

Digitale Karten als vorausschauende Sensoren für Fahrerassistenzsysteme

Marco Moebus¹, Michael Wagner¹, Malte Jacobs¹, Sinisa Durekovic²

1: General Motors Europe, Adam Opel AG
Rüsselsheim, Deutschland
{marco.moebus, michael.wagner, malte.jacobs}@de.opel.com

2: Navteq AG
Sulzbach, Deutschland
sinisa.durekovic@navteq.com

Kurzfassung

Im vorliegenden Artikel betrachten wir die Nutzung digitaler Kartendaten für aktive Sicherheits- und Komfortsysteme im Auto. Nach einer Einführung in den *de facto*-Standard zur Übertragung von digitalen Kartendaten im Auto, dem ADASIS-Protokoll, beschreiben wir mögliche Funktionen bzw. Funktionsverbesserungen, die sich aus der Verwendung von digitalen Karten als vorausschauendem Sensor ergeben. Im Anschluss gehen wir auf verschiedene Assistenzsysteme näher ein und beschreiben, inwiefern diese momentan und in Zukunft durch die Nutzung von digitalen Karten als vorausschauende Sensoren ermöglicht bzw. signifikant verbessert werden.

1 Einleitung

Eine zuverlässige Erfassung des Fahrzeugumfeldes ist Voraussetzung für viele moderne Fahrerassistenzsysteme. Die dazu verwendeten Sensoren erfassen unterschiedliche Merkmale und können Objekte im näheren Umfeld des Fahrzeugs erkennen. Die Erkennung des statischen Straßenumfelds erfolgt dabei meist mit einer Kamera oder einem Lidar, welche in ihrer Sichtweite begrenzt sind. Digitale Karten ermöglichen es, im Zusammenspiel mit einer Geolokalisierung ein sogenannten *elektronischen Horizont* zu erzeugen, der als vorausschauender, virtueller Sensor im Fahrzeug verwendet werden kann. Dadurch lassen sich vielfältige Informationen über die Straßengeometrie mit einer großen Sichtweite verwenden, die weit über den Informationsgehalt traditioneller Navigationskarten hinausgehen. Eine Vielzahl von Assistenzsystemen im Fahrzeug kann dadurch zusätzliche Informationen über vorausliegende Straßenabschnitte erhalten und verbessert werden. Darüber hinaus können neue Funktionen basierend auf den Kartendaten geschaffen werden, die z.B. die Energieeffizienz eines Fahrzeugs verbessern können [1], [2]. Der elektronische Horizont, beispielhaft dargestellt in Abbildung 1, beinhaltet dabei nicht nur die genaue 3D-Geometrie der Straßen in Form von Krümmungs- und Steigungsprofilen, sondern auch eine Vielzahl von Attributen wie der Anzahl der Fahrspuren, Geschwindigkeitsbeschränkungen oder auch die Position von Verkehrsschildern. Diese Daten können mit Hilfe eines effizienten und einheitlichen Protokolls an Assistenzsysteme im Fahrzeug übertragen werden (s. Abschnitt 2). Ziel dieses Artikels ist daher, eine Übersicht zu geben, welche Funktionen im Fahrzeug durch die Verwendung von Kartendaten profitieren und wie diese Daten genutzt werden können. Nach einer kurzen Einführung in das ADASIS-Protokoll in Abschnitt 2 werden die einzelnen Funktionen in Abschnitt 3 im Überblick beschrieben. Anschließend

gehen wir in Abschnitt 4 näher auf verschiedene Anwendungen und Entwicklungen bei General Motors ein und beschreiben, welche Funktionen in zukünftigen Fahrzeugen von Kartendaten profitieren werden. Zuletzt ziehen wir einige Schlussfolgerungen und geben eine Voraussicht auf künftige Entwicklungen und Herausforderungen im Bereich des elektronischen Horizonts.

