

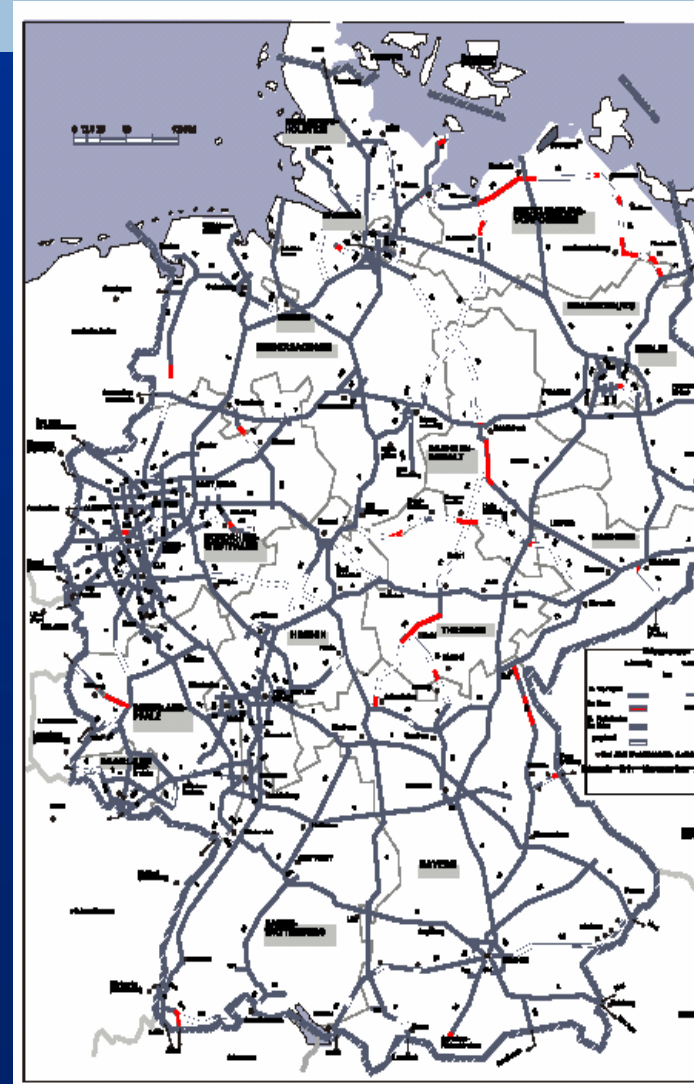
DAIMLERCHRYSLER

DaimlerChrysler Services

**Komplexe Systeme, Probleme und Lösungen
am Beispiel der Lkw-Maut**

Was hat ein Maut-System mit digitalen Karten zu tun?

- in Europa gibt es eine Reihe von **verschiedenen Verfahren**, automatisch eine Straßenbenutzungsgebühr zu erheben
- man muss hauptsächlich **zwei Prinzipien** unterscheiden
 - bakenbetrieben Systeme
 - autonome Systeme
- autonome Mautsysteme führen ein „Konto“ innerhalb des Fahrzeuggerätes auf dem sie **Mautzahlungen „buchen“** ohne, dass an der Straße Einrichtungen notwendig wären, diesen Vorgang auszulösen oder zu unterstützen
- dazu brauchen die Fahrzeuggeräte (OBUs) einen Datensatz, der das **gebührenpflichtige Straßennetz** und die anzuwendenden Tarife beschreibt



Fakten in Deutschland

- das mautpflichtige Straßennetz
 - 12,000 km Autobahnen (BAB)
 - 2,213 Ausfahrten
 - 251 Kreuze und Dreiecke
- beteiligte Fahrzeuge
 - 1.2 Mil. - 1.4 Mil. Lkws \geq 12 Tonnen
 - davon 400,000 -500,000 ausländische Fahrzeuge
- Leistungsdaten
 - 22.7 Mrd. km pro Jahr
 - davon 35 % durch ausländische Fahrzeuge



Stand der Einführung des Lkw-Mautsystems in Deutschland heute

Das deutsche Lkw-Maut System ist am 1. Jan 2005 in den **operativen Betrieb** übergegangen

(der schon vorher laufende Betrieb der OBUs führt seitdem direkt zu Rechnungsstellungen an die Speditionen)

Die **Kontrolle** wurde sofort mit eingeschaltet, um zu vermeiden, dass die Lkw-Fahrer das nicht ernst nehmen

