabelle mit den Parametern Position, Geschwindigkeit und Kurs eingetragen. Zufällige Plots werden ignoriert. Hinsichtlich ihrer jeweiligen Position werden die Plots mit einem dualen Tracking-Filter geglättet. Die Filterparameter sind so eingestellt, dass sowohl Linearbewegungen als auch beliebige Manöver eines Zieles zuverlässig bewältigt werden können. Zur Zielerkennung werden zunächst Amplitudenstatistiken für kleine Radargebiete ermittelt und daraus für jedes Gebiet eine Detektorschwelle berechnet. Benachbarte Messwerte oberhalb dieser Schwelle werden zu Plots zusammengefasst. Verifizierte und von Umlauf zu Umlauf selektierte Plots werden identifiziert, gefiltert und schließlich als Track mit den Parametern Position, Kurs, Geschwindigkeit und Fahrt über Grund ausgegeben.



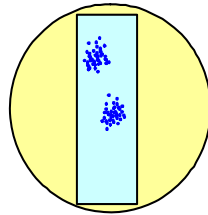
1. Digitalisierung der analogen Rohradarinformationen, mit einer Verbesserung der Signalgüte durch verschiedene Korrelationsabläufe



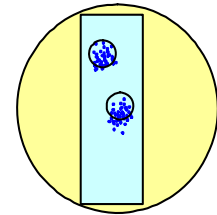
2. Reduzierung der Daten durch Land- und Detektor-Blanking



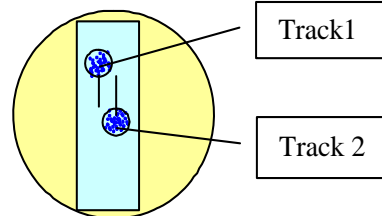
3. Bewertung und Gewichtung mit Schwellwertbildung (Zieldetektion)



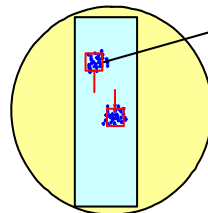
4. Analyse der Zielamplituden mit dem Erkennen von Häufungen (Plotbildung)



5. Erkennung und Zuordnung von Bewegungstendenzen der Plots mit dem Hintergrund der Zielverfolgung und Vorausberechnung



6. Die aus den vorgenannten Verfahrensschritten gewonnenen Daten werden zur Zentrale übertragen, im Multitracker des VTS-Systems verarbeitet und dem Traffic-Display des Operators zur Verfügung gestellt.



Schiff 1	
LAT: 53:15.724N	LON: 08:29.008E
180,0 Grd	5,8 Kn
TfG: 6,8 m	
Typ: Normal	Stat: Unterwegs
Lotse: nein	
L: 105,0 m	B: 8,1 m

Vereinfachte Darstellung der Verarbeitungsprozesse einer Trackgenerierung

Als weiterer Verfahrensschritt wird vor der Zielerkennung die Ausblendung nicht relevanter Landanteile (Land-Blanking) und parallel die Maskierung kleinerer Radarbereiche (Detektor-Blanking) durchgeführt, welche das Trackergebnis negativ beeinflussen können, wie z. B. zu nah am Fahrwasser gelegene Molenköpfe oder auch Störechos im unmittelbaren Bereich der Radarantenne. Unabhängig von der Maskierung werden diese Inhalte aber als Radarinformation auf dem VTS-Schirm dargestellt.

Trackverarbeitung im derzeitigen Positionermittlungsdienst

Anhand der mitgeführten Mitlaufzeichen werden die einzelnen Tracks differenziert zwischen R = Radarziel, A = AIS-Ziel, F = fusioniertes Radar/AIS-Ziel, P = Peiler erfasstes Ziel und V = virtuelles/manuelles Ziel.