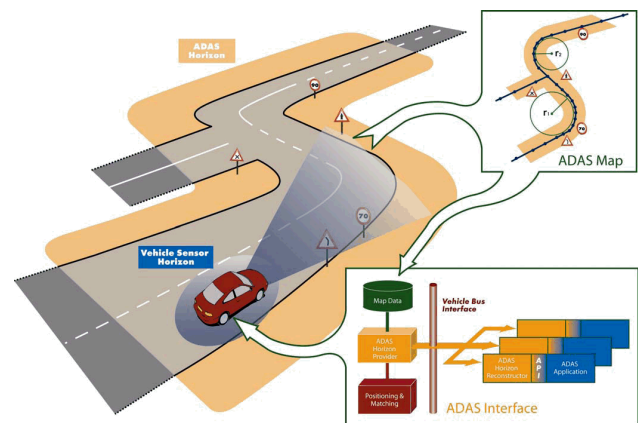


Abbildung 1 Der elektronische Horizont ermöglicht Assistenzsystemen eine kartenbasierte Voraussicht auf künftige Straßensegmente.

2 Das ADASIS-Protokoll

Die Nutzung von Kartendaten für Sicherheits- und Komfortanwendungen im Auto kann auf vielfältige Weise erfolgen. Die Art der dabei benötigten Informationen und die nötige Voraussicht unterscheiden sich teilweise erheblich. Um eine effiziente Nutzung und Übertragung von Kartendaten für alle möglichen Anwendungen zu ermöglichen, wurde 2002 unter dem Dach der ERTICO ein Forum eingerichtet, welches ein Protokoll namens *Advanced Driver Assistance Systems Interface Specification (ADASIS)* erarbeitet hat [2]. Durch die Teilnahme zahlreicher Automobilhersteller und -zulieferer sowie den wichtigs-

ten Hersteller von Kartendaten ist dieses Protokoll mittlerweile der *de facto*-Standard für die Übertragung von Kartendaten im Auto geworden. Um eine effiziente Repräsentation des elektronischen Horizonts im Fahrzeug zu gewährleisten und dabei die nötige Kommunikation über den Bus zu minimieren, wurde ein Konzept gewählt, wie es in Abbildung 2 zu sehen ist. Ein einzelner Horizont-Provider greift auf die Kartendaten und einen GPS- oder Galileo-Empfänger zu und bestimmt die aktuelle Position auf der Karte (sog. *Map matching*).

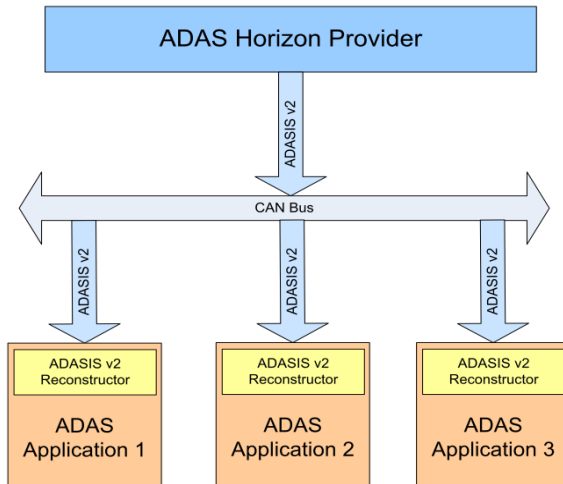


Abbildung 2 Das ADASIS-Konzept im Überblick. Ein Provider sendet über ein Bussystem Informationen über das momentane und zukünftige Straßennetz. Auf Empfangsseite kann dieser Horizont anwendungsspezifisch gefiltert und rekonstruiert werden.

Im folgenden Schritt wählt der Provider die zu übertragenden Informationen über vorausliegende Straßenattribute aus und sendet diese auf den CAN- oder Flexray-Bus. Dies geschieht iterativ und in Abhängigkeit von der momentanen Fahrsituation, so dass den Anwendungen eine Vorausschau auf künftige Straßen möglichst garantiert wird. Hierbei ist zu erwähnen, dass der Provider nicht notwendigerweise identisch mit einem Navigationssystem sein muss. So können die Kartendaten auch über eine Einheit bereit gestellt werden, die weder ein Display noch sonstige Schnittstellen zum Fahrer aufweist und damit deutlich günstiger als ein Navigationssystem ist. Abbildung 3 zeigt einen Prototyp eines solchen *Stand-alone-Horizon Providers*.

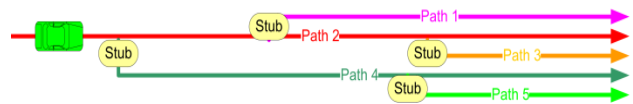


Abbildung 3 Prototyp eines Stand-alone-Horizon-Providers von Navteq (Navteq Map and Positioning Engine).

