

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 500 832 A1 2006-04-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer:

A 1712/2004

(51) Int. Cl.⁸: G08G 1/07 (2006.01),

(22) Anmeldetag:

13.10.2004

G05B 13/04 (2006.01),

(43) Veröffentlicht am:

15.04.2006

G05B 17/02 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

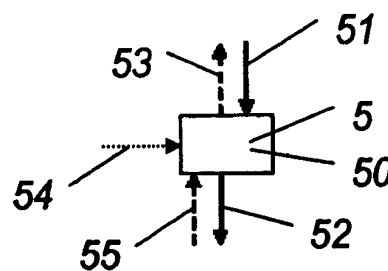
STRICKER RUDOLF DR.
D-80538 MÜNCHEN (DE)
ANDATA ENTWICKLUNGSTECHNOLOGIE
GMBH & CO KG
A-5400 HALLEIN (AT)

(72) Erfinder:

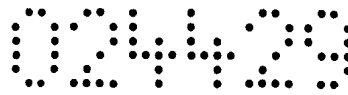
STRICKER RUDOLF DR.
MÜNCHEN (DE)
KUHN ANDREAS DR.
HALLEIN (AT)

(54) VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR REGELUNG VON VERKEHRSSTRÖMEN

(57) Bei einem Verfahren zur Regelung von Verkehrsströmen in einem Verkehrsnetz wird zur Verbesserung der Effizienz und zur Reduzierung des Aufwandes sowohl bei taktischen als auch bei strategischen Regelaufgaben vorgeschlagen, dass das Verkehrsnetz durch Regelelemente (5) repräsentiert wird, die in Element-Hierarchiestufen und/oder Macro-Sichten (61, 62, 63) und/oder Ebenen angeordnet werden, dass zumindest für eines der Regelelemente (5) ein wenigstens ein beispielbasiertes Modell umfassendes BBM-Regelelement (50) verwendet wird, wobei von dem BBM-Regelelement (50) mit wenigstens einer Vorgabe (51) und/oder wenigstens einem Optimalitätskriterien und/oder wenigstens einer Nebenbedingung (54) wenigstens eine Stellgröße (52) und/oder wenigstens eine Rückmeldung (53) ermittelt wird, und dass die Regelelemente (5) durch Kopplungen miteinander verknüpft werden, wobei die Kopplungen durch vorgebbare Stellgrößen-Vorgabe-Verknüpfungen zwischen zwei der Element-Hierarchiestufen und/oder zwischen zwei der Macro-Sichten (61, 62, 63) und/oder zwischen zwei der Ebenen ausgebildet werden.



AT 500 832 A1 2006-04-15



Z U S A M M E N F A S S U N G

Bei einem Verfahren zur Regelung von Verkehrsströmen in einem Verkehrsnetz wird zur Verbesserung der Effizienz und zur Reduzierung des Aufwandes sowohl bei taktischen als auch bei strategischen Regelaufgaben vorgeschlagen, dass das Verkehrsnetz durch Regelemente (5) repräsentiert wird, die in Element-Hierarchiestufen und/oder Macro-Sichten (61, 62, 63) und/oder Ebenen angeordnet werden, dass zumindest für eines der Regelemente (5) ein wenigstens ein beispielbasiertes Modell umfassendes BBM-Regelement (50) verwendet wird, wobei von dem BBM-Regelement (50) mit wenigstens einer Vorgabe (51) und/oder wenigstens einem Optimalitätskriterien und/oder wenigstens einer Nebenbedingung (54) wenigstens eine Stellgröße (52) und/oder wenigstens eine Rückmeldung (53) ermittelt wird, und dass die Regelemente (5) durch Kopplungen miteinander verknüpft werden, wobei die Kopplungen durch vorgebbare Stellgrößen-Vorgabe-Verknüpfungen zwischen zwei der Element-Hierarchiestufen und/oder zwischen zwei der Macro-Sichten (61, 62, 63) und/oder zwischen zwei der Ebenen ausgebildet werden.

(Fig. 1)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung von Verkehrsströmen in einem Verkehrsnetz.

Bekannte derartige Verkehrsregelungen werden anhand einer Modellvorstellung bzw. eines Modells des Verkehrsgeschehens für den betrachteten Umfang unter Nutzung relevanter Einfluß-Parameter vorgenommen. Die Verkehrsmodelle beruhen dabei auf mathematisch formulierten Vorstellungen über das Verkehrsverhalten, die aber nur einen – oft geringen – Teil der Realität abbilden, was zu entsprechend unzuverlässigen Modellen und oft recht suboptimalen Regelungen führt. Zudem sind umfangreichere Verkehrsmodelle nur mit hohem Aufwand bezüglich numerischer Rechenleistung und Datentransfer in der üblicherweise zentralistischen Form realisierbar, sodass bei den bekannten Verkehrsregelungen insbesondere bei komplexeren Aufgabenstellungen eine sehr aufwändige Modellierung erforderlich ist, die erreichbare Verkehrsleistung eher gering ist und die bekannten Verfahren nur eine recht suboptimale Verkehrsregelung darstellen. Bei den bekannten zentralistischen Verfahren ist weiters nachteilig, dass eine große Anzahl an Daten übertragen werden muss, wodurch die Bereitstellung eines leistungsfähigen und dichten Datennetzes erforderlich ist, dass bei einem Ausfall im Bereich der zentralen Rechenkapazität oder des Datennetzes ein Großteil der Regelung ausfällt und diese dadurch störanfällig ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs benannten Art anzugeben, bei dem die bekannten Nachteile vermieden sind, das auf einfache Weise in ein bestehendes Verfahren integriert werden kann, mit dem insbesondere auch eine schrittweise Umstellung bzw. Erweiterung vorhandener Verkehrsregelungen auf einfache Weise realisierbar ist, das eine hohe Kompatibilität mit anderen Verfahren zur Regelung von Verkehrsströmen aufweist, bei dem die erforderliche Rechenleistung gering gehalten werden kann, das eine geringe Störanfälligkeit aufweist, bei dem ein nur geringer Datentransfer erforderlich ist und mit dem auch bei einem lokalen Rechnerausfall bzw. bei einem Ausfall des Datennetzes eine brauchbare Regelung des Verkehrs sichergestellt werden kann.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass das zu regelnde Verkehrsnetz durch Regelemente repräsentiert wird, die in Element-Hierarchiestufen und/oder Macro-Sichten und/oder Ebenen angeordnet werden, dass zumindest für eines der Regelemente ein wenigstens ein beispielbasiertes Modell umfassendes BBM-Regelement verwendet wird, wobei von dem BBM-Regelement mit wenigstens einer Vorgabe und/oder

wenigstens einem Optimalitätskriterien und/oder wenigstens einer Nebenbedingung wenigstens eine Stellgröße und/oder wenigstens eine Rückmeldung ermittelt wird, und dass die Regelemente durch Kopplungen miteinander verknüpft werden, wobei die Kopplungen durch vorgebbare Stellgrößen-Vorgabe-Verknüpfungen zwischen zwei der Element-Hierarchiestufen und/oder zwischen zwei der Macro-Sichten und/oder zwischen zwei der Ebenen ausgebildet werden.

Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass durch diese hierarchische Struktur die Regelung subsidiär auf der stets untersten möglichen Element-Hierarchiestufe erfolgen kann, wobei von der nächsthöheren Element-Hierarchiestufe Vorgabegrößen für die nächsttiefere Element-Hierarchiestufe vorgegeben werden können. Dadurch kann die erforderliche Komplexität der jeweiligen Element-Hierarchiestufe eher gering gehalten werden. Weiters kann innerhalb der subsidiären Modellstruktur und Regelungsstrategie der Datentransfer zwischen den Element-Hierarchiestufen auf nur wenige Informationen (z.B. Vorgaben, Auslastungs-Rückmeldungen) beschränkt werden. Weiters kann das Regelement physisch im Bereich zB des jeweiligen Knotens oder der jeweiligen Strecke angeordnet werden, wodurch für den Datentransfer von den Einrichtungen des Knotens oder der Strecke zu dem Regelement nur eine geringe Leitungslänge erforderlich ist. Weiters kann vorgesehen werden, dass bei einem Ausfall eines Teiles des Datennetzes zeitbezogen optimale oder die letztgültigen Vorgabewerte beibehalten werden, wodurch auch bei einem Ausfall des Datennetzes eine brauchbare Regelung des Verkehrsnetzes sichergestellt werden kann. Mit den vorgesehenen beispielbasierten Modellen können auf einfache Weise leistungsfähige Modelle bereitgestellt werden, da sie anhand von aus dem aktuellen Verkehrsgeschehen entnommenen Beispielen trainiert werden, wodurch quasi das Verkehrsgeschehen selbst als gültiges Modell für seine Regelung herangezogen wird und zudem eine auto-adaptive und selbstlernende Regelung leicht erreicht werden kann. Werden bei der Erstellung der beispielbasierten Modelle insbesondere auch kategorische, unscharfe und/oder nur indirekt erfassbare bzw. indirekt aussagefähige Parameter verwendet, können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders praxisnahe, bei herkömmlichen Regelungen nur unvollkommen oder gar nicht abbildbare Einflüsse auf das Verkehrsgeschehen, beispielsweise Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer, Wetterbedingungen, Sonnenstand, „weiche“ Umleitungsempfehlungen, „blinde“ Ableitungen, hinsichtlich der Dringlichkeit abgestufte Verkehrsmeldungen, berücksichtigt werden. Somit kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine bestmögliche Verkehrsleistung und Straßenauslastung, sowie eine