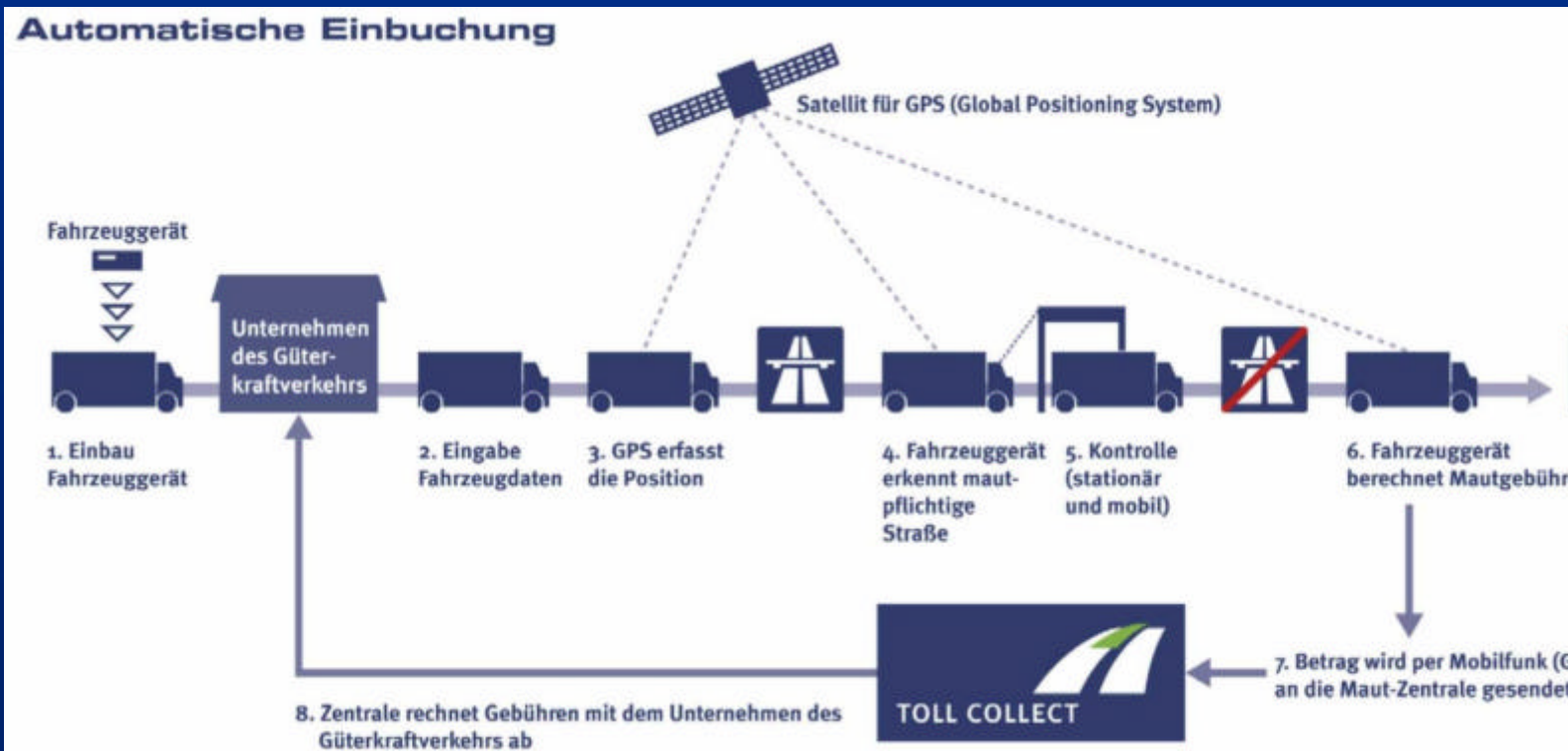
der erste „Mautpreller“ (ein Grieche) wurde am 1. Januar um 0:08 erfasst und später benachrichtigt, die Zahlung nachzuholen.

heute sind ca. **350 000 OBUs** eingebaut. Diese erzeugen mehr als 700 000 Buchungen für Fahrstrecken täglich. Zusätzlich gibt es noch ca. 100 000 manuelle Buchungen. Zusammen ergibt das mehr als **10 Mio.€ Einnahmen täglich**