Bei Radar erfassten Zielen liefert jede Antennenumdrehung Daten für eine neue Positionsermittlung, die in die nächste Trackberechnung einfließen. Ca. alle 3 Sekunden wird eine neue Radarposition übermittelt. AIS liefert Positionsinformationen in verschiedenen Zeitintervallen. Die Auswahl ist abhängig von der aktuellen Manöversituation und der Geschwindigkeit. Für die Dauer einer Antennenumdrehung können sich deshalb sowohl kleinere als auch deutlich größere Zeitabstände zwischen einer Radarposition und einer AIS-Position einstellen. Um eine gewisse Konsistenz in der Darstellung zu erhalten, wird immer die jüngste Position (AIS oder Radar) ermittelt, mindestens aber eine extrapolierte Position im Zeitintervall der Radarantennenumdrehung. Werden gleiche Ziele sowohl über Radar als auch mittels AIS getrackt, wird die ermittelte Position beider Quellen miteinander verglichen und bei Übereinstimmung das Ziel fusioniert. Für diesen Automatismus sind Grenzparameter definiert, innerhalb derer eine Fusion stattfinden darf. Die dafür zuständigen Parameter und Algorithmen sind im Wartungsmodus von der Systembetreuung in Grenzen editierbar.



Fusionierter Radartrack mit der AIS-Position

Neben der automatischen Trackfusion wird dem Operator die Möglichkeit eingeräumt, Radar- und AIS-Tracks auch manuell zu fusionieren oder wieder aufzulösen.

Werden bei einem bereits fusionierten Ziel Grenzparameter überschritten, sorgt entweder der Automatismus - zur weiteren Zielverfolgung wird dann der Radarplot herangezogen – oder das manuelle Eingreifen für die Trennung der Zielverschmelzung. Falls gewünscht, kann die Darstellung der AIS-Information vom Operator auch komplett ausgeblendet werden.

Bei plausibler AIS-Position, d. h. einer mit dem Radartrack identischen Zielposition, stellt AIS mit einem Differential-GPS-Signal die genauere Position dar. Wegen der unterschiedlichen Perioden des Positionsempfangs wird jeweils die jüngste AIS-Position verwendet und auf die Radarperiode extrapoliert. Die Positionen von Radar und AIS werden also auf einen gemeinsamen Zeitpunkt projiziert. Mit den korrekten Eintragungen des Antennenstandortes und der Schiffsabmessung an Bord liegen dann auch Daten vor, um Schiffsumrisse, abhängig von der gewählten Ausschnittsgröße der ENC-Karte, maßstäblich auf den Traffic-Displays darstellen zu können, wie die vorherige Abbildung zeigt.



Problematik der Zielverfolgung in Flussrevieren

Im Vergleich zur offenen See ist eine Zielverfolgung in Flussrevieren wesentlich anspruchsvoller und aufwändiger. Beim Bau der 1. Radarkette in 1987 wurde seinerzeit durch die unzureichende Disponibilität im Unterweserrevier von einer Zielverfolgung Abstand genommen. Probeweise wurden Schiffsradarsichtgeräte der Fa. Atlas Elektronik mit ARPA-Funktion (Automatic Radar Plotting Aid), die originär für den Einsatz auf Seeschiffen entwickelt wurden und der Kollisionsverhütung auf der offenen See dienen, eingesetzt. Bereits in der Aufbauphase stellte sich heraus, dass aufgrund der starken Uferbebauung und des relativ engen tideabhängigen Fahrwassers eine Zielverfolgung über eine längere Distanz, ohne dass die Tracks bereits nach kurzer Lebensdauer verloren gingen, nicht möglich war. Hinzu kam, dass durch das Umschalten auf ein anderes Radarbild alle aufgesetzten Tracks ohnehin gelöscht wurden. So wurde die ARPA-Funktion lediglich zur Geschwindigkeitsüberwachung der Schifffahrt eingesetzt.

