

# Ja, wo laufen sie denn? Tracking und Tracing in 2D, 3D und 4D

Hans Viehmann  
ORACLE Deutschland B.V. & Co. KG  
NL Hamburg

## Schlüsselworte

Geodaten, Object Types, Domain Indexing, Advanced Queueing, Kartendarstellung, Routenplanung, Event-driven Architecture, Stream Analytics

## Einleitung

Die Erfassung und Auswertung der Bewegung von Personen, Fahrzeugen und Gegenständen spielt in den unterschiedlichsten Bereichen eine wichtige Rolle. Egal, ob es sich um Verkehrsprojekte in Smart Cities, um das Verhalten von Kunden in Einkaufszentren oder um die Auslieferung von Bauteilen in Produktionsketten im Umfeld von Industrie 4.0 Projekten handelt. Überall haben Standortdaten und die Verfolgung von Objekten einen Anteil an Entscheidungsprozessen. Oracle bietet seit Jahren für diese Einsatzfelder Technologien zur Verwaltung, Analyse und Visualisierung raumbezogener Daten an. Dieser Beitrag stellt die aktuellen Möglichkeiten in Oracle 12.2 Spatial and Graph dar und erläutert die Grundlagen der Anwendungsentwicklung On-Premises und in der Oracle Cloud. Hierzu gehören neben der Visualisierung auf Karten auch weitergehende Analysen, die mit der Verwendung des Straßennetzes in der Datenbank einhergehen.

## Grundlagen

Raumbezogene Daten sind Bestandteil praktisch jeder Datenbank. Sie kommen in verschiedenen Formen vor und beschreiben beispielsweise topographische Strukturen wie Flüsse oder Parks, aber auch Positionen von Fahrzeugen oder Smartphones. Aber nicht nur Positionsangaben in Form von geografischen Koordinaten enthalten einen Raumbezug. Auch Umsatzzahlen können räumlich verortet werden, wenn sie einer Region zugordnet sind. Ebenso stellen Adressen oder Ortsbezeichnungen wie etwa Sehenswürdigkeiten raumbezogene Daten dar. All diesen Daten kommt eine spezielle Bedeutung zu, weil sie einen Bezug herstellen, wo anderweitig keine Beziehung vorhanden wäre.

Tabelle Gemeinde

ID	NAME	GRENZE
NUMBER	VARCHAR2	SDO_GEOMETRY

SDO_GTYPE	NUMBER
SDO_SRID	NUMBER
SDO_POINT	SDO_POINT_TYPE
SDO_ELEM_INFO	SDO_ELEM_INFO_ARRAY
SDO_ORDINATES	SDO_ORDINATE_ARRAY

Abb. 1: Datentyp SDO\_GEOMETRY

Um in der Datenbank mit raumbezogenen Daten umgehen zu können, benötigt man vier Basis-funktionalitäten. Zunächst braucht man einen Datentyp zur Speicherung räumlicher Daten als Punkte, Linien, oder Flächen samt des zugehörigen Koordinatensystems. Für diese Objekte benötigt man topologische Operatoren, die räumliche Beziehungen bestimmen können. Außerdem räumliche Funktionen beispielsweise zur Berechnung von Flächen, Abständen oder Pufferzonen. Und schließlich