Die „**Mautpreller**“-Rate ist von anfangs 10% auf 3-4% zurückgegangen

Das deutsche Maut-System: Prozessschritte der Mautermittlung

Standard-Prozess im automatischen Verfahren



Die automatische Erkennung von Straßensegmenten

„Geo Objects“ definiert im Standard ISO 17575

Zonen

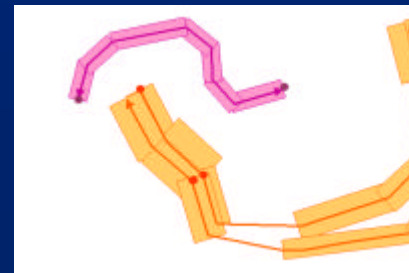
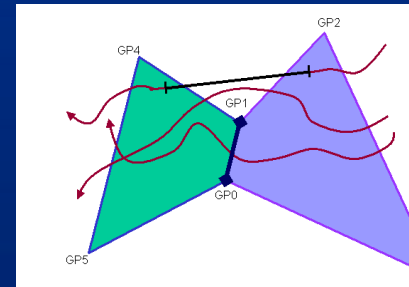
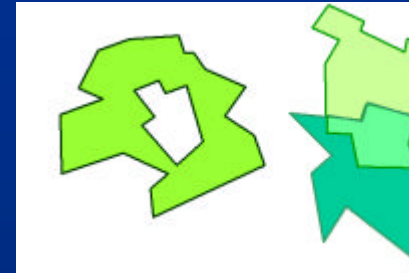
- Flächen, in denen proportional der gefahrene Strecke bezahlt wird
- Flächen, bei denen die Dauer des Aufenthalts in dieser Fläche bezahlt wird
- Flächen, die denen beim Einfahren ein fester Betrag zu bezahlen ist

virtuelle Baken

- bei deren Durchfahren ein fester, ggf. tageszeitabhängiger Betrag zu bezahlen ist

Korridore

- bei deren ein Durchfahren mit einem festen ggf. tageszeitabhängigen Betrag bezahlt wird



Anforderungen an die Qualität der digitalen Straßenkarten

Genauigkeit

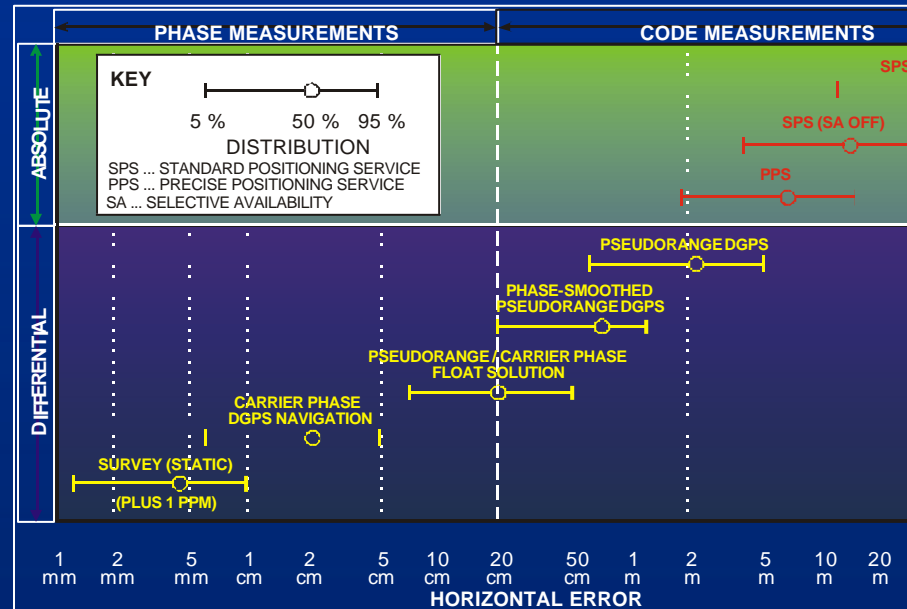
- Die Angaben in der Karte müssen für die rechte Fahrbahn etwa **5 Meter** genau sein. Die Wahrscheinlichkeit, dass das nicht eingehalten wird, muss kleiner 10^{-4} sein
- Die Angaben der Richtung müssen entsprechend etwa auf **3°** genau sein

Vollständigkeit

- Die Vollständigkeit – das beinhaltet auch die Art, wie die OBU das feststellt – muss etwa **99,99%** betragen

Bereitstellungssicherheit

- etwa 99,9% der Änderungen müssen in den Fahrzeugen verfügbar sein **bevor diese Änderungen von den Fahrzeugen benutzt werden können**