Jede Anwendung im Fahrzeug, die Kartendaten verwenden möchte, besitzt einen *Reconstructor*, welcher die neu empfangenen Daten verarbeitet und den elektronischen Horizont auf Anwendungsseite zur Verfügung stellt. Die hierzu verwendeten Daten unterscheiden sich von den momentan in Navigationssystemen genutzten Daten zum einen hinsichtlich einer deutlich erhöhten Genauigkeit, zum anderen auch hinsichtlich der bereit gestellten Attribute des Straßennetzes. Neben einfachen Informationen über die Verknüpfung von Straßensegmenten können präzise Profilinformatoren über Kurvenkrümmungen, Steigungen, die Anzahl der Fahrspuren oder auch geltende Geschwindigkeitsbeschränkungen. In Tabelle 1 Botschaften und Straßenattribute, die über das ADASIS-Protokoll für Assistenzsysteme verfügbar sind.

Die Länge des vom Provider übertragenen Horizonts hängt stark von den Anforderungen der Anwendungen ab und reicht von wenigen hundert Metern bis hin zu mehreren Kilometern. Auch die Tiefe des Horizonts bezüglich der möglichen Unterpfade muss durch die Anwendungen definiert werden. Abbildung 4 zeigt hierzu schematisch einen elektronischen Horizont mit verschiedenen möglichen Pfaden, die der Fahrer nehmen könnte. Pfad 2 ist hierbei der Hauptpfad, von dem verschiedene Unterpfade an Kreuzungen, gekennzeichnet durch *Stubs*, abzweigen. Welchen Pfad der Fahrer voraussichtlich nehmen wird, lässt sich anhand von eventuell vorhandenen Navigationsdaten, der Straßenkategorie, Abbiegewinkeln, der Geschwindigkeit und auch Blinkersignalen mit hoher Zuverlässigkeit bestimmen.

Der Detailgrad des Horizonts kann dabei auf die vorhandenen Anforderungen auf Anwendungsseite angepasst werden. So mag es für einige Anwendungen ausreichen, nur den wahrscheinlichsten Pfad zu übertragen und auf die Unterpfade verzichten. Da jedoch nicht mit absoluter Gewissheit vorhergesagt werden kann, welche Route der Fahrer fahren wird, kann es notwendig sein, diese auch zu übertragen, um eine kontinuierliche Bereitstellung des Horizonts zu gewährleisten und im Falle eines Verlassens des Hauptpfades keine Verzögerungen zu erzeugen.



sind die vom ADASIS-Protokoll definierten Nachrichten mit den jeweils enthaltenen Attributen dargestellt.

| Nachrichtentyp | Art der Information |
|----------------|--|
| Position | <ul style="list-style-type: none"> - Aktuelle Position auf einem Segment sowie Positionsalternativen (mit Wahrscheinlichkeiten und Positionsalter) - Aktuelle Geschwindigkeit entlang des Pfades - relative Ausrichtung zum Pfad - Aktuelle Fahrspur |

| | |
|-------------------------------|---|
| Segment | <ul style="list-style-type: none"> - Straßentyp - tatsächliche Geschw.-begrenzung - Art der Geschw.-Begrenzung - Anzahl der Fahrspuren in Fahr- und Gegenrichtung - Teil eines Tunnel, einer Brücke - Teil einer komplexen Kreuzung |
| Stub (Kreuzung, Abzweigungen) | <ul style="list-style-type: none"> - Position der Kreuzung auf Hauptpfad - Abbiegewinkel zum Hauptpfad - relative Abbiegewahrscheinlichkeit |
| Profile_Short | <ul style="list-style-type: none"> - Krümmung der Straße - vertikales Profil (Steigung/Neigung) - Position variabler Geschw.-beschränkungen - Zugangsbeschränkungen der Straße (Busse, Taxis, PkW, etc.) - Oberflächenzustand der Straße (Asphaltglätte, Pflastersteine, etc.) |
| Profile_Long | <ul style="list-style-type: none"> - Absolute Position der Straßenabschnitte - Eindeutige Bezeichnung von Straßenabschnitten (z.B. zur späteren Wiedererkennung) |
| Meta-Data | Länderspezifische Informationen, verwendete Einheiten, Rechts-/Linksverkehr, etc. |

Tabelle 1 Botschaften und Straßenattribute, die über das ADASIS-Protokoll für Assistenzsysteme verfügbar sind.