Erst mit der neuen Generation leistungsfähiger Rechner war es möglich, eine beständige Zielverfolgung in engen Flussrevieren wirtschaftlich zu realisieren. In 2000 wurde probeweise ein 4-wöchiger Feldversuch mit den Stationen Ochtum, Schönebeck und Ritzenbüttel durchgeführt. Nach vorausgegangener Analyse der gegebenen Reviereigenschaften und der daraus resultierenden softwaretechnischen Anpassung der Test-Komponenten wurde die grundsätzliche Machbarkeit einer stationsübergreifenden Radarzielverfolgung im Unterweserrevier, wenn auch mit einer gewissen Trackverlustrate, nachgewiesen.

Die Verkehrszentrale Bremen überwacht einen Revierabschnitt auf der Weser von ca. 45 km. Schiffseinheiten, die aus der Hunte kommend die Weser flussaufwärts bis zu den stadtbremischen Häfen befahren, passieren insgesamt 9 Radarstationen. Radar-Tracks zielerfasster Objekte müssen dabei von Station zu Station weitergereicht werden. Dafür sind je Radarstation individuelle von den Überlappungsbereichen der sich schneidenden Radarkreise abhängige Übergabezonen eingerichtet worden. Neben den Übergabezonen müssen für eine durchgängige Zielverfolgung Trackpolygone definiert sein, die den nutzbaren Fahrwasserbereich einschränken. Kritische Flächen können durch verschiedene Bereichsabgrenzungen (prediction-zone, clutter-zone) beeinflusst oder auch gänzlich ausgeblendet werden (Blanking-Polygone). Die Umsetzung der Polygonzüge erfordert neben guten Systemkenntnissen tiefgehende Revierkenntnisse. Vor dem Hintergrund, dass für die Eliminierung von Negativeinflüssen eine Vielzahl von Parametern Einfluss nehmen können und die Optimierungen der Track-Qualität in der Regel mit einem immensen Zeitaufwand verbunden ist, war der im VTS integrierte Replaydienst für die nachträgliche Analyse der Trackverluste äußerst hilfreich.



Die Mehrzahl der verlorenen Ziele wurde vom diensthabenden nautischen Personal dokumentiert, so dass im Replay-Modus zielgerichtet nach Ursache und Wirkung geforscht werden konnte. Die essentielle Track-Optimierung hat das System letztendlich erst durch die Langzeitbeobachtung erfahren.

Im Rahmen der Erstinbetriebnahme sind durch den Tideeinfluss erhebliche Zielverluste aufgetreten. Abhängig von der Echostruktur fusionierte ein Teil der Ziele bei Niedrigwasser mit den Uferkonturen. Ursache dafür waren die bis an die Uferkanten geschnittenen Trackpolygone. Nach Einengung der Maske auf das mittlere Niedrigwasserniveau war das Problem im Wesentlichen behoben. Alternativ hierzu gab es die Überlegung, eine vom Tideverlauf abhängige und vom System gesteuerte Plotmaske einzusetzen.

Zielverluste gab es außerdem bei der besonders nah am Fahrwasser gelegenen Radarstation Rönnebeck. Abschattungen, bedingt durch dichte Uferbebauung, große Werfthallen sowie im Flussrevier liegende Schwimmdocks, trugen erheblich zur Steigerung der Verlustrate im Bereich der Station Schönebeck (Vegesacker Kurve) bei. Durch individuelle, im Feldversuch ermittelte Maßnahmen, wie die Verschiebung von Übergabezonen, die Einrichtung punktueller Blanking-Polygone und Prediction-Zonen innerhalb derer ein virtueller Track mit der Eintrittsgeschwindigkeit und dem Kurs weiter geplottet wird, wurden die ermittelten Problemzonen wesentlich entschärft.

Schwierigkeiten bereiteten auch die Darstellung langwieriger Überholvorgänge mit geringem Passierabstand. In Abhängigkeit der Schiffstypen, deren Echogrößen und räumlichen Lage zum Radarsender verschmelzen die Ziele häufig miteinander. Zusätzlich verstärkt wurde dieser Negativeffekt durch das geringere Auflösungsvermögen der alten Radarantennen. Neben einer definierbaren Zeit für die vermeintliche Dauer des Überholvorgangs sind hier dem softwaretechnischen Gestaltungsspielraum hinsichtlich geeigneter Trackalgorithmen enge Grenzen gesetzt.