systematische Schwachstellenanalyse sowohl bei aktuellen taktischen als auch bei planerischen strategischen Regelungsaufgaben leicht erreicht werden.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Regelemente subsidiär verwendet und physisch dezentral angeordnet werden. Dadurch kann eine einfache und besonders effiziente Regelung sichergestellt werden, bei welcher der erforderliche Datenfluss gering gehalten werden und eine hohe Zuverlässigkeit bei einer möglichst geringen Komplexität erreicht werden kann.

Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zumindest zwei der BBM-Regelemente unmittelbar miteinander gekoppelt werden, wodurch auf einfache Weise eine größere beispielbasierte Einheit, die zumindest zwei Element-Hierarchiestufen umfasst, ausgebildet wird.

In Weiterführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zumindest zwei Element-Hierarchiestufen verwendet werden. Durch das Vorsehen von zumindest zwei Element-Hierarchiestufen können die Vorteile der Subsidiarität besonders gut erreicht werden, wobei die erforderliche Komplexität der einzelnen Regelemente gering gehalten werden kann.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zumindest zwei Macro-Sichten verwendet werden, wodurch die erforderliche Anzahl der Element-Hierarchiestufen in den einzelnen Macro-Sichten und deren Komplexität beschränkt und der Regelungsbedarf lokalen Anforderungen angepasst werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zumindest zwei Ebenen verwendet werden. Durch diese Ausbildung kann eine eigene Regelung für einzelne Verkehrsträger, beispielsweise öffentlicher Verkehr, Schwerverkehr, Lieferverkehr od. dgl., bereitgestellt werden, was die Erfordernisse dieser Verkehrsträger gesondert und schwerpunktmäßig berücksichtigt.

In Weiterführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass für das beispielbasierte Modell ein neuronales Netz vorgesehen wird. Neuronale Netze stellen eine spezielle Form von beispielbasierten Modellen dar, wodurch das erfindungsgemäße Verfahren auf einfache Weise bereitgestellt werden kann.

Eine andere mögliche Ausführungsform der Erfindung kann darin bestehen, dass das beispielbasierte Modell selbstlernend und/oder adaptiv ausgebildet wird, wodurch eine automatische Anpassung der beispielbasierten Modelle an das aktuelle Verkehrsgeschehen und an evtl. auftretende Störungen z.B. durch Baustellen einfach

vorgesehen werden kann. Dabei kann eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens für eine Vielzahl an Anwendungsfällen eingesetzt werden.

Eine Variante der Erfindung kann darin bestehen, dass für das beispielbasierte Modell unscharfe Parameter und/oder nur indirekt erfassbare bzw. aussagefähige Parameter verwendet werden. Dadurch können auch besonders praxisnahe, bei herkömmlichen Regelungen nur unvollkommen oder gar nicht abbildbare Einflüsse auf das Verkehrsgeschehen, beispielsweise Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer, Wetterbedingungen, Sonnenstand, „weiche“ Umleitungsempfehlungen, „blinde“ Ableitungen, hinsichtlich der Dringlichkeit abgestufte Verkehrsmeldungen berücksichtigt werden.

Die Erfindung betrifft weiters eine Einrichtung zur Regelung von Verkehrsströmen, insbesondere nach einem oben beschriebenen Verfahren.

Bekannte derartige Einrichtungen umfassen einen Zentralrechner, auf dem ein Modell des Verkehrsgeschehens für den betrachteten Umfang unter Nutzung wichtiger Einfluß-Parameter betrieben wird. Derartige Verkehrsmodelle beruhen dabei auf mathematisch formulierten Vorstellungen über das Verkehrsverhalten, die aber nur einen – oft geringen – Teil der Realität abbilden, was auf entsprechend unzuverlässige Modelle und Regelungen führt. Nachteilig dabei ist, dass die bekannten Einrichtungen in der üblicherweise zentralistischen Form einen hohen Aufwand bezüglich numerischer Rechenleistung und Datentransfer benötigen, sodass mit den bekannten Verkehrsregelungen insbesondere bei komplexeren Aufgaben eine sehr aufwändige Modellierung erforderlich ist, die erreichbare Verkehrsleistung gering ist und nur eine recht suboptimale Verkehrsregelung erreichbar ist. Bei den bekannten zentralistischen Einrichtungen ist weiters nachteilig, dass eine große Anzahl an Daten über weite Entfernungen übertragen werden muss, wodurch die Bereitstellung eines umfangreichen, leistungsfähigen und dichten Datennetzes erforderlich ist, und dass bei einem Ausfall im Bereich des Zentralrechners oder des Datennetzes ein Großteil der Regelung ausfällt und diese dadurch störanfällig ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung der oben benannten Art anzugeben, bei dem die bekannten Nachteile vermieden sind, die auf einfache Weise in ein bestehendes System integriert werden kann, mit der insbesondere auch eine schrittweise Umstellung bzw. Erweiterung vorhandener Verkehrsregelungen auf einfache Weise realisierbar ist, die eine hohe Kompatibilität mit anderen Verfahren zur Regelung von Verkehrsströmen aufweist, bei der die erforderliche Rechenleistung gering gehalten werden kann, die eine geringe Störanfälligkeit aufweist, bei der ein nur geringer Datentransfer

erforderlich ist und mit der auch bei einem lokalen Rechnerausfall bzw. bei einem Ausfall des Datennetzes eine brauchbare Regelung des Verkehrs sichergestellt werden kann.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass Regelemente durch Kopplungen miteinander verbunden sind, dass die Regelemente physisch dezentral angeordnet und für eine subsidiäre Regelung vorgesehen sind.

Mit dieser Vorrichtung können die oben beschriebenen Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Regelung von Verkehrsströmen auf einfache Weise bereitgestellt werden.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zumindest eines der Regelemente, vorzugsweise zumindest zwei unmittelbar gekoppelte Regelemente, als wenigstens ein beispielbasiertes Modell umfassendes BBM-Regelement ausgebildet ist bzw. sind. Durch die Verwendung von BBM-Regelementen kann die erfindungsgemäße Einrichtung besonders einfach an gegebene Verkehrsverhältnisse angepasst werden.

Die Erfindung betrifft weiters eine Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens für einen innerstädtischen Straßenverkehr.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass als Knoten eine Straßenkreuzung und/oder als Strecke ein Straßenstück und/oder als Linie ein Straßenzug und/oder als Teilnetz ein Bezirk und/oder ein Stadtteil und/oder als Netz eine Stadt und/oder als Ebene ein Hauptstraßenverkehr und/oder ein Lieferverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet wird.

Die Erfindung betrifft weiters eine Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens für einen außerstädtischen Straßenverkehr.

In Weiterführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass als Knoten eine Straßenkreuzung und/oder als Strecke ein Landstraßenstück und/oder als Linie eine Landstraße und/oder eine Ortsdurchfahrt und/oder als Teilnetz eine Kommune und/oder als Netz eine Region und/oder als Ebene ein Hauptstraßenverkehr und/oder ein Lieferverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet wird.

Die Erfindung betrifft weiters eine Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens für einen Autobahnverkehr.

In diesem Zusammenhang kann gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, dass als Knoten eine Autobahnkreuz und/oder eine Autobahneinfahrt und/oder eine Autobahnausfahrt und/oder als Strecke ein Autobahnabschnitt und/oder als Linie eine Autobahnlinie und/oder als Teilnetz ein Regional-

Autobahnnetz und/oder als Netz ein Landes-Autobahnnetz und/oder ein internationales Autobahnnetz und/oder als Ebene ein Güterverkehr und/oder ein Personenverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet wird.