räumliche Indices, um schnell und gezielt auf Geometrien zugreifen zu können. Entsprechende Funktionalitäten sind in Oracle seit 1995 vorhanden und seither sukzessive verfeinert worden. So enthalten alle Datenbank-Editionen den Datentyp SDO\_GEOMETRY, Operatoren wie SDO\_INSIDE, Funktionen wie WITHIN\_DISTANCE oder den Domain Index MDSYS.SPATIAL\_INDEX, der im Gegensatz zum klassischen B-Tree auf einem R-Baum basiert. Die Spatial and Graph Option zur Datenbank umfasst darüberhinaus Funktionen zur Umsetzung von Adressen zu Koordinaten (Geokodierung), Routenplanung oder weitere Datentypen speziell zur Verwaltung von Daten in drei Dimensionen. Seit Oracle 12c sind auch eine Reihe von Performance-relevanten Optimierungen mit der Option verfügbar, die für den Einsatz im Umfeld von Data Warehouse Projekten oder anderen unternehmensweiten Implementierungen von Bedeutung sind. Zum Lizenzumfang gehört ebenfalls eine Komponente zur Visualisierung von Geodaten aus der Datenbank. Die Spatial and Graph Option ist Bestandteil verschiedener Cloud Services, so etwa der Database Cloud Services (High Performance und Extreme Performance Edition). Inzwischen sind unter der Produktbezeichnung Oracle Big Data Spatial and Graph auch Funktionalitäten zur räumlichen Analyse auf den Big Data Plattformen (Hadoop, SPARK, Oracle NoSQL) verfügbar, die auf den gleichen Konzepten basieren, deren Beschreibung aber den Rahmen dieses Beitrags sprengen würde.

### Location Tracking

Für die Überwachung und Rückverfolgung von Objekten, die mit einem Positionssensor verbunden sind, bietet Oracle Spatial and Graph seit Release 12.2 einen Satz von Programmierschnittstellen in Java und PL/SQL an, der auf den oben beschriebenen Basisfunktionalitäten aufsetzt. Dieser Tracking Server ist dafür gedacht, zahlreiche Objekte, die fortlaufend ihre Koordinaten senden, darauf zu überprüfen, ob sie vorgegebene Bereiche verlassen (Geofencing) oder ein vordefiniertes Zielgebiet erreichen. Die Implementierung basiert auf Advanced Queueing, um eine asynchrone Verarbeitung der Positionsdaten zu ermöglichen. Jede Position wird mittels des entsprechenden topologischen Operators darauf überprüft, ob sie die für das Objekt relevante Flächengeometrie berührt, wobei natürlich zur räumlichen Suche der Spatial Index verwendet wird.

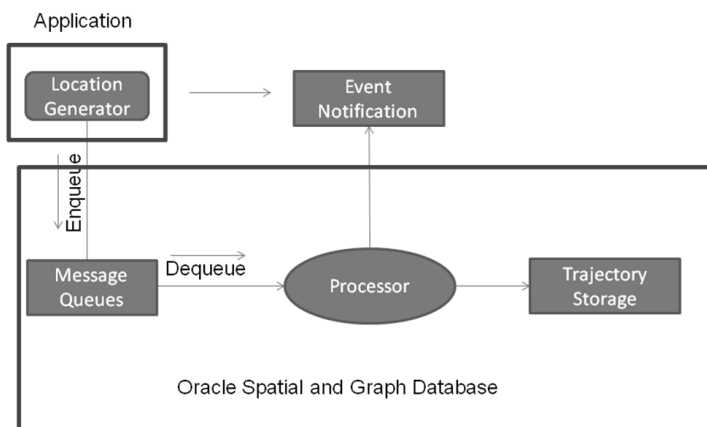


Abb. 2: Schematischer Aufbau des Location Tracking Servers

Technisch ist die Vorgehensweise wie folgt: Zunächst müssen die zu überwachenden Flächen definiert werden, im nächsten Schritt muss der Tracking Server initialisiert werden, anschließend werden die zu überwachenden Objekte definiert und den jeweiligen Flächen zugeordnet, und ab dann können Positionsmeldungen je Objekt über die entsprechende Queue an den Tracking Server gesendet werden. Tritt ein relevantes Ereignis ein, sprich: verlässt ein Objekt die vorgegebene Region bzw. erreicht es das Zielgebiet, wird in der Notification Queue eine entsprechende Meldung eingestellt, die dort

ausgelesen werden kann. Hier stehen alle Möglichkeiten zur Verfügung, die Advanced Queuing anbietet.

