



Durch den Einsatz von Navigationsdaten soll ein vorausschauender Betrieb von Kraftfahrzeugen ermöglicht werden. Ziel: Energiesparen bei sogenannten Nebenaggregaten mithilfe von Informationen, die bislang nicht ausgewertet werden. Mit dem hier vorgestellten und vom Autor patentierten Konzept lässt sich etwa eine Tankfüllung pro Fahrzeug und Jahr einsparen.

## GPS-Ecodrive

**R**und 17 Prozent des Kraftstoffverbrauchs gehen bei modernen Kraftfahrzeugen in den Betrieb von Nebenaggregaten. Daher richtet sich das Interesse auf jede darstellbare technische Neuerung, die diesen Verbrauch ohne Einbußen an Funktionalität und Komfort reduziert. Im Folgenden wird ein vom Verfasser patentiertes Konzept vorgestellt, welches unter Nutzung von aus einem Navigationssystem gewonnenen Daten den Kraftstoffverbrauch zu senken hilft. Verwertet werden aktuelle und – über einen kurzen Zeithorizont betrachtet – zukünftige Informationen über die Bewegung des Fahrzeugs.

Der Kerngedanke ist, auch die Höheninformationen über die Kraftfahrzeugbewegung auszuwerten, ob also die Fahrt aktuell oder demnächst bergauf oder bergab führt. Es wird antizipiert, dass Navigationssysteme der Zukunft standardmäßig auch Hö-

heninformationen zur Straßenführung enthalten werden. Aus der Vorausschau der Fahrzeugbewegung werden „intelligente steuerungs- und regelungstechnische Konzepte“ für den Eingriff in den Betrieb von Nebenaggregaten mittels „virtueller Sollwerte“ hergeleitet. Auch eine Beeinflussung der Motor- und Getriebesteuerung ist denkbar.

### Zusammenfassung

Der Arbeitsname für das hier beschriebene Konzept soll „GPS-Ecodrive“, abgekürzt GPSE, lauten; es handelt sich um die intelligente Verknüpfung von Navigationsdaten eines sich bewegenden Fahrzeugs und des Betriebs seiner energieverbrauchenden Aggregate.

Für die satellitengestützte Navigation kommen neben GPS in Zukunft fünf weitere Systeme, darunter das europäische Galileo, in Frage. GPS-Ecodrive ist ein Konzept der Kraftfahrzeug-Informatik, welches aus der Kenntnis aktueller und zukünftiger/erwarteter Fahr- und Betriebszustände eines Fahrzeugs einen Nutzen im Hinblick auf

leistungs- und energiesparenden Betrieb zieht. Der „Blick in die Zukunft“ muss hierbei nicht deterministisch gesichert sein, sondern kann auch auf Basis von Wahrscheinlichkeiten erfolgen. In vielen Fällen ist das Höhenkoordinaten-/Zeitprofil des sich bewegenden Fahrzeugs mit einer so hohen Genauigkeit prognostizierbar ist, dass hieraus ein realer Nutzen gezogen werden kann. Neben dem Höhenprofil können auch statische Informationen wie über Kurven, Stoppschilder, ... und dynamische Informationen, etwa über Verkehrsdichte, Staus und ähnlichem mit einfließen.

Aus dem prognostizierten Höhen-/Zeitverlauf beziehungsweise aus der Verteilung möglicher solcher Bewegungsabläufe werden wiederum zeitdynamische Regelstrategien für die Nebenaggregate entwickelt, bestehend aus zeitabhängigen Sollwertvorgaben für deren einschlägigen Regelgrößen. Das Prognosemodell wird in kurzen Zeitzyklen aktualisiert und an die sich immer wieder verändernden Randbedingungen angepasst mit dem Effekt einer hohen Vorhersagegenauigkeit über den Zeithorizont von einigen Minuten.

Nach dem Motto „Mehr Bit statt Watt“ werden Informationen für den Fahr-

zeugbetrieb herangezogen, die im Prinzip verfügbar sind, bisher aber nicht ausgewertet wurden.

Für wesentliche Teile des hier beschriebenen Konzepts hält der Autor ein deutsches Patent, Erweiterungen sind zum Patent angemeldet.