Die Länge des vom Provider übertragenen Horizonts hängt stark von den Anforderungen der Anwendungen ab und reicht von wenigen hundert Metern bis hin zu mehreren Kilometern. Auch die Tiefe des Horizonts bezüglich der möglichen Unterpfade muss durch die Anwendungen definiert werden. Abbildung 4 zeigt hierzu schematisch einen elektronischen Horizont mit verschiedenen möglichen Pfaden, die der Fahrer nehmen könnte. Pfad 2 ist hierbei der Hauptpfad, von dem verschiedene Unterpfade an Kreuzungen, gekennzeichnet durch *Stubs*, abzweigen. Welchen Pfad der Fahrer voraussichtlich nehmen wird, lässt sich anhand von eventuell vorhandenen Navigationsdaten, der Straßenkategorie, Abbiegewinkeln, der Geschwindigkeit und auch Blinkersignalen mit hoher Zuverlässigkeit bestimmen.

Der Detailgrad des Horizonts kann dabei auf die vorhandenen Anforderungen auf Anwendungsseite angepasst werden. So mag es für einige Anwendungen ausreichen, nur den wahrscheinlichsten Pfad zu übertragen und auf die Unterpfade verzichten. Da jedoch nicht mit absoluter Gewissheit vorhergesagt werden kann, welche Route der Fahrer fahren wird, kann es notwendig sein, diese auch zu übertragen, um eine kontinuierliche Bereitstellung des Horizonts zu gewährleisten und im Falle eines Verlassens des Hauptpfads keine Verzögerungen zu erzeugen.



Abbildung 4 Schematische Darstellung eines elektronischen Horizonts mit Unterpfeiden.

Es ist weiterhin zu erwähnen, dass der Horizont-Provider in Fahrzeugen mit Navigationssystem innerhalb dieses Systems angesiedelt wird und das Navigationssystem auf die gleichen Kartendaten zugreift. Besitzt das Fahrzeug kein Navigationssystem, so reduziert sicher der Provider einfach auf die Bereitstellung der Karten über ein Bus-System, besitzt jedoch keine Schnittstelle zum Fahrer.

3 Möglicher Nutzen in Sicherheits- und Komfortfunktionen

Die Nutzung von Kartendaten ist entsprechend der Vielzahl von verfügbaren Attributen vielseitig und erlaubt daher nicht nur einige neue Funktionen, sondern ermöglicht auch die Funktionsverbesserung einer großen Zahl von Fahrerassistenzsystemen (s. auch [3]). In Tabelle 2 wird für einzelne Funktionen im Überblick dargestellt, welche Kartenattribute jeweils verwendet werden können. Im Folgenden beschreiben wir näher, welcher Nutzen sich daraus ergeben kann.

Eine der typischen Funktionen einer Videokamera im Fahrzeug ist die *Verkehrsschilderkennung*. In diesem Kontext erlauben Informationen aus einer digitalen Karte einfache Plausibilitätsprüfungen der von der Kamera erkannten Schilder. Beispielsweise sind durch die Karte auch implizite Geschwindigkeitsbeschränkungen bekannt. Wird dies bei der Schilderkennung berücksichtigt, lässt sich die Wahrscheinlichkeit für Fehlerkennungen dadurch verringern. Ähnliches gilt für andere Schildertypen. In Abbildung 6 ist schematisch ein elektronischer Horizont dargestellt, in dem Informationen über vorausliegende Vorfahrtsschilder mit ihren jeweiligen Positionen auf Haupt- und Unterpfad übertragen wurden. Das System zur Schilderkennung ist nun bereits über die mögliche Existenz der Schilder informiert, bevor überhaupt eine Sichtverbindung des Fahrers oder einer Kamera besteht.

Funktionen zur Verbesserung der Energieeffizienz, bspw. *Schaltempfehlungen* an den Fahrer oder das *Energiemanagement eines Hybridfahrzeugs* profitieren erheblich von der Integration vertikaler und horizontaler Profilinformatoren über vorausliegende Straßenabschnitte. So lässt sich eine Schaltempfehlung nicht nur basierend auf aktuellen Fahrzeugkennzahlen wie Geschwindigkeit, Motor-drehzahl, etc. geben, sondern z.B. in Kurven oder am Berg das Schalten in einen höheren Gang verzögern. Auch ein Hybridfahrzeug kann durch kartenbasierte Voraussicht abschätzen, ob sich das vorausliegende Straßen-segment mit Batteriebetrieb bewältigen lässt oder wann sich eine Rekuperation lohnt, bspw. beim Hinabrollen eines Hangs, und wann der Verbrennungsmotor unverzichtbar sein wird.