Die Erfindung betrifft weiters eine Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens für einen Luftverkehr, insbesondere für einen zivilen Luftverkehr.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen werden, dass als Knoten ein Flughafen und/oder ein Kreuzungspunkt und/oder als Strecke eine Direktverbindung und/oder als Linie eine Direktverbindung mit Zwischenlandungen und/oder als Teilnetz ein Landesnetz und/oder ein internationales Flugnetz und/oder als Netz ein Kontinentalnetz und/oder ein Weltnetz und/oder als Ebene ein Personenverkehr und/oder ein Frachtverkehr und/oder eine Fluglinie verwendet wird.

Die Erfindung betrifft weiters eine Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens für einen städtischen Mehrebenenverkehr, wobei der städtische Mehrebenenverkehr vorzugsweise einen Hauptstraßenverkehr und einen öffentlichen Verkehr, insbesondere ein U-Bahnnetz und/oder ein S-Bahnnetz und/oder ein Straßenbahnnetz, umfasst.

Die Erfindung betrifft weiters eine Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens für einen regionalen und/oder internationalen Mehrebenenverkehr, wobei der regionalen und/oder internationalen Mehrebenenverkehr vorzugsweise einen Straßenverkehr, insbesondere einen Autobahnverkehr, und/oder einen Schienenverkehr und/oder einen Luftverkehr und/oder ein Wasserstraßennetz umfasst.

Die Erfindung betrifft weiters eine Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens für ein Energieversorgungssystem, vorzugsweise ein Leitungssystem, insbesondere auch ein Pipelinesystem und/oder ein Stromversorgungssystem.

Die oben beschriebenen Verwendungen stellen bevorzugte Anwendungen des erfindungsgemäßen Verfahrens dar, wobei in den Weiterführungen besonders günstige Regelement-Zuordnungen zu den Element-Hierarchiestufen angegeben sind. Diese Anwendungen können auch bei der Planung (strategisch) eingesetzt werden, wobei insbesondere die Möglichkeiten der Umschichtung bei einem Netzausbau und/oder einem Netzabbau einfach ermittelt werden können.

Die Erfindung betrifft weiters ein Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte des oben beschriebenen Verfahrens ausgeführt werden, wenn

das Computerprogrammprodukt auf einem Computer läuft. Mittels des Computerprogrammproduktes kann das erfindungsgemäße Verfahren auf besonders einfache Weise in einer Regelungseinrichtung bereitgestellt werden.

Die Erfindung betrifft weiters einen Datenträger mit einem oben beschriebenen Computerprogrammprodukt, wodurch eine einfache Bereitstellung des Computerprogrammprodukts gegeben ist.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigezeichneten Zeichnungen, in welchen Ausführungsformen dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Objektes „BBM-Regелеlement“;

Fig. 2 einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Regelung von Verkehrsströmen mit mehreren Macro-Sichten und jeweils mehreren Element-Hierarchiestufen unter Verwendung von entsprechenden Regелеlementen;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Instanz „Teilnetz“ eines Regелеlements zur Regelung mit einem erfindungsgemäßen Verfahren;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Instanz „Linie“ eines Regелеlements zur Regelung mit einem erfindungsgemäßen Verfahren;

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Instanz „Strecke“ eines Regелеlements zur Regelung mit einem erfindungsgemäßen Verfahren;

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Instanz „Knoten“ eines Regелеlements zur Regelung mit einem erfindungsgemäßen Verfahren; und

Fig. 7 eine Ausführungsform des Zusammenwirkens mehrerer Macro-Sichten und Element-Hierarchiestufen.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung von Verkehrsströmen in einem Verkehrsnetz, wobei das Verkehrsnetz durch Objekte vom Typ Regелеlement 5 repräsentiert ist, die in Element-Hierarchiestufen und/oder Macro-Sichten 61, 62, 63 und/oder Ebenen angeordnet sind. Eine Instanz des Objekts Regелеlement kann zB das in Fig. 3 gezeigte Teilnetz 4 sein, welchem auf entsprechend untergeordneten Element-Hierarchiestufen mehrere Instanzen des Objekts Regелеlements vom Typ Linie 3 und/oder Strecke 2 und/oder Knoten 1 untergeordnet sein können. In Fig. 4 ist zudem eine Instanz von Typ Linie 3 dargestellt. In Element-Hierarchiestufen können weiters die Instanzen Knoten 1 und Strecke 2 vorgesehen sein, wie in den Fig. 6 bzw. 5 dargestellt. Mehrere Teilnetze 4 können in einer weiteren Element-Hierarchiestufe zu einem Netz zusammengefasst sein.

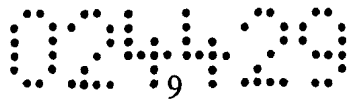
Dabei ist die Anzahl der Element-Hierarchiestufen grundsätzlich nach oben unbeschränkt. Bei anderen Anwendungen können auch weitere geeignete Instanzen des Objektes BBM-Regелеlement innerhalb der Element-Hierarchiestufen vorgesehen sein.

In Fig. 2 sind mehrere Systeme von Element-Hierarchiestufen dargestellt, welche jeweils unterschiedlichen Macro-Sichten 61, 62, 63 zugeordnet sind und jeweils einen unterschiedlichen Problem-Detailierungsgrad aufweisen. Dadurch kann beispielsweise ein lokales Netz in einer nächstgrößeren Macro-Sicht 61, 62, 63 einem regionalen Knoten 1 und ein regionales Teilnetz 4 in einer nächstgrößeren Macro-Sicht 61, 62, 63 einem überregionalen Knoten 1 entsprechen. Dabei werden bei dem regionalen Knoten 1 im Gegensatz zu dem lokalen Netz lediglich die für die regionalen Verkehrsströme relevanten Parameter erfasst bzw. geregelt.

In einer Ebene wird lediglich ein Teil eines an einer Stelle auftretenden Verkehrsaufkommens behandelt. Dabei kann jede zweckmäßige Teilung des Verkehrsstromes in eine vorgebbare Anzahl an Ebenen vorgesehen sein. Im Falle des Straßenverkehrs kann mittels einer Ebene beispielsweise der Fernverkehr, der Güterverkehr, der öffentliche Verkehr, od. dgl. geregelt werden. Dabei kann jede Ebene wiederum in Element-Hierarchiestufen aufgebaut sein.

Zumindest für eines der Regелеlemente 5 wird eine wenigstens ein beispielbasiertes Modell enthaltende Instanz des Objektes BBM-Regелеlement 50 verwendet. In Fig. 1 ist schematisch eine Ausführungsform des Objekts BBM-Regелеlement 50 gezeigt. Vorzugsweise werden für eine Vielzahl von Regелеlementen 5, insbesondere für zumindest annähernd alle Regелеlemente 5 jeweils Instanzen des BBM-Regелеlements 50 verwendet.

Methoden zur Generierung und praktischen Nutzung beispielbasierter Modelle sind in R. Stricker: Beispielbasierte Modellbildung als "neues" Hilfsmittel zur Nutzensteigerung und Aufwandsminimierung auch in Erprobung und Simulation, 8. Int. VDI Kongreß "Meß- und Versuchstechnik im Automobilbau" Böblingen, 1997, beschrieben. Mit der Bezugnahme ist der Inhalt dieser Veröffentlichung hier eingegliedert. Beispielbasierte Modelle können mit einer Vielzahl von Methoden allein auf der Basis von entsprechend parametrisierten Beispielen erstellt werden, wie z.B. Machine-Learning, Neuronale Netze, Decision Tree, Regressionsmethoden etc., sodass die praktische Ausführung des BBM-Regелеlementes 50 sehr viele verschiedene Formen annehmen kann. Durch das Objekt BBM-Regелеlement 50 werden mit wenigstens einer Vorgabe 51 und/oder wenigstens einem



Optimalitätskriterium und/oder wenigstens einer Nebenbedingung 54 wenigstens eine Stellgröße 52 und/oder wenigstens eine Rückmeldung 53 ermittelt.