### Grundidee des Konzepts

Die Grundidee des Konzepts lautet allgemein formuliert:

- Nutzung von Energiesparpotenzialen bei Fahrzeugen durch intelligente Sollwertverstellung bei Nebenaggregaten
  - Hebung von Energiesparpotenzialen beim Betrieb von Fahrzeugen durch verbesserte Nutzung von Informationen des satellitengestützten Navigationssystems, insbesondere von Höheninformationen
- Zu den energieverbrauchenden Nebenaggregaten im Fahrzeug zählen – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – Generator, Klimakompressor, elektrisch betriebene Kühlung und Heizung von Sitzen und Bauteilen, Lüfter, Pumpen und Druckhalteinrichtungen.

Immer dann, wenn Aspekte der Sicherheit und des Funktionserhalts der Aggregate eine Rolle spielen, haben diese absoluten Vorrang vor dem GPS-Ecodrive Eingriff. Bei Annäherung an sicherheitsrelevante Parametergrenzen fällt das System auf die Ebene der konventionellen Betriebs- und Regelungsmechanismen zurück.

### Allgemeine Konzeptbeschreibung

Ein Beispiel einer nicht vorausschauenden Beeinflussung ist, wenn die Auto- Klimaanlage läuft und das Auto bremst. Dann macht es während des Bremsvorgangs eventuell Sinn, den Sollwert der Lufttemperatur im Auto zu verringern, weil dadurch die Klimaanlage mehr Leistung zieht, damit (über den Keilriemen) den Motor stärker belastet, was aber erwünscht ist, denn das Auto wird ja ohnehin verzögert. Man könnte dies auch als „zusätzliche indirekte Motorbremse“ bezeichnen.

In gleicher Weise könnte man bei allen anderen Verbrauchern, deren Leistungsbedarf zeitvariabel ist, die Sollwerte jeweils

so verstellen, dass der induzierte Energieverbrauch mit dem Leistungsbedarf für den Vortrieb harmonisiert, also nach Möglichkeit auf Lücke sitzt, dies natürlich immer innerhalb der zulässigen Bandbreite ohne Funktions- und Komforteinbuße.

Bei der zweiten Klasse von parametrischen Eingriffen ist der Clou der Überlegung, mittels eines Navigationssystems, welches auch Höheninformationen sowie weitere zukünftige Verkehrsrandbedingungen kennt und bereitstellt, die Eingriffe antizipierend vorzunehmen.

Die Antizipation, also die Hochrechnung auf den zukünftigen Eintritt von Verkehrseignissen, erfasst außer den Höhen- daten:

- aktuelle Fahrzeugposition und -geschwindigkeit.
- allgemeine Informationen über den Straßenverkehr (Stoppschilder, Strecken mit Geschwindigkeitsbeschränkung, Verkehrsdichte, Staus etc.) auf der befahrenen Strecke.
- hieraus abgeleitet: erwartete Fahrzeugbewegung. ▶

# agit\_2008

**SYMPOSIUM und FACHMESSE  
für Angewandte Geoinformatik**

**Salzburg, 2. bis 4. Juli 2008**

## 20 Jahre Netzwerk für Geoinformatik

### Highlights 2008

Geo\_M.E.S 2008 – Geospatial Management of Emergency Situations  
Lernen mit Geoinformation  
Computerorientierte Geologie  
Spezialforum Verkehrsmanagement  
Geoinformatik für Kommunen  
Utility Insight – Infrastrukturen erfolgreich managen

Frühbucherrabatt bis 16. Mai 2008!  
Information und Anmeldung unter

> [www.agit.at](http://www.agit.at)

Die Hochrechnung umfasst unter anderem, ob zum Beispiel eine Straße in den nächsten Minuten überhaupt verlassen werden kann oder ob sich Abzweigmöglichkeiten anbieten. Bei letzterem ist wieder zu unterscheiden, mit welcher Wahrscheinlichkeit welche Straßenverzweigung gewählt werden wird: ist ein Ziel einprogrammiert und fährt das Auto mit Zielführung, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die zukünftige Fahrtroute über Verzweigungspunkte hinweg festgelegt. Kennt der Bordcomputer aus Erfahrung (durch adaptives Lernen) die gefahrene Strecke, kann er ebenfalls eine relativ sichere Vorhersage der zu erwartenden Fahrtroute machen.

Aus der Antizipation der Fahrtroute ergeben sich weiterhin zu erwartende Stoppschilder, an denen mit Sicherheit gebremst werden muss, zu erwartende Steigungs- oder Gefällstrecken, bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit Motorkraft zusätzlich benötigt wird oder überschüssig ist.