Abbildung 5 Durch frühe Kenntnis des 3D-Straßenprofils kann das Energiemanagement eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugs entscheidend verbessert werden.

Die verfügbaren Krümmungsinformationen können auch von mehreren anderen Funktionen verwendet werden, bspw. um im Rahmen eines *Kurvenwarn-Systems* den Fahrer zu informieren, dass die vorausliegende Kurve zu eng für die momentane Geschwindigkeit ist oder dass ein Überholmanöver nicht empfehlenswert ist [5]. Auch ein *adaptives Fahrwerk* kann die Stoßdämpfer bei Kurven entsprechend anpassen und erhält durch die Karte Informationen über die Funktionsklasse der Straße (Autobahn, Landstraße, etc.) sowie die Oberfläche (z.B. glatt, Pflasterstein oder unbefestigt). Eine genaue Kenntnis der vorausliegenden Straßenkrümmung erlaubt auch eine verbesserte Spurschätzung der Kamera. Daher profitieren Funktionen wie die Ziehlauswahl bei *Adaptive Cruise Control (ACC)* oder *Collision Imminent Braking (CIB)* ebenso wie eine *Spurverlassenswarnung (LDW)*. Auch eine Reihe von *Lichtfunktionen* können die Krümmungsinformation verwenden. So verbessert sich das Kurvenverhalten eines adaptiven Frontlichts (AFL) zu Beginn und Ende von Kurven ebenso wie bei S-Kurven, wenn nicht nur der Lenkwinkel, sondern auch die vorausliegende Kurvengometrie zur Strahllenkung verwendet wird (s. Abschnitt 4.4). Auch die Auswahl eines passenden Lichtprofils wird durch die Karte verbessert bzw. teilweise erst ermöglicht. So erlaubt der elektronische Horizont es, in einfacher Weise zu erkennen, wenn sich das Fahrzeug im Stadtbereich befindet, sodass bspw. der Fernlichtassistent abgeschaltet werden kann. Ebenso kann die Annäherung an eine Kreuzung zuverlässig ohne Kamera erkannt werden, so dass das entsprechende Lichtfeld die einmündenden Straßen besser ausleuchten kann. Darüber hinaus können weitere vorausschauende Maßnahmen im Rahmen eines *Kreuzungsassistenten* die Sicherheit im Fahrzeug erhöhen, indem bspw. das Fahrzeug auf eine Bremsung vorbereitet und die Empfindlichkeit der Fahrzeug- und Schilderkennung erhöht wird.

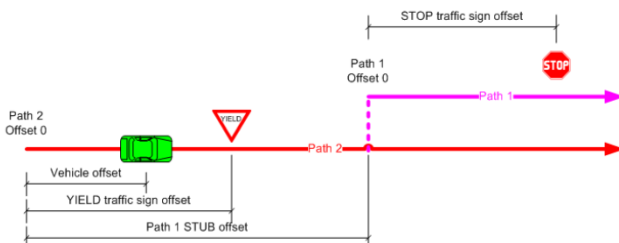


Abbildung 6 Schematische Darstellung von Attributen innerhalb des Horizonts mit einem Verkehrszeichen auf dem momentanen Hauptpfad und einem Unterpfad.

| | |
|--|---|
| Verkehrsschilderkennung | Informationen über effektive Geschw.-Beschränkungen, Position variabler Geschw.-Beschränkungen, Kreuzungen, Gefahrenstellen, Verkehrsregeln |
| Energiemanagement (auch in Elektro- und Hybrid-Fahrzeugen) | 3D-Straßengeometrie und Geschw.-beschränkungen für vorausschauenden Einsatz von Verbrennungsmotor und Batterien, Schalteempfehlungen und Rekuperation |
| Kurvenwarn-System | Informationen über Kurvenkrümmung und Bestimmung einer optimalen Fahrgeschwindigkeit |
| Lichtfunktionen | Krümmungsinformationen für adaptives Frontlicht, Annäherung an Kreuzungen, Abschalten des Fernlichtassistenten in bebauten Gebieten |
| Adaptives Fahrwerk | Informationen über Krümmung und Straßentyp erlauben gezielte Einstellung des Fahrwerks (unter Berücksichtigung des Benutzerprofils) |
| ACC & CIB | Verbesserte Zielauswahl durch verbesserte Spurschätzung, gesetzte Geschwindigkeit anpassbar an momentane Geschw.-beschränkungen |
| Warnung vor Gefahrenstellen | Position von Gefahrenstellen wie Schulen, unfallreiche Kreuzungen/Streckensegmente, Wildwechsel, Überholfreigabe, etc. |
| Spurverlassenswarnung (LDW) | Krümmungsinformationen, Position von Autobahnabfahrten, etc. |
| Kreuzungsassistent | Bremsvorbereitung und erhöhte Sensibilisierung der Objektdetektion vor Kreuzungen |