Die Regelemente 5 sind durch Kopplungen untereinander verbunden, wobei die Kopplungen durch vorgebbare Stellgrößen-Vorgabe-Verknüpfungen zwischen zwei der Element-Hierarchiestufen und/oder zwischen zwei der Macro-Sichten 61, 62, 63 und/oder zwischen zwei der Ebenen ausgebildet sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können einem Teil oder allen Elementen eines Verkehrsnetzes, beispielsweise Knoten, Strecke, Linie, Netz, Ebene, od. dgl. jeweils entsprechende Instanzen des Objekts Regelement 5 zugeordnet werden. Sofern die Regelemente 5 als BBM-Regelement 50 ausgebildet sind, umfassen sie mindestens ein beispielbasiertes Modell, welches jeweils mindestens eine verkehrsrelevante Grösse (z.B. Verkehrsleistung) in Abhängigkeit von mindestens einem relevanten Einflussparameter (z.B. Signalsteuerzeit) gültig darstellt. Unter Nutzung des soweit nötig invertierten beispielbasierten Modells kann dann das Regelement 5 für eine oder mehrere z.B. von vorgelagerten Regelementen 5 erzeugte Vorgaben 51 (z.B. Verkehrsleistung) und/oder für je nach Aufgabenstellung in ihm selbst niedergelegte Optimalitätskriterien und/oder Nebenbedingungen 54 die zum Erreichen der Vorgaben 51 und/oder Optima und/oder Nebenbedingungen 54 erforderlichen Einflussparameter ermitteln und als Stellgrößen 52 an nachgeordnete Regelemente 5 und/oder Steuerungsendgeräte (z.B. Signalgeber) weiterleiten. Zusätzlich kann das BBM-Regelement 50 unter Nutzung des beispielbasierten Modells ein Maß für die Handlungsreserve bei der Erfüllung der Vorgaben ermitteln und – soweit vorhanden mit anderen von nachgeordneten Regelementen 5 gelieferten entsprechenden Größen – als Rückmeldung 53 an übergeordnete Regelemente 5 zurückgeben.

Dabei können die Instanzen des Objekts Regelement 5, welche beispielsweise für die Knoten 1, die Strecken 2, die Linien 3, die Teilnetze 4, die Netze od. dgl. verwendet werden, physisch dezentral verteilt werden und soweit wie möglich und/oder erwünscht subsidiär arbeitende lokal und/oder gesamthaft optimierende Verkehrsregelungen für nahezu beliebige Verkehrsproblem-Topologien und -Umfänge aufbauen, wobei diese auch verschiedene Macro-Sichten 61, 62, 63 (z.B. Detaillierungsstufen) und/oder mehrere übereinanderliegende Ebenen (z.B. verschiedene Verkehrsträger) umfassen können, indem Kopplungen zwischen den Regelungselementen durch entsprechende Stellgrößen-Vorgaben-Verknüpfungen innerhalb der Element-Hierarchie (z.B. Knoten 1 mit Linie 3 mit Teilnetz 4)

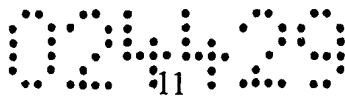
und/oder auch zwischen verschiedenen Macro-Sichten (z.B. Grob-Knoten mit Fein-Netz) und/oder auch zwischen übereinanderliegenden Ebenen (z.B. verschiedene Verkehrsträger) vorgenommen werden, entsprechend den Erfordernissen aus der jeweiligen taktischen oder strategischen Regelungsaufgabe.

In den Fig. 3 bis 6 sind Instanzen des Objektes Regelementen 5 dargestellt, wie sie auf unterschiedlichen Element-Hierarchiestufen in einem Verkehrsnetz verwendet werden können.

Dabei ist in Fig. 3 eine Instanz Teilnetz 4 dargestellt, welche auf der darunterliegenden Element-Hierarchiestufe vier Linien 3 enthält. Als Vorgabe 51 können Minstdurchsätze für Verkehrsströme 41 vorgegeben werden. Diese können von Teilnetz 4 unmittelbar als Stellgrößen an die entsprechenden Instanzen Linie 3 weitergegeben werden. Eine weitere Regelungsaufgabe ist aufgrund des subsidiären Charakters der Regelung für das Teilnetz 4 in dieser Konstellation nicht erforderlich. Als Rückmeldung kann z.B. die aus den Rückmeldungen 53 der Linien 3 ermittelte Reserve des Teilnetzes 4 vorgesehen sein.

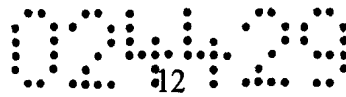
Die Fig. 4 zeigt eine Instanz Linie 3 mit zwei Knoten 1 und vier Strecken 2 in der darunterliegenden Element-Hierarchiestufe, welche die Verkehrsströme 31 aufweist. Als Vorgabewerte können aus dem übergeordneten Teilnetz 4 beispielsweise ein Minstdurchsatz der Verkehrsströme 31 vorgegeben sein. Diese Vorgabewerte können von der Linie 3 unmittelbar an die Strecken 2 und die Knoten 1 weitergeleitet werden. Als Stellgröße kann neben dem Minstdurchsatz der Verkehrsströme 31 der untergeordneten Regelemente 5 weiters die Ermittlung der Beginnzeitpunkte der Ampelphasen dieser Regelemente 5 vorgesehen sein. Die Rückmeldung 53 kann insbesondere die Reserven der Linie 3 bezogen auf die erreichbaren maximalen Verkehrsströme 31 enthalten. Für das Modell der Linie 3 ist es nicht erforderlich die einzelnen Knoten 1 und Strecken 2 exakt abzubilden, sondern es reichen die für die Ermittlung der Stellgrößen 52 erforderlichen Informationen aus. Dadurch kann das Modell der Linie 3 und dessen Komplexität recht einfach gehalten werden. Dieser Vorteil der Verringerung der Komplexität setzt sich auf allen Element-Hierarchiestufen fort.

In Fig. 5 ist eine Instanz Strecke 2 mit Verkehrsströmen 21 und einem Fußgängerübergang 22 dargestellt. Die Strecke 2 kann beispielsweise als Vorgabewerte einen Minstdurchsatz der Verkehrsströme 21 und einen Beginnzeitpunkt der Periode der Ampelphasen aus der übergeordneten Linie 3 erhalten. Weiters kann als Nebenbedingung eine minimale Fußgängerzufriedenheit vorgegeben sein. Die beispielbasierten Modelle der



Strecke 2 können neben den Grünphasen der Ampeln weiters den Monat, die Tageszeit, die Wettersituation, beispielsweise die Bewölkung, die Temperatur, den Niederschlag, od. dgl. berücksichtigen. Die Verkehrsströme 21 können in Fahrzeuge/h, in Achsen/h oder aber auch in unscharfen Größen, wie z.B. das zeitliche Verhältnis von Bewegung zu Ruhe beim Eintritt in die Strecke 2 oder als gemittelter Grauwert einer entsprechend ausgerichteten Fotozelle erfasst werden. Als Regelungsaufgaben ergeben sich die Erreichung der vorgegebenen Verkehrsströme 21 und die Einhaltung der minimalen Fußgängerzufriedenheit. Für die Ermittlung der Zufriedenheit der Fußgänger kann beispielsweise die Anzahl der Anforderungen an Dummy-Knöpfen herangezogen werden. Als Stellgröße kann insbesondere die Dauer der Ampelphasen vorgesehen sein. Die Rückmeldung 53 kann insbesondere die Reserven der Strecke 2 unter Berücksichtigung der erreichbaren maximalen Verkehrsströme 21 enthalten.

Fig. 6 zeigt eine Instanz Knoten 1, in den die Verkehrsströme 11 einmünden und der einen Fußgängerübergang 12 aufweist. Der Knoten 1 kann beispielsweise als Vorgabewerte einen Minstdurchsatz der Verkehrsströme 11 und einen Beginnzeitpunkt der Periode der Ampelphasen aus der übergeordneten Linie 2 erhalten. Weiters kann als Nebenbedingung eine minimale Fußgängerzufriedenheit vorgegeben sein. Die beispielbasierten Modelle des Knotens 1 können neben den Grünphasen der Ampeln weiters den Monat, die Tageszeit, die Wettersituation, beispielsweise die Bewölkung, die Temperatur, den Niederschlag, od. dgl. berücksichtigen. Die Verkehrsströme 11 können in Fahrzeuge/h, in Achsen/h oder aber auch in unscharfen Größen, wie z.B. das zeitliche Verhältnis von Bewegung zu Ruhe beim Eintritt in den Knoten 1 oder als gemittelter Grauwert einer entsprechend ausgerichteten Fotozelle erfasst werden. Als Regelungsaufgaben ergeben sich die Erreichung der vorgegebenen Verkehrsströme 11 und die Einhaltung der minimalen Fußgängerzufriedenheit. Für die Ermittlung der Zufriedenheit der Fußgänger kann beispielsweise die Anzahl der Anforderungen an Dummy-Knöpfen herangezogen werden. Als Stellgröße kann insbesondere die Dauer der Ampelphasen vorgesehen sein. Die Rückmeldung 53 kann insbesondere die Reserven des Knotens 1 bezogen auf die erreichbaren maximalen Verkehrsströme 11 enthalten. Eine Veränderung der Stellgröße 52 kann eine direkte physikalische Auswirkung haben, die eine Anzeige, eine Durchsage, eine Veränderung von Zeitschaltintervallen oder andere Einstellungen von Einflussparametern des Verkehrsgeschehens bewirkt. Für einen Fachmann ist selbstverständlich, dass die Stellgröße 52 nicht nur einen Wert sondern eine Vielzahl an Werten umfassen kann. Beispielsweise kann



bei der Regelung des Knotens 1 die Stellgröße 52 eine Anzeige einer Geschwindigkeitsbeschränkung und die Veränderung der Zeitdauer der Grünphase einer Fußgängerampel bewirken.

