

# Modularer Automatisierter Individual-Transport Ein revolutionäres Verkehrskonzept

John Greenwood und Jörg Schweizer

Email: [info@MAITint.org](mailto:info@MAITint.org)

URL: [www.MAITint.org](http://www.MAITint.org)

20. Oktober 2003

## Zusammenfassung

Modularer Automatisierter Individual-Transport (MAIT) ist ein innovatives Verkehrskonzept für Passagiere und leichte Frachten, das die Flexibilität des Automobils mit den Vorteilen des Öffentlichen Verkehrs vereint. Dieses revolutionäre Konzept basiert auf einem vollautomatischen Transport von Passagieren oder leichter Fracht in kleinen, containerartigen Kabinen und bietet einen fahrerlosen Transport—24h am Tag auf Abruf, ohne Umsteigen und von Tür zu Tür. Erst der Einsatz modernster Computernetzwerke und Regelungssysteme ermöglicht diesen hocheffizienten Individual-Transport, der sicherer, umweltfreundlicher und sozialer ist, verglichen mit den derzeitig verbreiteten Verkehrssystemen.

## 1 Warum ist MAIT eine Notwendigkeit ?

Es vergeht kaum ein Tag ohne ein Bericht in den Medien über Verkehrsprobleme. Es heißt, dass der Straßenverkehr in naher Zukunft noch weiter ansteigen wird. Millionen sehnen sich nach einem Ende von Verkehrsstaus, Stress, Lärm, Abgasen und der Unfallgefahr vor ihren Haustüren; der Widerstand in der Bevölkerung gegen weiteren Straßenausbau wächst. Zudem, warnen Wissenschaftler vor einer globalen Erwärmung der Erdatmosphäre und fordern eine drastische Reduzierung des Verbrauchs fossiler Rohstoffe. Doch auf den komfortablen und spontanen Tür-zu-Tür-Transport eines PKW will im allgemeinen niemand verzichten, wobei in Kauf genommen wird, dass wesentliche Teile der Bevölkerung davon ausgeschlossen sind.

Modularer Automatisierter Individual-Transport (MAIT), der mit dem heutigen Stand der Technik realisierbar ist, hat das Potential diese Situation wesentlich zu verbessern und kann dazu beitragen die Lebensqualität der gesamten Bevölkerung entscheidend zu verbessern.

## 2 Was ist MAIT ?

MAIT läßt sich in drei Bestandteile gliedern:

1. *Kabinen* (engl. cabins), in denen sich die Passagiere oder Fracht befinden,
2. *Fahrwerke* (engl. carriers), die die Kabinen auf Fahrwegen bewegen und

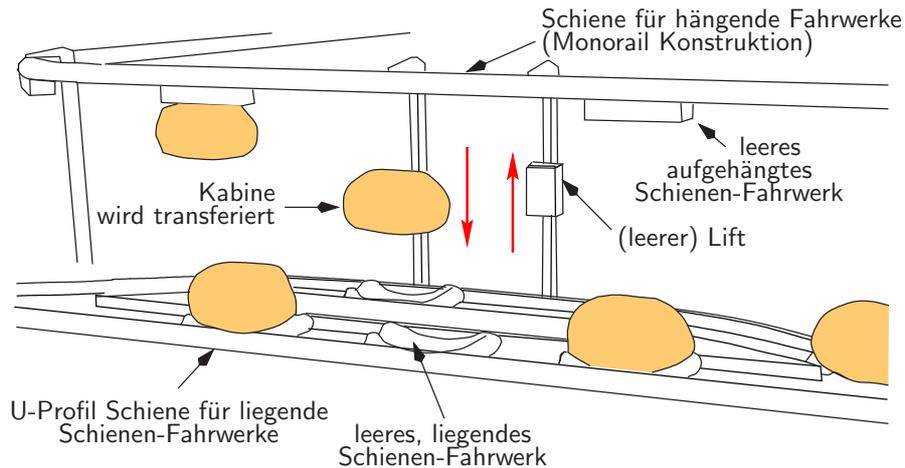


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Kabinen-Transfers zwischen hängenden und liegenden Schienen-Fahrwerken, wobei ein Lift den Transfer bewerkstelligt.