Tabelle 2 Nutzen der Kartendaten für verschiedene aktive Sicherheits- und Komfortfunktionen.

4 Aktuelle und zukünftige kartenbasierte Funktionen bei General Motors

Im Folgenden beschreiben wir einige ausgewählte Funktionen näher, die bei General Motors z.T. schon in Serienproduktion sind oder in zukünftigen Produkten verfügbar sein werden. und die von der Verwendung von Kartendaten profitieren werden.

4.1 Traffic Sign Recognition

Die Verkehrsschilderkennung, die bei Opel schon seit einigen Jahren für Serienfahrzeuge verfügbar ist, basiert momentan ausschließlich auf der Detektionsleistung einer im Fahrzeug verbauten Frontkamera. Dies ermöglicht die Erkennung von Geschwindigkeitsbeschränkungen und Überholverbote sowie deren Aufhebungen. In naher Zukunft werden Opel-Modelle in Serie gehen, die bereits Kartendaten nutzen und damit eine Verbesserung des Sys-

| Funktion | Nutzung der Kartendaten |
|----------|-------------------------|
|----------|-------------------------|

tems ermöglichen. Zum einen wird es dadurch möglich sein, die Empfindlichkeit der Kamera anhand der Kartendaten gezielt zu verändern. So kann bei Annäherung an Kreuzungen eine verbesserte Erkennung von Ampeln und Stopp-Schildern erreicht werden, wenn die Existenz der Kreuzung bereits *a priori* bekannt ist. Darüber hinaus können die Detektionsergebnisse der Kamera mit den Kartendaten fusioniert werden, um eine höhere Detektionsrate bei verringerter Fehlerrate zu realisieren [4]. Im einfachsten Fall können die Detektionsergebnisse der Kamera durch die Karteninformationen lediglich plausibilisiert werden, was bereits in einfacher Form durch die aktuelle Straßenkategorie möglich ist.

4.2 EcoDrive Assist

Der *EcoDrive Assist* bezeichnet eine Sammlung von Funktionen, welche darauf abzielen, den Fahrer beim ökonomischen Fahren zu unterstützen. Dies geschieht durch verschiedene Anzeigen im Instrumentenpanel (s. Abbildung 7). Neben Funktionen, die den Kraftstoffverbrauch analysieren, wird den Fahrern von manuellen Getrieben eine Empfehlung gegeben, wann sie in welchen Gang schalten sollten, um den Kraftstoffverbrauch zu minimieren. Durch die Verwendung von digitalen Kartendaten kann diese Funktion entscheidend verbessert werden, da eine vorausschauende Fahrweise unter Kenntnis künftiger Steigung/Neigung, Kurvenradien und Geschwindigkeitsbegrenzungen ermöglicht wird.

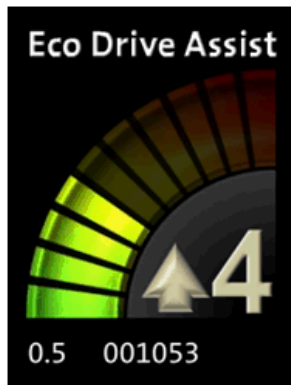


Abbildung 7 Darstellung eines *Eco Drive Assist*-Displays. In dem Beispiel wird dem Fahrer anhand eines Indexes angezeigt, wie ökonomisch er in der letzten Zeit gefahren ist. Darüber hinaus wird ihm eine Schaltempfehlung für den vierten Gang angezeigt.