Dieses einfache Beispiel zeigt, wie verschiedene Instanzen des Objektes Regelemente 5 subsidiär verwendet und physisch dezentral angeordnet werden können, wodurch auf den höheren Element-Hierarchiestufen der Regelungsaufwand nahezu verschwindet und sich auf die Überwachung und Bereitstellung geeigneter Vorgabewerte – auch im Sinne einer strategischen Verkehrsregelung - reduziert. Dies tritt insbesondere bei der Verwendung von zumindest drei Element-Hierarchiestufen auf, da dann die unteren Element-Hierarchiestufen eine hinreichende Kompetenz zur Erfüllung eines Großteils der Regelungsaufgabe aufweisen können.

Durch die Verwendung von BBM-Regelementen 50 können die realen Verkehrsverhältnisse einfach modelliert werden und das Verkehrsgeschehen nahezu beliebig genau abgebildet werden, wodurch ein leistungsfähiges und gültiges Modell des relevanten lokalen Verkehrsgeschehens bereitgestellt wird. Dabei können die beispielbasierten Modelle selbstlernend und/oder adaptiv ausgebildet sein, wodurch das Modell ständig an der realen Situation geschult wird bzw. sich an veränderte Verkehrssituationen, beispielsweise der Einrichtung von Baustellen, von durch Unfälle oder Staus verursachte Veränderungen od. dgl., selbsttätig anpassen kann. Dadurch dass das BBM-Regelement 50 trainiert wird, kann der Verkehr selber in der Form von ihm laufend entnommenen Beispielen als gültiges Modell für seine Regelung herangezogen werden, wodurch quasi der Verkehr selber das stets gültige Modell darstellt. Durch die bei beispielbasierten Modellen übliche adaptive Fähigkeit, können beliebige Parameter für das Trainieren des beispielbasierten Modelle herangezogen werden.

Weiters können für die beispielbasierten Modelle auf einfache Weise unscharfe Parameter und/oder indirekt erfassbare Parameter verwendet werden, wie z.B. Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer, Wetterbedingungen, Sonnenstand, „weiche“ Umleitungsempfehlungen, „blinde“ Ableitungen, bzgl. der Dringlichkeit abgestufte Verkehrsmeldungen, etc.

Die beispielbasierten Modelle können beispielsweise als neuronale Netze ausgebildet sein.

Durch das Vorsehen unterschiedlicher Macro-Sichten kann die erforderliche Komplexität der Modelle der einzelnen Element-Hierarchiestufen konsequent dem Bedarf

der jeweiligen Regelungsaufgabe angepasst werden. Dies wird in Fig. 2 gezeigt und nachfolgend anhand des Straßenverkehrs verdeutlicht. In der ersten Macro-Sicht 61 wird das Autobahnnetz abgebildet. Dabei können auf der untersten Ebene Autobahnknoten, Autobahnauffahrten und Autobahnstückchen zwischen den Auffahrten betrachtet werden, die in der nächsten Element-Hierarchiestufe zu Linien 2 zusammengefasst werden. In höheren Element-Hierarchiestufen können regionale Autobahnnetze, Landesnetze, Bundesnetze und internationale Netze betrachtet werden. In einer zweiten Macro-Sicht 62 werden Hauptstraßen betrachtet. In dieser zweiten Macro-Sicht 62 wird der Bereich um einzelne der Regelemente 5 der ersten Macro-Sicht 61 genauer dargestellt, wobei die Erfüllung der Vorgaben für diese Regelemente 5 durch entsprechende Kopplungen unterstützt werden kann. Dabei findet diese Unterstützung vorzugsweise auf einer anderen Element-Hierarchiestufe statt, beispielsweise für ein Teilnetz 4 der zweiten Macro-Sicht 62 durch einen Knoten 1 in der ersten Macro-Sicht 61. Diese Kopplung ist in Fig. 2 durch die Pfeile zwischen den Macro-Sichten 61, 62, 63 dargestellt. In einer dritten Macro-Sicht 63 können z.B. Regionalstraßen betrachtet werden. Die Wechselwirkung zwischen der zweiten Macro-Sicht 62 und der dritten Macro-Sicht 63 kann beispielsweise darin erfolgen, dass bei einem Unfall in einer Hauptstraße von der dritten Macro-Sicht 63 selbsttätig Umleitungen durch Regionalstraßen eingerichtet und die Ampelphasen entsprechend geändert werden. Durch ein derartiges Zusammenspiel der einzelnen Macro-Sichten 61, 62, 63 kann die Komplexität der einzelnen Regelemente 5 gering gehalten werden. Weiters kann dadurch die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens je nach Bedarf erfolgen und bestehende Systeme können einfach integriert werden. In Fig. 7 ist ein praktisches Beispiel für das Zusammenwirken unterschiedlicher Macro-Sichten 61, 62, 63 gezeigt. Dabei betrifft die erste Fernstraßen-Macro-Sicht 61, die links unten gezeigt ist, ein Netz „Fernstraßen“ mit dem Knoten „München“, die zweite Regional-Macro-Sicht 62, die rechts unten dargestellt ist, ein Netz „Region München“ mit dem Knoten „Innenring“ und die Lokal-Macro-Sicht 61 rechts oben ein Netz „Innenring“ mit der Linie „Innenring-Nordost“, sowie links oben die Linie „Innenring-Nordost“ mit dem Knoten „P1“. Das beschriebene Beispiel kann auch auf andere Verkehrsströme übertragen werden.

Für komplexere Regelungsaufgaben, wie sie bei der Regelung von Verkehrsströmen häufig auftreten, erscheint die Verwendung von mehreren Macro-Sichten 61, 62, 63 vorteilhaft, weil dadurch eine Komplexitätsreduzierung und eine bedarfsgerechte lokale Regelungskonzentration erreicht werden kann.

Aus den obigen Ausführungen ist ersichtlich, dass eine einfache Regelung bereitgestellt werden kann, wenn die Regelemente 5 in einer Einrichtung zur Regelung von Verkehrsströmen durch Kopplungen miteinander verbunden sind, wobei die Regelemente 5 physisch dezentral angeordnet und für eine subsidiäre Regelung vorgesehen sind. Dadurch kann eine einfache Regelung bereitgestellt werden, bei der der erforderliche Datentransfer gering bleibt. Dabei erscheint vorteilhaft, wenn zumindest eines der Regelemente 5, vorzugsweise zumindest zwei unmittelbar gekoppelte Regelemente 5, als BBM-Regelement 50 ausgebildet ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in ein bestehendes herkömmliches Regelungssystem auf einfache Weise schrittweise integriert bzw. zur Erweiterung eines solchen dienen. Insbesondere bei der Verwendung von BBM-Regelementen 50 können sich die Regelemente 50 beim Trainieren auf das umgebende herkömmliche Regelungssystem einstellen und dieses Regelungssystem bei Ihren Regelungsaufgaben als Randbedingung berücksichtigen. Sofern Teile des herkömmlichen Regelungssystems verändert werden, beispielsweise durch eine Erweiterung der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Regelung, so können die BBM-Regelemente 50, sofern sie nicht adaptiv ausgebildet sind, durch ein erneutes Training an die veränderte Situation angepasst werden. Der Beginn der Implementierung kann auf einer beliebigen Element-Hierarchiestufe bzw. Detaillierungsebene erfolgen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können die beispielbasierten Regelemente 5 innerhalb einer netzartigen Gesamtstruktur entsprechend der Problem-Topologie hierarchisch, insbesondere als Knoten 1, Strecke 2, Linie 3, Teilnetz 4, Netz, und auch in mehreren Detaillierungsebenen angeordnet werden, sodass die Lösung der gesamten Regelaufgabe konsequent subsidiär auf stets unterster Element-Hierarchiestufe erfolgen kann. Dies macht die in den üblichen zentralistischen Lösungen notwendigen großen zentralen Modelle und Rechenleistungen überflüssig und reduziert radikal den bisher notwendigen zentristischen Datentransfer, da innerhalb der subsidiären Modellstruktur und Regelungsstrategie im Gegensatz zu zentralistischen Lösungen nur wenige Informationen (z.B. Vorgaben, Auslastungs-Rückmeldungen) auf den jeweils benachbarten Element-Hierarchiestufen benötigt werden. Da als beispielbasierte Modelle neben anderen Modellierungstechniken insbesondere auch auto-adaptive neuronale Netze Verwendung finden können, wird die Realisierung einer auch gesamthaft auto-adaptiven und selbstlernenden Regelung unterstützt und elementar erleichtert. Weil bei der Erstellung der