Die **STC**-Einstellung (**S**ensitiv **T**ime **C**ontrol) der Radarstation nimmt bei Seegang und Regen unmittelbar Einfluss auf den Trackprozess. Im Sinne einer verlässlichen Zielverfolgung wurde der Operatorzugriff exklusiv auf den Nautiker vom Dienst (NvD) begrenzt. Insbesondere bei kleineren Zielen kann eine zu unempfindlich eingestellte **STC**-Schwelle (angehobene Linie entspr. der 3-D-Animation) Trackverluste verursachen.



Der Wirkbetrieb hat gezeigt, dass sich bei größeren Schiffseinheiten mit einer Länge größer 150 Metern vermehrt zerklüftete Echostrukturen einstellen können. Abhängig vom Schiffsaufbau und dem Standort zur Radarquelle findet der Trackprozessor keine zusammenhängenden Echoschwerpunkte mehr und generiert daraus mehrere Plots. Fehlt dann bei den nächsten Antennenumdrehungen aufgrund der neu zusammengesetzten Echostruktur der detektierte Einzelplot, geht der Track verloren. In der Regel ist diese Schiffskategorie AIS-ausrüstungspflichtig, so dass durch die Fusion beider Trackquellen, vorausgesetzt das AIS-Signal ist plausibel, ein Zielverlust vermieden werden kann.

Messtechnische Erfassung zur Feststellung der Qualität einer Zielverfolgung

Mit dem Aufbau der Radarzielverfolgung auf der Jade, der Außen- und einem Teilabschnitt der Unterweser sowie der Deutschen Bucht in den 80er Jahren wurde für eine vergleichbare, qualitative Aussage einer Zielverfolgung der Begriff "Tracklebensdauer" eingeführt. In einer realistischen Abschätzung wurden für den im Zuständigkeitsbereich des WSA Bremen liegenden Flussabschnitt der Unterweser 25 Stunden Tracklebensdauer gefordert. Das herangezogene Bewertungsverfahren zur Ermittlung der Tracklebensdauer wurde erstmals 1990 bei der 12. IALA-Konferenz in Holland vom damaligen Seezeichenversuchsfeld – heute FVT – vorgestellt.

Das Verfahren beschreibt die zurückgelegte Fahrtstrecke der erfassten Fahrzeuge in definierten Reviergrenzen innerhalb von 24 Stunden mit der Trackverlustrate (L-Rate) eines Tages. Abhängig von der Gesamtheit aller Tracks, der Verluste und der akkumulierten Fahrtstrecke wird dann vom System die Lebensdauer (Mean Life) eines Tages errechnet. Auf das mathematische Berechnungsverfahren wird hier im Einzelnen nicht näher eingegangen. Für die Ermittlung eines realistischen Wertes der Tracklebensdauer sollte im Sinne einer aussagekräftigen Statistik die Messung über einen möglichst langen Zeitraum durchgeführt werden.

In der Betrachtung verlorener Zielobjekte nehmen Größen wie geografische Verhältnisse, gegebene Echostruktur durch die ufernahe Bebauung, vorherrschende Verkehrssituation, Radareinstellung, Wetter- und Tideeinflüsse etc. Einfluss. Die Zielverlustrate ist also keine feste Größe, sondern einer gewissen Varianz in Abhängigkeit vorgenannter Faktoren unterworfen.

In der Zeit vom 05.04.2006 bis 25.04.2006 erfolgte eine erste quantitative Auswertung der Trackverluste mittels der im VTS implementierten Radardatenaufzeichnung. Die Analyse bezog sich flussabwärts auf den ca. 45 km langen Teilabschnitt des Bremer Weserrevers, allerdings noch in Abhängigkeit der alten Generation von Radaranlagen.