### Grafische Darstellung auf Karten

Für die Darstellung der Ereignisse im räumlichen Zusammenhang ist es hilfreich, die relevanten Objekte auf einer Karte zu visualisieren. Zu dem Zweck ist in der Spatial and Graph Lizenz eine Java-Komponente enthalten, die geometrische Objekte aus der Datenbank anzeigen und bei Bedarf auch statische Karten von maps.oracle.com, von Google Maps oder Bing Maps als Hintergrunddaten laden kann. Die Komponente basiert auf HTML5 und steht beispielsweise als Plug-in für Apex zur Verfügung, sodass eine sehr einfache Möglichkeit existiert, die zu überwachenden Flächen aus dem Tracking Server gemeinsam mit Ereignissen aus der Notification Queue auf einer Karte anzuzeigen. Die Nutzung von maps.oracle.com für die Hintergrundkarten über das Apex Plug-in ist im übrigen ohne Lizenzkosten möglich. Für die Entwicklung funktional anspruchsvollerer Anwendungen mit dynamischen Echtzeitdaten gibt es am Markt auch kommerzielle Tools wie beispielsweise LuciadRIA, die etwa in Anwendungen auf Basis OracleJET integriert werden können und ebenfalls direkt auf die raumbezogenen Daten in der Datenbank zugreifen.

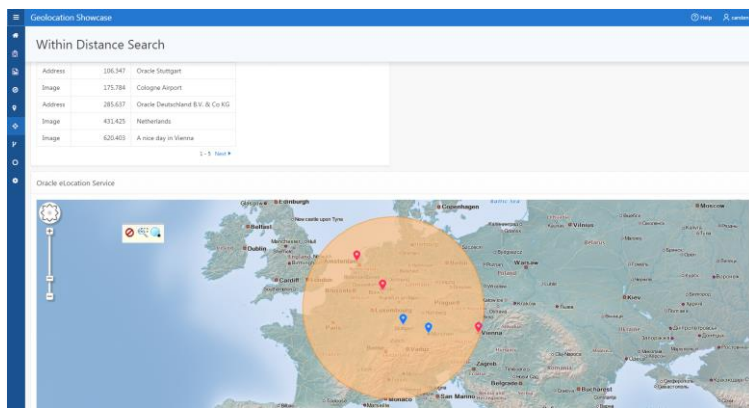


Abb. 3: Kartendarstellung in Apex mittels Geolocation Showcase

### Tracking und Tracing auf Straßennetzen

Je nach Anwendungsfall ist es unter Umständen nicht ausreichend, in der Verfolgung von Objekten nur die gesendete Position zu betrachten, weil diese, je nach Methode der Positionsbestimmung, eine mehr oder minder große Ungenauigkeit mit sich tragen kann. Außerdem sagt die Position nicht notwendigerweise etwas über die Wegstrecke zum Ziel aus, wenn man nicht gerade mit dem Hubschrauber unterwegs ist. Hier kann es notwendig sein, die Bewegungen der Objekte auf dem Straßennetz abzubilden. Zu diesem Zweck ist seit Oracle 10g die Unterstützung von Netzwerk-Datenmodellen in Oracle Spatial and Graph enthalten. Damit ist es möglich, Straßennetze, Versorgungsnetze, usw., als abstrakten Graphen in der Datenbank abzulegen und darauf Analysen durchzuführen. Für Straßennetze bedeutet dies, dass jeder Straßenabschnitt als Kante und jede Abzweigung bzw. Kreuzung als Knoten abgebildet und samt der zugehörigen Eigenschaften wie Fahrtrichtung der Einbahnstraße, Abbiegevorschriften, Geschwindigkeits- oder Gewichtsbegrenzungen in der Datenbank verwaltet werden kann. Entsprechende Referenzdatenbestände sind von kommerziellen Anbietern wie HERE oder Tomtom für Oracle Spatial and Graph fertig aufbereitet als Transportable Tablespaces verfügbar. Auch für OpenStreetMap existiert ein Konverter von CISS TDI, der die Daten für Oracle Spatial and Graph in ein routingfähiges Modell umwandelt.