### 3. Fahrwege (engl. tracks), die die Fahrwerke entlang einer Strecke steuern.

Ein MAIT -Fahrzeug besteht daher aus einem Fahrwerk mit einer oder mehreren aufgekoppelten Kabinen. *Das besondere an MAIT ist, dass das Fahrwerk des Fahrzeugs automatisch gegen ein anderes ausgetauscht werden kann.*

Die Kabinen sind, wie Schiffscontainer, ohne Räder oder Antrieb. Ihre Transportkapazität ist vergleichbar mit der eines Familienautos oder eines kleinen Lieferwagens, wobei die Innenausstattung, je nach Verwendungszweck, unterschiedlich sein kann. Des Weiteren haben Kabinen einheitliche Kupplungsstellen, mit denen sie mit verschiedenen Methoden vollautomatisch, schnell und sicher von einem Fahrwerk-Typ auf einen anderen transferiert werden können. *Die Bewegung der Kabinen ist im allgemeinen Computer gesteuert* was bedeutet, dass sowohl die Bewegung der Fahrzeuge auf dem Fahrweg als auch die notwendigen Wechsel von einem Fahrzeuge-Typ auf einen anderen vollautomatisiert sind. Zu Beginn und am Ende einer Fahrt befinden sich die Kabinen entweder auf einem Abstellzweig des Fahrweges oder sie werden vom Fahrwerk auf einen Wartepplatz gesetzt um während der Einstiegs/Ausstiegs- oder Ladezeiten den Durchgangsverkehr nicht zu blockieren. *Kabinen für Personen oder Fracht können sowohl für die Dauer der Fahrt spontan geliehen werden, als auch privates Eigentum des Benutzers sein. Passagier-Kabinen* haben Sitzplatz für vier Erwachsene und sind auch geräumig genug um darin während längerer Fahrten in privater Atmosphäre zu arbeiten oder zu schlafen. Die Innenausstattung ist so ausgelegt, dass auch Personen in Rollstühlen oder Kinder- und Einkaufswagen bequem Platz finden; diese können auch einfach eingerollt werden, da an Haltestellen der Kabinenboden ebenerdig ist. Telefon- und Internet-Anschluss sorgt bei längeren Fahrten für Unterhaltung und erweitern die Arbeitsmöglichkeiten mit dem Computer. Ein Kabinen Management System sorgt dafür, dass die richtigen Kabinen-Typen zur Verfügung gestellt, leere Kabinen effizient wiederverwendet und private Kabinen in der Nähe des Benutzers geparkt werden. *Fracht-Kabinen* können für die verschiedensten Aufgaben entworfen werden, z.B. um Industriepalette, Flüssigkeitsbehälter oder Gefriergut automatisch zu laden und entladen.

Als Fahrwerke werden hier alle Fortbewegungsmittel mit Antrieb bezeichnet die zur Beförderung von Kabinen geeignet sind. MAIT Fahrwerke werden generell elektrisch angetrieben; sie

sind daher leise und emissionsfrei. In einem MAIT Netzwerk kann sich jeder Fahrwerk-Typ nur auf dem für ihn bestimmten Fahrweg bewegen.

*Der Fahrweg* ist ein allgemeiner Begriff für Schienen (siehe Abb. 1), Straßen mit Fahrwerk-Navigationssystem (siehe Abb. 2), oder jeder anderen Vorrichtung, die zum automatischen Führen von Fahrwerken geeignet ist. Je nach Verkehrsanforderungen, kann der Fahrweg auf Straßenebene, auf Pfeilern oder durch Tunnels geführt werden (siehe Beispiele in Abschnitt 3). Die Bauweise von MAIT -Schienen oder Monorails auf Pfeilern ist extrem schlank und leicht, da die Nutzlast der Fahrzeuge auf 500 kg begrenzt ist. Fahrwerke und Fahrwege können grundsätzlich mit jeder Technologie gebaut werden solange sie den MAIT *Standard-Spezifikationen* entsprechen (siehe weiter unten).