Möglicherweise ist in weiterer Zukunft auch noch die integrierte Auswertung von Verkehrsfunkinformationen, etwa Stau-meldungen, möglich, also zum Beispiel, dass ein Auto in ein oder zwei Minuten mit Sicherheit aus hoher Geschwindigkeit wird abgebremst werden müssen.

## Typische Verbraucher

Einen Überblick gibt hier das folgende Bild:

Stellvertretend unter den Verbrauchern sei die Klimaanlage aus folgenden Gründen hervorgehoben:

- Leistungsaufnahme relativ hoch, das heißt im Kilowatt-Bereich: man kann davon ausgehen, dass die Kühlleistungen bis zu 10 kW und die mechanischen Leistungen an der Welle bis zu 5 kW betragen.
- Antrieb in der Regel mechanisch direkt über den Keilriemen.
- Gute Eingriffsmöglichkeit, da unter Sicherheitskriterien unkritisch.
- Zeitverhalten günstig, da in der Regel Fahrsituationen ausreichend schnell wechseln, um einen Effekt zu erzielen. Würde das Auto etwa mehrere oder viele Minuten lang mit konstanter Geschwindigkeit in gleicher Höhenlage fahren, wäre keine Einsparung mehr erzielbar.
- Bei Zweizonen- und Mehrzonenklimatisierung könnte in Verbindung mit der bei modernen Fahrzeugen der Oberklasse bereits realisierter Sitzbelegungserkennung

die Zone, in der sich keine Person befindet, besonders stark beeinflusst werden.

- Eventuelle Einbeziehung des Gebläses, zwar nicht im Ein-/Aus-Modus, aber bei Mehrstufigkeit durch moderates Verändern der Gebläsestufe.
- Eingriff über Sollwerte von Temperatur und Außenluft-/Umluftanteil möglich.

Darüber hinaus verdient das Zusammenspiel von Generator und Batterie besonderes Augenmerk: bei der neuen Generation von Batterien, die insbesondere in Hybridfahrzeuge eingebaut werden, ist diese noch effektiver vermehrt als Kurzzeitpuffer einsetzbar, um so den Generatorbetrieb tendenziell in Richtung von Bergabfahrphasen zu verlagern.

Typische Leistungsaufnahmen wichtiger Nebenaggregate in einem Kraftfahrzeug am Beispiel eines Fahrzeugs der Oberklasse, einem BMW 740 i. Die addierte Leistung der vier Aggregate ist 17,7 kW. Inwieweit „Wasserpumpe und E-Lüfter“ sowie „Lenkhilfe“ über GPSE beeinflussbar sind, entzieht sich einer genaueren Beurteilung; hier dürften sich Eingriffe entweder verbieten oder wegen möglicher Restriktionen nur einen geringen Nutzen haben, bis gegebenenfalls auf die Elektrolüfter. „Klimakompressor“ und „Generator“ (Lichtmaschine) mit zusammen 8,3 kW dürften sich jedoch für einen direkten respektive indirekten (über die Einzelverbraucher) GPSE-Eingriff eignen.

## Umsetzung des Regelungsverhaltens

Die Regeleingriffe sollen vorzugsweise über Sollwertverstellungen erfolgen und nicht durch einen direkten Eingriff in den Betrieb der jeweiligen Aggregate.

Tatsächlich wird der Generator konkret dadurch geregelt, dass der „Erregerstrom“ im Rotor beeinflusst wird, so dass er unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit oder Motordrehzahl regelbar ist.

Es wäre jedoch viel zu kompliziert, fehleranfällig und für den Gesamtbetrieb des Aggregats zu riskant, wollte man direkten Einfluss auf den Erregerstrom im Rotor nehmen; vielmehr geschieht der Eingriff so, dass die Regelspannung durch eine Software leicht moduliert wird: Soll der Generator die Batterie laden, wird der



Energiefresser im Auto.

Sollwert der Regelspannung angehoben (so dass der Generator „denkt“, der Ladezustand sei zu gering), im umgekehrten Fall wird er abgesenkt. Bei den anderen angesprochenen elektrischen Verbrauchern kann ebenfalls durch einen veränderten Sollwert oder eine veränderte Rückmeldung der aktuelle Energiebezug (über den Generator) beeinflusst werden.