So können die Schaltempfehlungen unterdrückt werden, wenn sich der Fahrer einer Geschwindigkeitsbeschränkung, einer engen Kurve oder einer Steigung nähert, wodurch eine gezieltere Anzeige der Empfehlungen und damit eine höhere Kundenakzeptanz ermöglicht wird. Eine weitere Funktion, die allein durch die weite Voraussicht durch Kartendaten ermöglicht wird, ist das soge-

nannte *Coasting*, bei dem eine Kraftstoffersparnis durch gezieltes Ausrollen des Fahrzeugs ermöglicht wird. Hierzu werden künftige Geschwindigkeitsbeschränkungen und Kreuzungsinformationen in Betracht gezogen werden. Hier ist es bereits von großem Vorteil, dem Fahrer lediglich die künftige Geschwindigkeitsbeschränkung sowie eine Entfernungsangabe anzuzeigen, so dass er entscheiden kann, ob und wie er seinen Fahrstil entsprechend anpassen möchte.



Abbildung 8 Abbildung einer *Coasting*-Empfehlung, bei der die Geschwindigkeit innerhalb der nächsten 200m von 100km/h auf 70km/h herabgesetzt werden soll. Die aktuelle Geschwindigkeit beträgt 97km/h.

Allerdings ist es auch möglich, dem Fahrer gezielt anzuzeigen, ab wann er mit dem Ausrollen beginnen sollte, um die künftige Geschwindigkeitsbeschränkungen möglichst kraftstoffeffizient zu erreichen. So kann z.B. bei Annäherung an eine Ortschaft Energie gespart werden, indem berechnet wird, wann der Fahrer das Gaspedal nicht mehr bedienen soll, um die eigene Geschwindigkeit an diese künftige Beschränkung ohne Bremsvorgang anzupassen. Dem Fahrer wird dann bereits mehrere Hundert Meter vor der Ortseinfahrt eine entsprechende Empfehlung gegeben. Dazu werden neben den Geschwindigkeitsinformationen zusätzlich Daten über Straßentopologie und Fahrzeugparameter wie Gewicht und Getriebeparameter verwendet. Nicht berücksichtigt werden können hingegen Einflussparameter wie Wind oder die Rollreibung. Nichtsdestotrotz ist es möglich, das Ausrollverhalten eines Fahrzeugs hinreichend genau zu modellieren und die Geschwindigkeit mit einer Genauigkeit von wenigen km/h auf die Zielgeschwindigkeit anzupassen. In Abbildung 9 ist dies dargestellt für eine Situation, in der die Geschwindigkeitsbeschränkung von 100km/h auf 70km/h herabgesetzt wird. In diesem Beispiel wird dem Fahrer ca. 350m vorher angezeigt, dass er den Fuß vom Gaspedal nehmen kann.

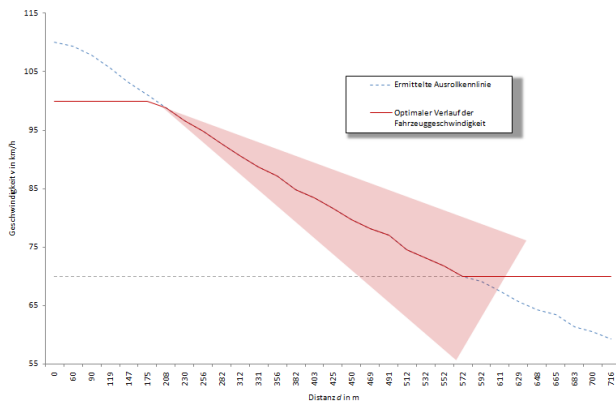


Abbildung 9 Die Anpassung der Geschwindigkeit (rot) geschieht anhand eines Modells des Ausrollverhaltens (blau), das in Abhängigkeit verschiedener Faktoren ermittelt wurde.

4.3 Hazard Point Alert

Ein *Hazard Point Alert* ist ein System, welches den Fahrer darüber informiert, wenn er sich einer Gefahrenstelle nähert. Hierbei können sowohl Gefahren für den Fahrer und andere Verkehrsteilnehmer wie z.B. Fußgänger erfasst werden. So kann der Fahrer gewarnt werden, sobald er sich einer Kreuzung oder einer Kurve nähert, an der in der Vergangenheit eine hohe Anzahl von Unfällen zu verzeichnen war. Dadurch wird der Fahrer sensibilisiert für das Gefahrenpotential an dieser Stelle und kann sein Fahrverhalten entsprechend anpassen. Die Funktion des *Hazard Point Alerts* kann jedoch auch die Annäherung an andere sensible Bereiche wie Schulen, Kindergärten und ähnliches dem Fahrer vorausschauend anzeigen. Die Fahreraufmerksamkeit kann dadurch früh genug erhöht werden und der Fahrer kann seine Geschwindigkeit gegebenenfalls reduzieren.