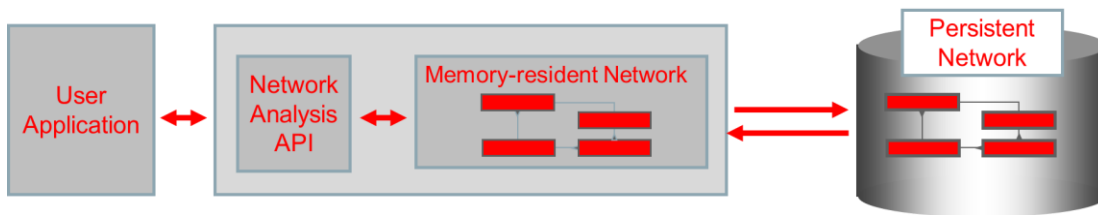


Abb. 4: Schematische Darstellung der Routing Engine in Oracle Spatial and Graph

Damit wird es möglich, ungenaue Positionsdaten von Fahrzeugen auf das nächstgelegene Straßensegment zu projizieren und über den Routenverlauf trotz unscharfer Standorte zu einer exakten Routengeometrie zu kommen. Außerdem steht auf diesem Netzwerk-Datenmodell eine Routing Engine zur Verfügung, die bei gegebener Position beispielsweise die kürzeste oder schnellste Strecke zum Ziel berechnen kann. Dafür nutzt sie eine Java Laufzeitumgebung, in der die relevanten Teile des Netzwerks im Hauptspeicher vorgehalten werden. Seit Oracle 12.2 ist die Routing Engine sogar in der Lage, für die Berechnungen Wochentag und Tageszeit, sowie davon abhängige Fahrzeiten auf Basis historischer Durchschnittsgeschwindigkeiten zu berücksichtigen.

### Event Processing Engines

Die oben beschriebene Implementierung des Tracking Server skaliert mit der Datenbank und ist durchaus in der Lage, eine große Anzahl bewegter Objekte zu überwachen. Für anspruchsvollere Anwendungen, die nicht nur raumbezogene Analysen auf Sensordaten und ähnlichen Datenströmen zum Ziel haben, reicht eine Datenbank-basierte Lösung allerdings irgendwann nicht mehr aus. Hier bietet sich konzeptionell eine ereignisgesteuerte Architektur (Event-driven Architecture) an, die im Kern auf einer Event Processing Engine basiert. Unter dem Produktnamen Oracle Stream Analytics findet sich eine entsprechende Plattform im Fusion Middleware Portfolio. Diese Plattform ist ebenfalls für die Analyse räumlicher Daten sehr gut geeignet, da sie ähnlich der Datenbank geometrische Objekte kennt, topologische Operatoren und geometrische Funktionen umfasst und eine räumliche Indizierung auf Basis von R-Trees enthält. Oracle Stream Analytics ist in der Lage, auf Datenströmen aus verschiedensten Quellen in Echtzeit Analysen auszuführen. Über eine grafische Oberfläche lassen sich Verarbeitungsschritte auf den Datenströmen entwerfen, weitestgehend ohne dass Codierung notwendig wäre. Die Engine bietet zahlreiche vorgefertigte design patterns, die Korrelation, Aggregation, Filterung, Mustererkennung, usw. bereits abdecken. Unter den design patterns speziell für Positionsdaten befinden sich auch mehrere Varianten von geografischen Abstandsberechnungen zwischen Objekten, Geofencing, räumliche Filterung, usw. Die Verarbeitung der eingehenden Meldungen erfolgt Event-basiert in Verarbeitungs-Pipelines, mit dem Ziel, aus potenziell riesigen Datenmengen nur die relevanten Ereignisse zu extrahieren und an einen Empfänger weiterzuleiten.