Für eine Langzeitmessung von Trackverlusten wurde im VTS Bremen ein Software-Tool (T-Loss) implementiert, das tägliche Log-Files über die Aktivitäten von Tracks innerhalb der vorgegebenen Messzone erzeugt. Protokolliert wird dort das Akquirieren, das Eintreten, das Verlassen sowie der Verlust von Tracks. Jeder Protokolleintrag wird mit einem Zeitstempel, einer Ortsangabe (LAT/LON, WaStrKm) und einer Schiffsidentifikation (track_id, callsign) verknüpft. Ferner erzeugt die TLoss-Funktion zusätzliche Dateien für die tägliche statistische Auswertung, in denen beispielsweise die Anzahl der akquirierten und verlorenen Tracks pro Tag, die tägliche Trackverlustrate, die mittlere zurückgelegte Strecke aller Tracks und die mittlere Tracklebensdauer gespeichert werden. Alle ermittelten Ergebnisse werden schließlich zu einer Gesamtübersicht gemäß Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 – Track Statistics 05.04.2006 – 20.04.2006

Day	Date	Tracks	Losses	L-Rate	Mean Path	Mean Life
Wed	05.04.06	134	0	0,0 %	422,10 km	40,92 h
Thu	06.04.06	176	5	2,8 %	220,27 km	15,19 h
Fri	07.04.06	121	7	5,8 %	127,45 km	8,01 h
Sat	08.04.06	82	9	11,0 %	97,74 km	6,02 h
Sun	09.04.06	63	2	3,2 %	323,33 km	18,58h
Mon	10.04.06	92	0	0,0 %	791,06 km	50,54 h
Tue	11.04.06	99	8	8,1 %	108,61 km	6,66 h
Wed	12.04.06	136	8	5,9 %	117,89 km	7,19 h
Thu	13.04.06	92	7	7,6 %	110,26 km	7,57 h
Fri	14.04.06	84	2	2,4 %	238,24 km	17,32 h
Sat	15.04.06	31	1	3,2 %	217,45 km	14,88 h
Sun	16.04.06	8	0	0,0 %	92,72 km	5,68 h
Mon	17.04.06	32	1	3,1 %	318,89 km	18,47 h
Tue	18.04.06	126	3	2,4 %	314,96 km	19,02 h
Wed	19.04.06	154	3	1,9 %	503,36 km	31,11 h
Thu	20.04.06	46	29	63 %	8,9 km	0,44 h
Total	1.476	1.476	85	5,8 %	131,03 km	8,42 h

Im Rahmen der nachträglich durchgeführten Trackanalyse wurden 73 von insgesamt 85 Trackverlusten im Einzelnen untersucht. Der Betrachtung wurde die aus dem System exportierte TLoss-Statistik zugrunde gelegt. Aus der unbereinigten Tabelle kann eine Tracklebensdauer von 8,4 Stunden, das entspricht einer Verlustrate von 5,8 %, entnommen werden. Die Einzelanalyse zeigt, dass allein durch fehlerhafte oder fehlende AIS-Informationen 39 Trackverluste zu verzeichnen waren. Diese hohe Verlustrate stützt sich insbesondere auf 29 Trackverluste eines einzigen Schiffes am 20.04.2006 und 10 weiterer Verluste durch 2 andere Seeschiffe am 07. und 08.04.2006.



In die Betrachtung muss noch mit einbezogen werden, dass zum Zeitpunkt der Messung aufgrund der noch nicht in Betrieb genommenen AIS-Basisstation Lankenau keine zuverlässige Abdeckung gegeben war. Ebenso müssen 7 Trackverluste am 13.04.2006 wegen Wartungsarbeiten an der Radarstation Schönebeck aus der Statistik herausgerechnet werden. Bereinigt man die Trackstatistik um die nicht dem System anzuhaftenden 39 Verluste, ergibt sich die nachfolgende neue Tabelle 2.