Ähnlich verhält es sich bei der Klimaanlage: Hier kann durch eine entsprechende Änderung des Sollwerts (der Temperatur im Kraftfahrzeug) das Kühlaggregat veranlasst werden, die Kühlung zu verstärken, abzusenken oder ganz auszusetzen. Auch kann der Umluftanteil innerhalb der Komfortgrenzen variiert werden.

Die Regelungseingriffe zielen also darauf ab, Sollwerte inkremental zu verstellen, um das Regelverhalten im gewünschten Sinne zu beeinflussen.

Ein Systemeingriff über Sollwertverstellung hat den Vorteil, dass die eigentliche Technik des Reglers für die GPS-Eco-drive Anwendung eine Blackbox ist, die unangetastet bleibt. Es kommt also darauf an, in Abhängigkeit der Fahrsituation vorübergehend intelligente Sollwertverstellungen vorzunehmen, die den Leistungsbezug und Energieverbrauch der Nebenaggregate im angestrebten Sinne günstig beeinflussen, ohne dass bestimmte Betriebszustandsbereiche verlassen werden.

Die Sollwertverstellungen erfolgen meist über mehrparametrische Kennfelder, welche genügend Variationsspielraum zulassen müssen, um einen Effekt zu erzielen, aber wieder so begrenzt sein müssen, dass die Systemfunktionalität aus Sicht des Fahrzeugnutzers nicht erkennbar eingeschränkt ist. Geeignete Totzeiten stellen sicher, dass nicht unnötig kurze

Regelungsspitzen und Auftastzeiten auftreten, die verschleißerhöhend wirken.

## Das Navigationssystem

Navigationssysteme zeigen nicht nur die aktuelle Fahrzeugposition (in der Ebene) an, sondern geben auch eine Vorschau auf die Fahrtroute, wenn der Fahrer ein Ziel eingegeben hat und das Navigationssystem die zugehörige Route ermittelt.

Allerdings sind die Anforderungen an ein Navigationssystem, welches GPS-Ecodrive unterstützt, deutlich höher:

Das System (GPS oder Galileo) muss

- die Höhenkoordinate ebenfalls verfügbar machen
- die (x, y, z) - Koordinaten der zukünftigen Fahrstrecke über eine bestimmte Distanz (Vorhersagedistanz) und in einer bestimmten Feinteilung liefern

Eine weitere Zusatzanforderung ist:

- Wenn innerhalb der Vorhersagedistanz Abzweigmöglichkeiten bestehen, sind diese ebenfalls einzubeziehen, das heißt man hat es dann mit einem „Wege-Baum“ zu tun. Ausgenommen ist der Fall der vorbestimmten Route (z.B. durch Zielanwahl); hier kann das System darauf vertrauen, dass diese zutrifft und dass nicht von ihr abgewichen werden wird.

Das Navigationssystem muss mit einer bestimmten Taktrate jeweils einen „Wege-Vektor“ oder ein Bündel von „Wege-Vek-

toren“ liefern. Vereinfachtes Beispiel: geschieht dies für die nächsten 5 Kilometer der Fahrtstrecke in 100 m-Abständen, so würde jeweils ein Vektor mit  $3 * 50 = 150$  Daten geliefert; ob immer der komplette aktualisierte Datensatz neu errechnet oder ob eine inkrementale Technik verwendet wird (Hinzufügen neuer Daten, Löschen überholter Daten), ist eher ein technisches Detail. In weiteren Vektorkomponenten könnten Zusatzinformation geliefert werden, also etwa Angaben zu Verkehrsschildern oder zur Krümmung von Kurven (so weit diese nicht bereits aus den Koordinaten hinreichend genau ableitbar ist).

Eine allgemeinere Lösung könnte so aussehen: es wird ein bestimmtes Fenster aus dem Kartenumfang des Navigationssystems in die Auswertesoftware von GPS-Ecodrive (GPSE-Software) heruntergeladen; dies soll mit „Micro-Mapping“ bezeichnet werden. Es hätte einerseits den Vorteil, dass die GPSE-Software quasi autonom arbeiten würde und immer nur in regelmäßigen Abständen einen neuen Micro-Mapping Abzug erhielte. Andererseits müsste die Software in der Lage sein, die Straßensituation im jeweils abgebildeten Bereich mit eigener Logik aufzubereiten.