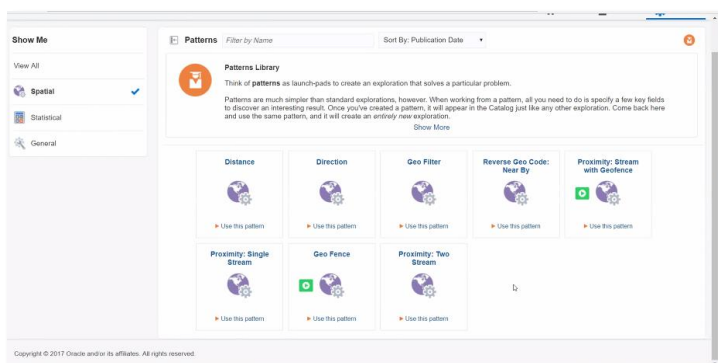


Abb. 5: Screenshot der design patterns für räumliche Daten in Oracle Stream Analytics

Oracle Stream Analytics wird beispielweise von Telematikdienstleistern zum Management von Millionen von Fahrzeugen eingesetzt. Die Engine kommt aber auch im Oracle Internet of Things (IoT) Cloud Service zum Einsatz. Dank der grafischen Benutzeroberfläche lassen sich damit sehr schnell komplette Anwendungen entwickeln, die von der Anbindung unterschiedlicher Geräte an den Cloud Service, über den Umgang mit verschiedenen Sensoren oder Meldungsformaten, bis hin zur Integration diverser Unternehmensanwendungen alle notwendigen Funktionalitäten umfassen. Die Definition von flächenhaften Objekten für Geofencing mithilfe einer Karte ist ebenso enthalten, wie die Vorgabe der unterschiedlichen raumbezogenen Ereignisarten (Objekt bewegt sich in die vorgegebene Region hinein, Objekt bewegt sich aus der Region heraus, Objekt unter- oder überschreitet einen vorgegebenen Abstand, oder behält einen der Zustände eine längere Zeit bei).

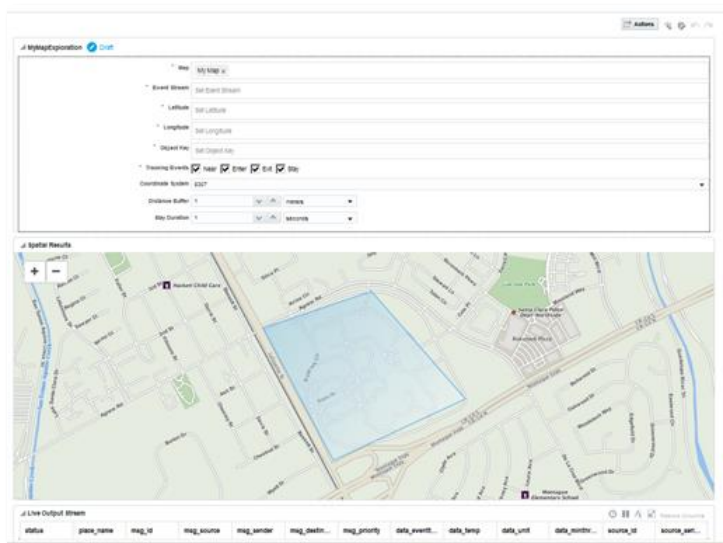


Abb. 6: Screenshot der Flächendefinition im Oracle IoT Cloud Service

Cloud Services wie dieser sind sicher erst der Anfang einer Entwicklung, im Rahmen derer die Nutzung von raumbezogenen Daten in verschiedenen Einsatzfeldern wesentlich einfacher wird als in der Vergangenheit.

**Kontaktadresse:**

Hans Viehmann  
 ORACLE Deutschland B.V. & Co. KG  
 Kühnhöfe 5  
 D-22761 Hamburg

Telefon: +49 (0) 40-89091-173  
 Fax: +49 (0) 40-89091-250  
 E-Mail: hans.viehmann@oracle.com  
 Internet: www.oracle.com/goto/spatial