beispielbasierten Modelle insbesondere auch kategorische, unscharfe und nur indirekt erfassbare bzw. indirekt aussagefähige Parameter verwendet werden können, sind auch besonders praxisnahe, bei herkömmlichen Regelungen aber nur unvollkommen oder gar nicht abbildbare Einflüsse auf das Verkehrsgeschehen berücksichtigbar, wie z.B. Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer, Wetterbedingungen, Sonnenstand, „weiche“ Umleitungsempfehlungen, „blinde“ Ableitungen, bzgl. der Dringlichkeit abgestufte Verkehrsmeldungen, etc. Im Gegensatz zu zentralistisch-gesamthaften Lösungen kann für einen größeren Problemumfang entsprechend der netzartigen, subsidiären Struktur der BBM-Regelemente auch eine schrittweise migrative horizontale (z.B. Knoten 1, Strecke 2, Linie 3, Teilnetz 4, Netz etc.) und vertikale (z.B. erste Verkehrsebene, zweite Verkehrsebene, etc.) praktische Realisierung komplexer Systeme leicht vorgenommen werden, was in gleicher Weise auch für die Differenzierung der Regelungsaufgabe (z.B. von „wie konventionell gewohnt“ über „Berücksichtigung von Wetter etc.“ bis „auto-adaptiv optimierend“) gilt.

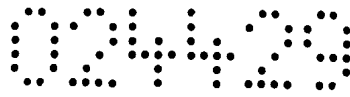
Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind also insgesamt von komplexer Art. Sie können die Grenzen und Beschränkungen herkömmlicher zentralistischer Systeme zur Regelung von Verkehrsströmen weitgehend beseitigen, so dass nahezu jegliche Verkehrsprobleme einer wirksamen, effektiven und kostengünstigen praktischen Regelung zugeführt werden können.

Für das erfindungsgemäße Verfahren scheint ein Computerprogrammprodukt besonders geeignet, wobei das Computerprogrammprodukt direkt in den internen Speicher eines Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgeführt werden, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer läuft.

Das Computerprogrammprodukt kann vorzugsweise auf einem Datenträger bereitgestellt werden.

Eine erste Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft einen innerstädtischen Straßenverkehr, wie er beispielsweise in Fig. 7 dargestellt ist. Dabei kann insbesondere als Knoten 1 eine Straßenkreuzung und/oder als Strecke 2 ein Straßenstück und/oder als Linie ein Straßenzug und/oder als Teilnetz 3 ein Bezirk und/oder ein Stadtteil und/oder als Netz 4 eine Stadt und/oder als Ebene ein Hauptstraßenverkehr und/oder ein Lieferverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet werden.

Eine zweite Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft einen außerstädtischen Straßenverkehr, wie er ebenfalls beispielsweise aus Fig. 7 ersichtlich ist.



Dabei kann insbesondere als Knoten 1 eine Straßenkreuzung und/oder als Strecke 2 ein Landstraßenstück und/oder als Linie 3 eine Landstraße und/oder eine Ortsdurchfahrt und/oder als Teilnetz 4 eine Kommune und/oder als Netz eine Region und/oder als Ebene ein Hauptstraßenverkehr und/oder ein Lieferverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet werden.

Eine dritte Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft einen Autobahnverkehr. Dabei kann insbesondere als Knoten 1 eine Autobahnkreuz und/oder eine Autobahneinfahrt und/oder eine Autobahnausfahrt und/oder als Strecke 2 ein Autobahnabschnitt und/oder als Linie 3 eine Autobahnlinie und/oder als Teilnetz 4 ein Regionalnetz und/oder als Netz ein Landesnetz und/oder ein internationales Autobahnnetz und/oder als Ebene ein Güterverkehr und/oder ein Personenverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet werden.

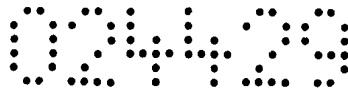
Eine vierte Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft einen Luftverkehr, insbesondere einen zivilen Luftverkehr.

Dabei kann insbesondere als Knoten 1 ein Flughafen und/oder ein Kreuzungspunkt und/oder als Strecke 2 eine Direktverbindung und/oder als Linie 3 eine Direktverbindung mit Zwischenlandungen und/oder als Teilnetz 4 ein Landesnetz und/oder ein internationales Flugnetz und/oder als Netz ein Kontinentalnetz und/oder ein Weltnetz und/oder als Ebene ein Personenverkehr und/oder ein Frachtverkehr und/oder eine Fluglinie verwendet werden.

Eine fünfte Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft einen städtischen Mehrebenenverkehr, wobei der städtische Mehrebenenverkehr vorzugsweise einen Hauptstraßenverkehr und einen öffentlichen Verkehr, insbesondere ein U-Bahnnetz und/oder ein S-Bahnnetz und/oder ein Straßenbahnnetz, umfasst.

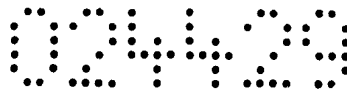
Eine sechste Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft einen regionalen und/oder internationalen Mehrebenenverkehr, wobei der regionalen und/oder internationalen Mehrebenenverkehr vorzugsweise einen Straßenverkehr, insbesondere einen Autobahnverkehr, und/oder einen Schienenverkehr und/oder einen Luftverkehr und/oder ein Wasserstraßennetz umfasst.

Eine siebente Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft ein Energieversorgungssystem, vorzugsweise ein Leitungssystem, insbesondere ein Pipelinesystem und/oder ein Stromversorgungssystem.



Einem Fachmann ist ersichtlich, dass die Ausführungen zur ersten Verwendung analog auf die anderen Verwendungen übertragen werden können, gegebenenfalls mit entsprechenden Adaptierungen.

Patentansprüche:



PATENTANWALT DIPL.-ING. DR. TECHN.

FERDINAND GIBLER

Vertreter vor dem Europäischen Patentamt

A-1010 WIEN Dorotheergasse 7

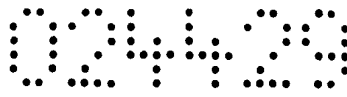
Telefon: -43-1- 512 10 98

Fax: -43-1- 513 47 76

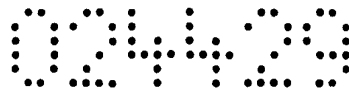
28036/pt

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Regelung von Verkehrsströmen in einem Verkehrsnetz, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verkehrsnetz durch Regelemente (5) repräsentiert wird, die in Element-Hierarchiestufen und/oder Macro-Sichten (61, 62, 63) und/oder Ebenen angeordnet werden, dass zumindest für eines der Regelemente (5) ein wenigstens ein beispielbasiertes Modell umfassendes BBM-Regelement (50) verwendet wird, wobei von dem BBM-Regelement (50) mit wenigstens einer Vorgabe (51) und/oder wenigstens einem Optimalitätskriterien und/oder wenigstens einer Nebenbedingung (54) wenigstens eine Stellgröße (52) und/oder wenigstens eine Rückmeldung (53) ermittelt wird, und dass die Regelemente (5) durch Kopplungen miteinander verknüpft werden, wobei die Kopplungen durch vorgebbare Stellgrößen-Vorgabe-Verknüpfungen zwischen zwei der Element-Hierarchiestufen und/oder zwischen zwei der Macro-Sichten (61, 62, 63) und/oder zwischen zwei der Ebenen ausgebildet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelemente (5) subsidiär verwendet und physisch dezentral angeordnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei der BBM-Regelemente (50) unmittelbar miteinander gekoppelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Element-Hierarchiestufen verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Macro-Sichten (61, 62, 63) verwendet werden.