4.4 Adaptive Front Lighting

Der Begriff *Adaptive Front Lighting* bezeichnet verschiedene Lichtfunktionen im Fahrzeug, die es erlauben, die Lichtprofile der Frontscheinwerfer situativ anzupassen. So können beispielsweise bei Kurven die Hauptscheinwerferkegel auf die eigene Spurmitte ausgerichtet werden, um so möglichst früh die für den Fahrer relevanten Straßenbereiche auszuleuchten (sog. *Bending Light*). Darüber hinaus existieren verschiedene Lichtprofile, die für unterschiedliche Situationen entwickelt worden, sowie ein adaptiver Fernlichtassistent, der sicherstellt, dass vorausfahrende Fahrzeuge und Gegenverkehr nicht geblendet werden.

Sind keine Kartendaten verfügbar, so werden diese Funktionen mit Hilfe von Lenkwinkel und Geschwindigkeitsinformationen realisiert. Dies führt jedoch dazu, dass beispielsweise das *Bending Light* Kurven erst dann korrekt ausleuchtet, wenn der Fahrer sich bereits in der Kurve befindet. Darüber hinaus können nur relativ einfache Kurvenverläufe über eine lange Strecke gut ausgeleuchtet werden. Durch Kenntnis des exakten Krümmungsverhal-

tens lassen sich auch sehr komplexe Kurven gezielt ausleuchten und dies bereits vor der Einfahrt in die Kurve (s. *Abbildung 10*).

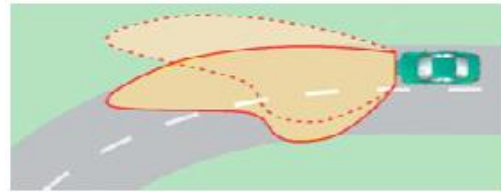


Abbildung 10 Bei exakter Kenntnis der vorausliegenden Straßenkrümmung können die Lichtkegel der Frontscheinwerfer gezielt die Kurve ausleuchten noch bevor der Fahrer den Lenkwinkel verändert hat.

5 Fazit und Ausblick

In diesem Papier haben wir die Möglichkeiten der Nutzung von digitalen Kartendaten als vorausschauenden Sensor vorgestellt. Das ADASIS-Protokoll gewährleistet hierbei eine effiziente Übertragung einer Vielzahl von Informationen über die vorausliegende Straßentopologie und deren Attribute. Eine Fusion dieser Informationen mit anderen Umfeldsensoren erlaubt nicht nur die Verbesserung zahlreicher Funktionen, sondern darüber hinaus auch die Realisierung neuer Funktionen, bspw. im Bereich des ökonomischen Fahrens und dem Energiemanagement von Elektro- und Hybridfahrzeugen. Darüber hinaus lassen sich jedoch auch eine Vielzahl von Funktionen wie ACC oder Lichtfunktionen durch den Einsatz digitaler Kartendaten verbessern. Neben einer allgemeinen Übersicht über Verbesserungspotentiale haben wir auch spezifische Funktionen gezeigt, die bei General Motors in Kürze durch den Einsatz von Karteninformationen in Serienfahrzeugen eingeführt oder verbessert werden.

6 Literatur

- [1] F. Lattemann, K. Neiss, S. Terwen, and T. Connolly, "The Predictive Cruise Control – A System to Reduce Fuel Consumption of Heavy Duty Trucks," , 2004.
- [2] ADASIS v2 Protocol.
- [3] C. Röss, D. Balzer, A. Bracht, S. Durekovic, and J. Löwenau, "ADASIS Protocol for Advanced In-Vehicle Applications," , 2008.
- [4] H. Janssen and W. Niehsen, "Vehicle Surround Sensing based on Information Fusion of Monocular Video and Digital Map," , 2004, pp. 244-249.
- [5] Jan Loewenau et al., "Dynamic Pass Prediction — A New Driver Assistance System for Superior and Safe Overtaking," in *Advanced Microsystems for Automotive Applications*.: Springer, 2006.