Die sich hier ergebenden Schnittstellenanforderungen können erheblich sein und wegen (angenommener) derzeit fehlender Normung auch von Navigationssystem zu Navigationssystem verschie-

den ausfallen. Die Entwicklung bis zur Schnittstelle, ab der die Fahrzeugspezifika greifen, könnte Gegenstand gemeinsamer Bemühungen der Industrie sein.

## Mögliche Einsparpotenziale

Erste vereinfachte Simulationsrechnungen zeigen, dass für ein typisch genutztes Fahrzeug eine Kraftstoffersparnis von bis zu einer Tankfüllung jährlich möglich erscheint. Der Einsatz dürfte zunächst für PkWs der Ober- und der Mittelklasse sowie für Lastkraftwagen – hier besonders solche mit elektrischen Zusatzverbrauchern wie etwa Kühlguttransporter – interessant sein. Bei entsprechender Marktdurchdringung ist dem Konzept sogar ein Nutzen auf volkswirtschaftlicher Ebene beizumessen.

## Synergiepotenziale

Die bisherige Nutzung von Satellitennavigation beschränkt sich im wesentlichen auf die Bereitstellung von Streckeninformationen für den Fahrzeugführer. GPS-Ecodrive ist ein integriertes technisches Konzept, welches ohne Zutun des Fahrers und weitgehend auch, ohne dass dieser es bemerkt, eine weitere Optimierung der Betriebsparameter eines Kraftfahrzeugs ermöglicht. Im Vordergrund stehen hier die Nebenaggregate eines Fahrzeugs. Man kann sich aber auch Einwirkungen auf das Motor- und Getriebemanagement mit dem Ziel der Kraftstoffersparnis vorstellen.

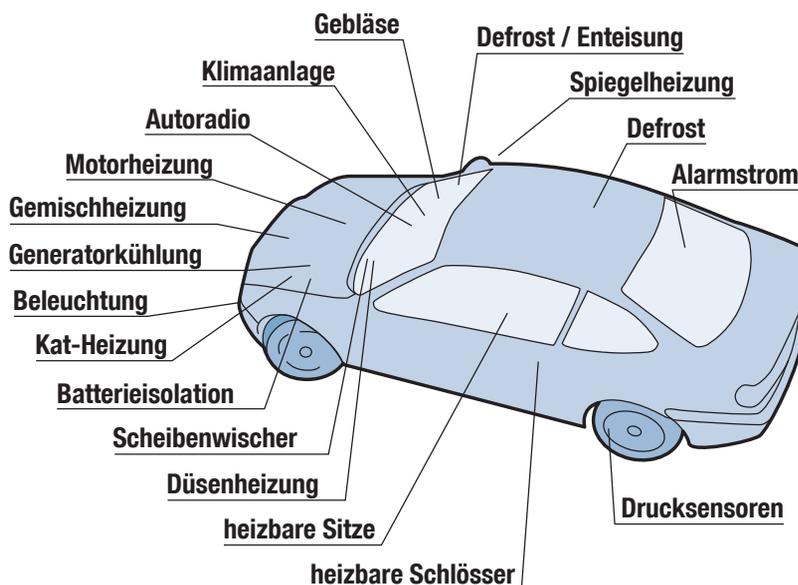
Um es prägnant zu sagen: das Navigationssystem wird vom „add-on“ zum „add-in“ eines Fahrzeugs. Das bietet seinem Hersteller und auch dem Fahrzeughersteller neue Perspektiven einer synergistischen Nutzung.

Die „Value-added“-Eigenschaft von GPSE kann für beide Seiten eine gute Marketinghilfe für die weitere Marktdurchdringung von Navigationssystemen sein.

Mit GPSE stößt man also auch die Tür ein Stück weiter auf für die Verschmelzung von IT-Anwendungen rund um Navigationssysteme und der Fahrzeugelektronik im allgemeinen. ■

## Verbraucher im Kraftfahrzeug

Eine Optimierung der typischen mitangetriebenen Verbraucher spart Energie.



## AUTOR

Professor Dr. Gerhard Güttler  
 Kurmainzer Straße 10  
 61462 Königstein im Taunus  
 Telefon 06174 930512 und 201284  
 Telefax 06174 201286

 [dr.gerhard.guettler@swd-servotech.de](mailto:dr.gerhard.guettler@swd-servotech.de)