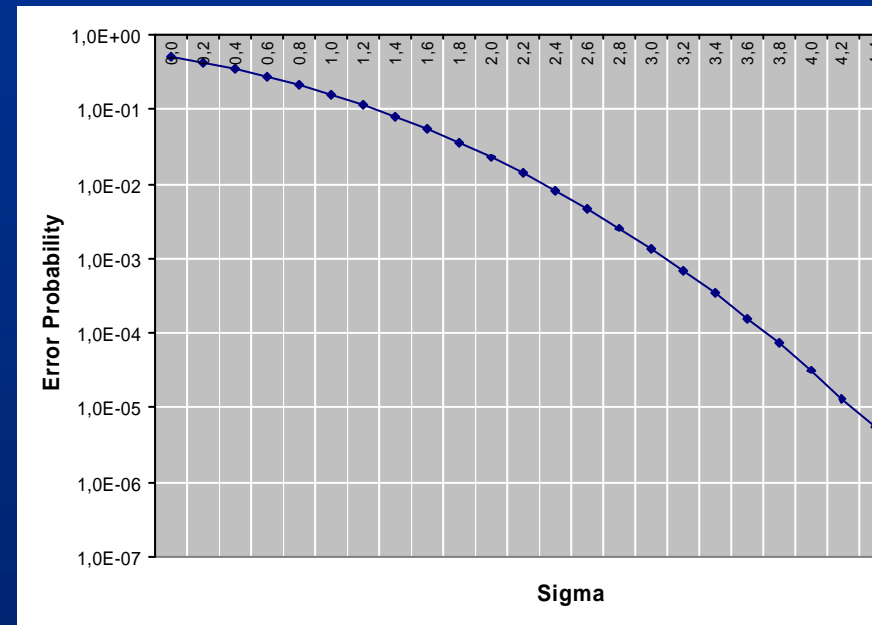
Algorithmen des Vergleichs zwischen Karten und Messwerten

Boolsche Entscheidungsketten

- Eine **Reihe von Übereinstimmungen** mit Messwerten muss stattgefunden haben

Map Matcher

- der **Korrelationskoeffizient** zwischen dem Datensatz, der das Straßensegment beschreibt und die Folge der ermittelten Messwerte muss unter einem Schwellwert liegen



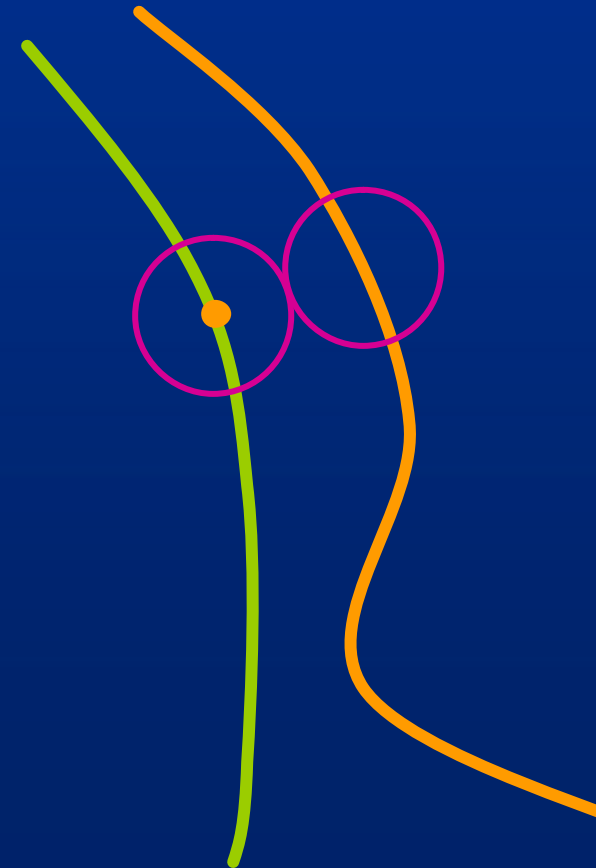
Automatische Kompilierung von Datensätzen für die Fahrzeuggeräte

festlegen eines **Entscheidungspunktes**

ermitteln **anderer Straßen** im 2-fachen 4σ Toleranzkreis der Messwerttoleranz

Ermittlung der Attribute, die den **Verlauf** der gebührenpflichtigen Straße beschreiben

Ermittlung der **notwendigen Länge zurück**, bis sich der Datensatz der gebührenpflichtigen Straße eindeutig von jeder nicht gebührenpflichtigen unterscheidet



Grenzen der autonomen automatischen Erkennung

Wenn die erwarteten Messwerte auf einer Parallelstraße **so weit zurück** sich nicht von der gebührenpflichtigen Straße unterscheidet bis sie wieder mit der gebührenpflichtigen Straße **zusammenfällt**, dann ist eine automatische Erkennung nicht möglich

In solchen Fällen muss entweder der Entscheidungspunkt verschoben werden oder eine „**Stützbake**“ verwendet werden



Wie verändert sich dieser Prozess in den nächsten Jahren?

Zuerst werden alle OBUs **nachträglich** in die Fahrzeuge eingebaut

Nach kurzer Zeit werden die Fahrzeughersteller **Kabel, Antennen** und die mechanische Einbauposition **vorbereiten**

Wenn solche Installationen weit verbreitet sind, dann werden die Fahrzeughersteller die Geräte schon **während der Fertigung einbauen**

Wenn entsprechende sichere Rechnerplattformen in den Fahrzeugen aus anderen Gründen verfügbar sind, dann **reduziert sich** die Mautermittlung **auf ein weiteres Software Modul**