6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Ebenen verwendet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das beispielbasierte Modell ein neuronales Netz vorgesehen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das beispielbasierte Modell selbstlernend und/oder adaptiv ausgebildet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das beispielbasierte Modell unscharfe Parameter und/oder nur indirekt erfassbare bzw. aussagefähige Parameter verwendet werden.
10. Einrichtung zur Regelung von Verkehrsströmen, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass Regelemente (5) durch Kopplungen miteinander verbunden sind, dass die Regelemente (5) physisch dezentral angeordnet und für eine subsidiäre Regelung vorgesehen sind.
11. Einrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eines der Regelemente (5), vorzugsweise zumindest zwei unmittelbar gekoppelte Regelemente (5), als wenigstens ein beispielbasiertes Modell umfassendes BBM-Regelement (50) ausgebildet ist bzw. sind.
12. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für einen innerstädtischen Straßenverkehr.
13. Verwendung nach Anspruch 12, wobei als Knoten (1) eine Straßenkreuzung und/oder als Strecke (2) ein Straßenstück und/oder als Linie (3) ein Straßenzug und/oder als Teilnetz (4) ein Bezirk und/oder ein Stadtteil und/oder als Netz eine Stadt und/oder als Ebene ein Hauptstraßenverkehr und/oder ein Lieferverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet wird.



14. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für einen außerstädtischen Straßenverkehr.

15. Verwendung nach Anspruch 14, wobei als Knoten (1) eine Straßenkreuzung und/oder als Strecke (2) ein Landstraßenstück und/oder als Linie (3) eine Landstraße und/oder eine Ortsdurchfahrt und/oder als Teilnetz (4) eine Kommune und/oder als Netz eine Region und/oder als Ebene ein Hauptstraßenverkehr und/oder ein Lieferverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet wird.

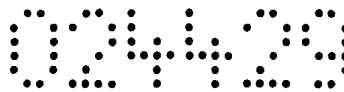
16. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für einen Autobahnverkehr.

17. Verwendung nach Anspruch 16, wobei als Knoten (1) eine Autobahnkreuz und/oder eine Autobahneinfahrt und/oder eine Autobahnausfahrt und/oder als Strecke (2) ein Autobahnabschnitt und/oder als Linie (3) eine Autobahnlinie und/oder als Teilnetz (4) ein Regional-Autobahnnetz und/oder als Netz ein Landes-Autobahnnetz und/oder ein internationales Autobahnnetz und/oder als Ebene ein Güterverkehr und/oder ein Personenverkehr und/oder ein Privatverkehr und/oder ein öffentlicher Verkehr verwendet wird.

18. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für einen Luftverkehr, insbesondere für einen zivilen Luftverkehr.

19. Verwendung nach Anspruch 18, wobei als Knoten (1) ein Flughafen und/oder ein Kreuzungspunkt und/oder als Strecke (2) eine Direktverbindung und/oder als Linie (3) eine Direktverbindung mit Zwischenlandungen und/oder als Teilnetz (4) ein Landesnetz und/oder ein internationales Flugnetz und/oder als Netz ein Kontinentalnetz und/oder ein Weltnetz und/oder als Ebene ein Personenverkehr und/oder ein Frachtverkehr und/oder eine Fluglinie verwendet wird.

20. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für einen städtischen Mehrebenenverkehr, wobei der städtische Mehrebenenverkehr vorzugsweise einen



Hauptstraßenverkehr und einen öffentlichen Verkehr, insbesondere ein U-Bahnnetz und/oder ein S-Bahnnetz und/oder ein Straßenbahnnetz, umfasst.

21. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für einen regionalen und/oder internationalen Mehrebenenverkehr, wobei der regionalen und/oder internationalen Mehrebenenverkehr vorzugsweise einen Straßenverkehr, insbesondere einen Autobahnverkehr, und/oder einen Schienenverkehr und/oder einen Luftverkehr und/oder ein Wasserstraßennetz umfasst.

22. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für ein Energieversorgungssystem, vorzugsweise ein Leitungssystem, insbesondere ein Pipelinesystem und/oder ein Stromversorgungssystem.

23. Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgeführt werden, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer läuft.

24. Datenträger mit einem Computerprogrammprodukt nach Anspruch 23.

Der Patentanwalt:

PATENTANWALT DIPL. ING. DR. TECHN.