Tabelle 2 – Track Statistics 05.04.2006 – 20.04.2006*

Day	Date	Tracks	Losses	Losses*	Total Life	Mean Life*	L-Rate*
Wed	05.04.06	134	0	0	40,92 h	40,92 h	
Thu	06.04.06	176	5	5	75,95 h	15,19 h	
Fri	07.04.06	121	7	4	56,07 h	14,01 h	
Sat	08.04.06	82	9	2	54,18 h	27,09 h	
Sun	09.04.06	63	2	2	37,16 h	18,58 h	
Mon	10.04.06	92	0	0	50,54 h	50,54 h	
Tue	11.04.06	99	8	8	53,28 h	6,66 h	
Wed	12.04.06	136	8	8	57,52 h	7,19 h	
Thu	13.04.06	92	7	0	52,99 h	52,99 h	
Fri	14.04.06	84	2	2	34,64 h	17,32 h	
Sat	15.04.06	31	1	1	14,88 h	14,88 h	
Sun	16.04.06	8	0	0	5,68 h	5,68 h	
Mon	17.04.06	32	1	1	18,47h	18,47h	
Tue	18.04.06	126	3	3	57,06 h	19,02h	
Wed	19.04.06	154	3	3	93,33 h	31,11h	
Thu	20.04.06	46	29	0	12,76 h	12,76 h	
Total	1.476	1.476	85	39	715,43 h	18,34 h	2,6 %

- 1) Die Spalte Losses* ist die um die Trackverluste bereinigte Spalte Losses
- 2) Die Spalte Total Life ergibt sich aus der Spalte Losses und der Spalte Mean Life der vorherigen unbereinigten Tabelle
- 3) Die Spalte Mean Life* ergibt sich aus den bereinigten Trackverlusten (Losses*)
- 4) Die Spalte L-Rate* ist die neue prozentuale Verlustrate

Nach Berichtigung der Trackstatistik wird nun eine mittlere Tracklebensdauer von über 18 Stunden erreicht. Das entspricht einer prozentualen Verlustrate von 2,6%. Ebenso konnte im Rahmen der analysierten Replays festgestellt werden, dass zu hohe Clutteranteile und falsch eingestellte STC-Dämpfungswerte im Nahbereich gleichfalls zur Kumulation der Zielverlustrate beigetragen haben. Sie belasten die Statistik mit insgesamt 12 Verlusten. Subsumiert mit den verbliebenen 39 Trackverlusten ergibt sich daraus eine Verlustrate von 27 Tracks. Das entspricht dann einer neuerlichen mittleren Tracklebensdauer von 26,5 Stunden und einem Messwert, der bereits in der geforderten Größenordnung liegt.



Die verbleibenden Trackverluste wurden nicht näher analysiert bzw. konnten im Nachhinein auch nicht mehr erklärbar nachvollzogen werden. Vereinzelt Fälle sind auf Fehlbedienungen durch die Operatoren oder schwer auflösbare Konfliktsituationen zurückzuführen.

Ausblick

Das statistische Ergebnis der 1. Voruntersuchung zeigt, dass bereits ohne die neuen Radarsensoren eine Tracklebensdauer in der Größenordnung von ca. 20 Stunden erreichbar war. Im Rahmen des geplanten Austausches der alten Radaranlagen verbunden mit einer Optimierung der STC-Einstellungen wird sich eine weitere Minimierung der Trackverluste im Nahbereich einstellen, so dass nach Abschluss der Modernisierungsmaßnahme die Tracklebensdauer im avisierten Stundenbereich von 25 Stunden auf Dauer erreicht wird.

Die dargestellten Probleme zeigen aber auch, dass es eine Zielverfolgung ohne Trackverluste nicht geben kann. Umwelt, Revierverhältnisse, Radarphysik und verwendeter Trackalgorithmus geben das Limit des Machbaren vor.

Literatur:

- *Bericht zur Analyse von Trackverlusten VTS Bremen – Fa. ATLAS Elektronik*
- *Experience with Computer-assisted Shore-based Radar systems – FVT Koblenz*