FERDINAND WIBLER

Vertreter vor dem Europäischen Patentamt

A-1010 WIEN Dorotheergasse 7

Telefon: -43-1- 512 10 98

Fax: -43-1- 513 47 76

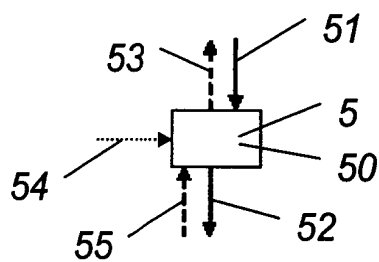


Fig. 1

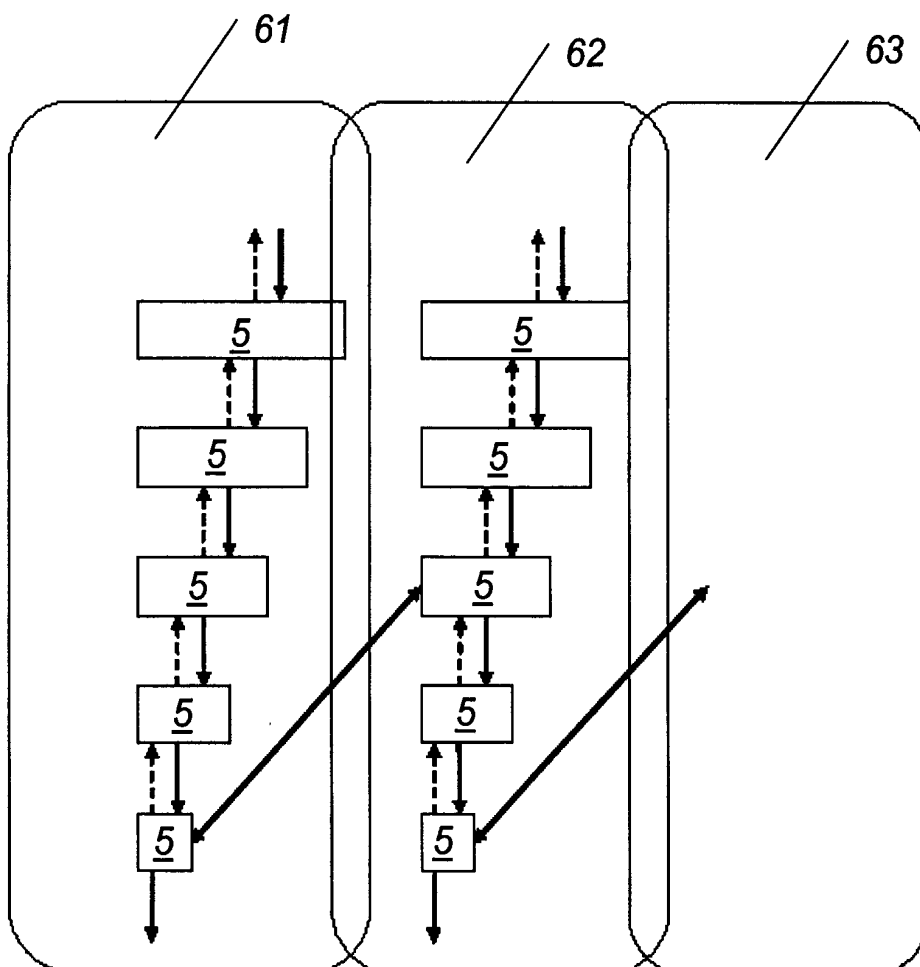


Fig. 2

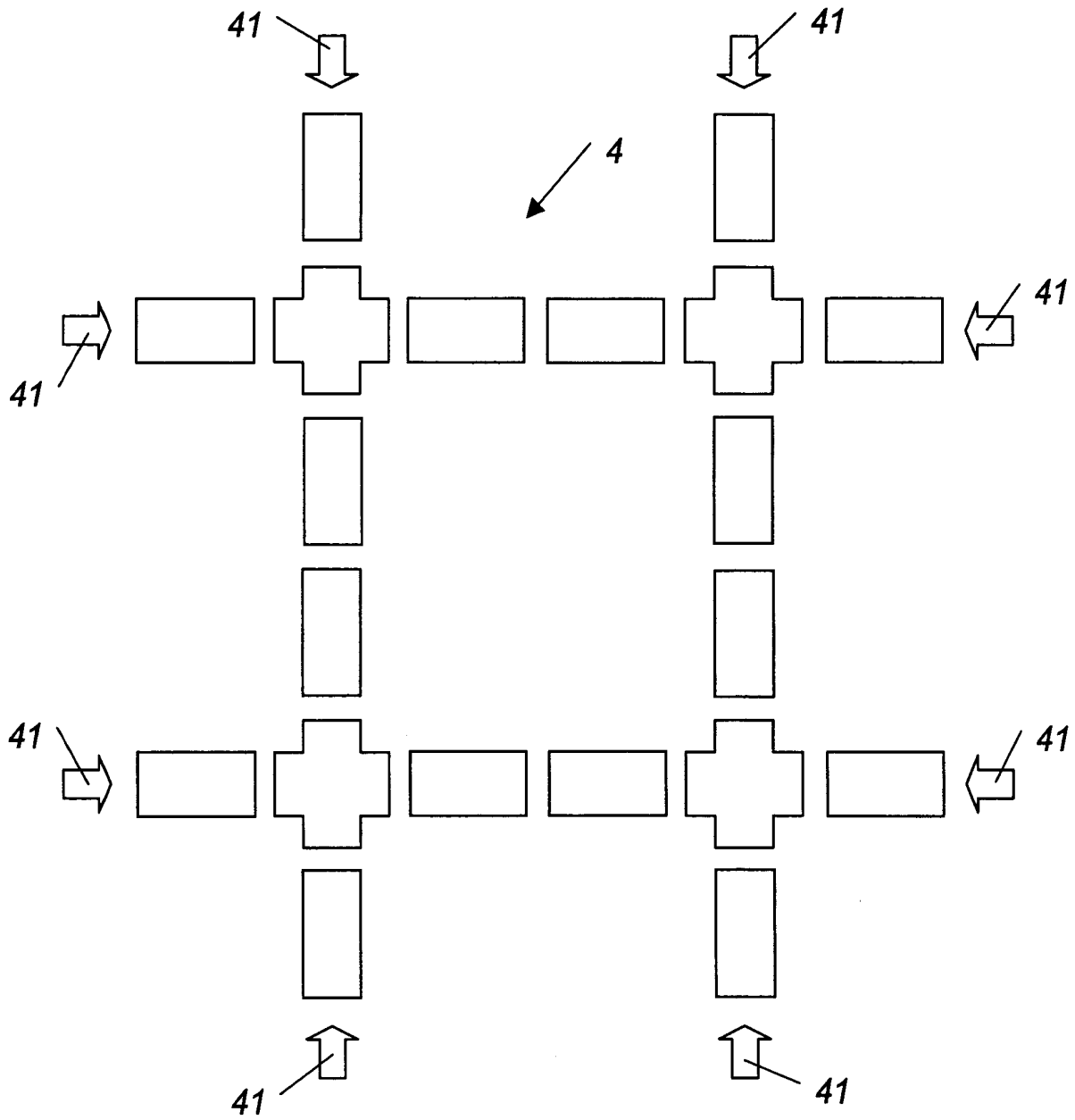


Fig. 3

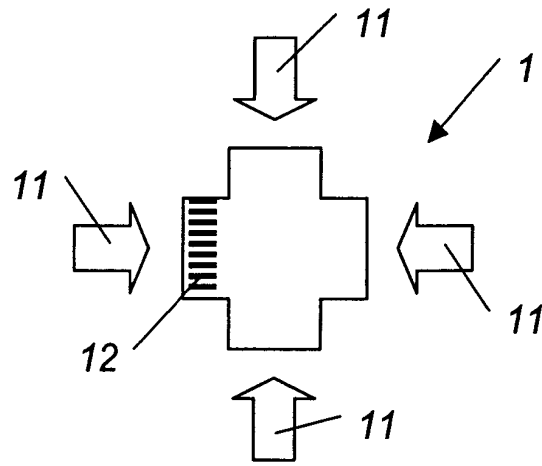


Fig. 4

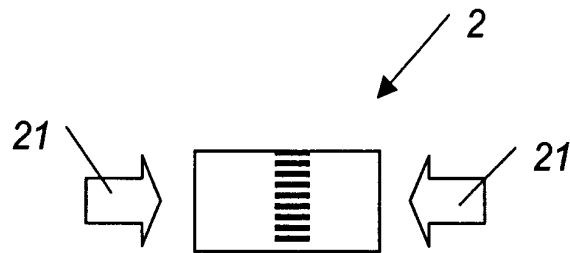


Fig. 5

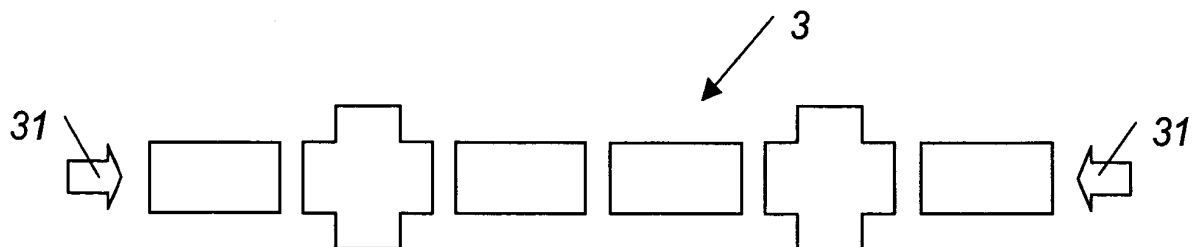


Fig. 6

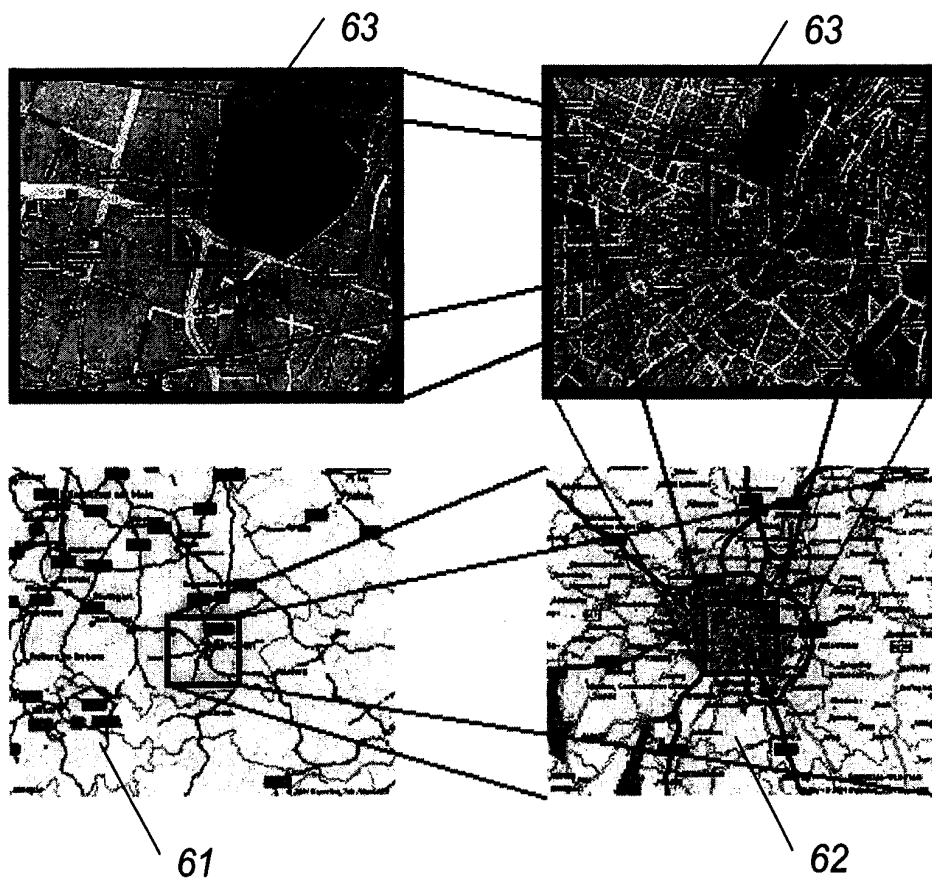


Fig. 7



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: G08G 1/07, G05B 13/02, 17/02		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G08G, G05B		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 13. Oktober 2004 eingereichten Ansprüchen erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	DE 10021929 A1 (SIEMENS AG) 15. November 2001 (15.11.2001) <i>Absätze [0193]-[0202]</i>	1,8,9,12-15
	--	
A	DE 19907041 A1 (POSCHINGER) 24. August 2000 (24.08.2000) <i>Fig.2</i>	1,10,16,17
	--	
A	DE 19858477 A1 (SIEMENS AG) 6. Juli 2002 (06.07.2002) <i>Anspruch 1</i>	1,7

Datum der Beendigung der Recherche: 27. Juli 2005 ☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dr. FUSSY		
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmel- gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmel- gegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		