Je nach angewandter Fahrwerkstechnologie, kann das MAIT -Netzwerke ein breites Spektrum an Geschwindigkeiten, Transportkapazitäten und Antriebssystemen bereitstellen, z.B:

- *Schienen Fahrwerke* mit Hartgummireifen, die entweder in Schienen aufgehängt sind oder auf U-förmigen Schienen laufen (siehe Abb. 1). Diese Fahrwerke können, konstruktionsabhängig, sehr hohe Transportkapazitäten und Geschwindigkeiten bis etwa 130 km/h erreichen. Hängende Fahrwerke sind besonders geeignet für den Transport innerhalb von Gebäuden oder Fabrikhallen da keine Bodenkonstruktionen notwendig sind.
- *Straßen Fahrwerke* mit Luftreifen sind für den Gebrauch auf normalen Straßen ausgelegt. Für die Navigation können beispielsweise in die Straße eingebettete Leiterschleifen dienen. Eine kleine Batterie würde für die in der Regel kurzen Distanzen benötigte Antriebsenergie bereitstellen. Diese Fahrwerkstechnologie ist sehr flexibel und die Leiterschleifen sind leicht und kostengünstig zu installieren, aber die Geschwindigkeit ist aus Sicherheitsgründen auf 18 km/h beschränkt, so daß der Einsatz auf kurze Distanzen beschränkt bleiben muss. Jedoch stellt das Straßen-Fahrwerk in Gebieten mit wenig Verkehr oder in historischen Stadtzentren mit schmalen Straßen die einzige Alternative dar.
- *Magnetschwebe (MAGLEV)-Fahrwerke* benutzen in der Regel Lineare Synchrone Elektromotoren. Sie haben hohe Transport Kapazitäten und hohe Reisegeschwindigkeiten. MAGLEV-Fahrwerke sind daher besonders für Inter-City Verbindungen mit einem wenig verzweigten Schienen-Netz geeignet.

Eine notwendige Anforderung ist, dass Kabinen zwischen verschiedenen Fahrwerkstypen transferierbar sind, was durch einen *Transfer-Mechanismus* bewerkstelligt wird. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel bei dem ein Lift der aktive Teil des Transfer-Mechanismus darstellt. Er hängt sich in die Kabine ein und setzt sie vom hängenden Fahrwerks-Typ auf das liegende Schienen-Fahrwerk oder vice versa. Abbildung 2 zeigt wie Kabinen von einem liegenden Schienen-Fahrwerk auf ein Strassen-Fahrwerk transferiert werden. Solch ein horizontaler Transfer einer leichtgewichtigen Kabine benötigt wenig Leistung, so dass der Transfer-Mechanismus in das Fahrwerk eingebaut werden kann.

MAIT hat die entscheidende Fähigkeit sich anzupassen. Jede Stadt hat seine Besonderheiten und verlangt nach maßgeschneiderten Verkehrslösungen. Mit MAIT hat der Städteplaner die Möglichkeit zwischen verschiedenen Fahrwerk-Typen zu wählen und sie zu einem nahtlosen Verkehrssystem zusammenzufügen, so dass die Stärken eines jeden Typs am besten zur Geltung kommen. Die meisten Fahrbahn-Typen lassen sich mit viel weniger Aufwand aufbauen und entfernen, und schädigen bedeutend weniger das Stadtbild als dies bei Kraftfahrstrassen der Fall ist. Überkopf Monorails und die notwendigen Pfeiler werden als Fertigteile hergestellt und

auf minimalen Fundamenten installieren. MAIT Fahrzeuge sind leise, emissionsfrei, leicht und haben eine schmale Spurbreite. Sie lassen sich daher vergleichsweise einfach unter, über oder durch existierende Städtestrukturen leiten. Die wesentliche Merkmale des oben beschriebenen System sind:

- *fahrerloser, 24h am Tag abrufbarer Tür-zu-Tür Transport in individuellen Kabinen, ohne Umsteigen—bei Fahrzeugwechsel wird die ganze Kabine umgeladen.*
- *die Fahrwerks- und Fahrwege-Technologie kann so angepaßt werden, dass das System für alle Transportaufgaben kostengünstig arbeitet.* Mit den verschiedensten Fahrwerk-Typen kann das MAIT -Netzwerk Innenstädte, Wohnviertel mit wenig Verkehr und sogar Arbeitsmaschinen in Fabrikhallen erreichen.
- *Fahrwerk- und Fahrwege würden tagsüber vorwiegend Passagier-Kabinen, und während der Nacht Fracht-Kabinen transportieren.* Dies hat den Vorteil, dass die kapitalintensivsten Bestandteile des Systems über einen großen Zeitraum des Tages gewinnbringend im Einsatz sind.
- *Das Herzstück von MAIT sind offene Standard-Spezifikationen, die folgendes festlegen: Außenmaße der Kabine; elektromechanische Schnittstellen Zwischen Kabine, Fahrwerk und Transfermechanismus; Kommunikationsprotokolle zur Koordinierung von Kabinen, Fahrwerk und Fahrweg; Sicherheits- und Komfort-Standards.*
- *Technologisch neue Fahrwerks- und Fahrwege-Typen lassen sich ohne Probleme zu dem bereits existierenden MAIT Netzwerk hinzufügen, solange sie die oben erwähnten Spezifikationen erfüllen.*
- *Die verschiedenen Bestandteile des Systems können im Besitz von Privatunternehmen, öffentlichen Betrieben, oder Privatpersonen sein*

### 3 Wie würde MAIT eingeführt ?

Zum Aufbau von MAIT werden grundsätzlich keine neuartigen Technologien benötigt; die Innovation liegt vielmehr in einer vorteilhaften Synthese von moderner Regelungstechnik (eingesetzt in Robotern oder der Luftfahrttechnik), Netzwerklogistik (entwickelt zur Koordinierung von Daten-Pakete im Internet), und konventioneller Mechanik, Elektrotechnik und Bauingenieurskunst. Es gibt bereits viele Entwicklungsprojekte verschiedener innovativer, automatisierter Transporttechnologien wie z.B der "Personal Rapid Transit (PRT)"<sup>1</sup>. Die speziell für das MAIT -System notwendigen Komponenten, (namentlich der Transfermechanismus und die Logistik) sind lediglich zusätzliche Entwicklungen, die auf eine schon vorhandene Technologische Basis automatisierter Transporttechnologien aufbauen.

Zunächst könnte ein kleines MAIT -Netzwerk auf einem Privatgrundstück aufgebaut und getestet werden, das anfangs als ein auf Abruf basiertes, flexibles Transportsystem für leichte Frachten dient; möglicherweise innerhalb eines größeren Industriegebietes. Damit wäre die Funktionsfähigkeit des Konzeptes bestätigt und würde schon in diesem frühen Stadium Profite

---

<sup>1</sup>J. Schneider's Webseite (<http://faculty.washington.edu/~jbs/itrans>) enthält eine umfangreiche und aktuelle Sammlung von Informationen und Referenzen zu innovativen Transporttechnologien.

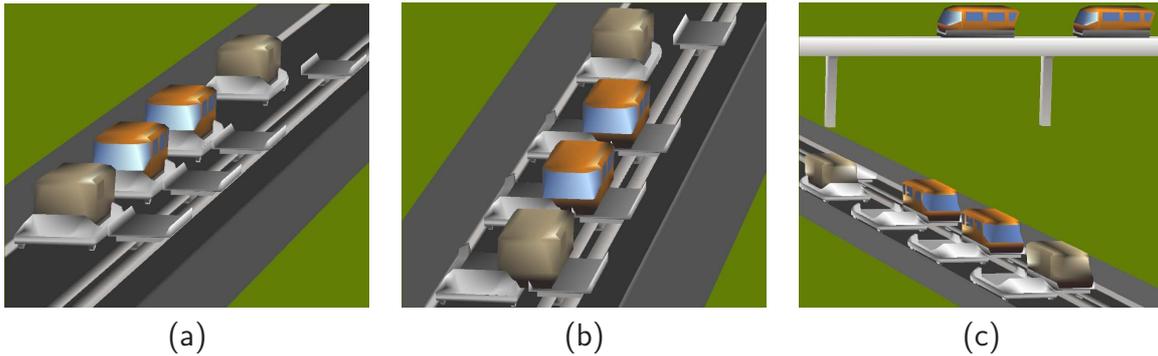


Abbildung 2: Bildersequenz eines simultanen Transfers von drei Kabinen. Für die Transfer-einrichtung wird wenig zusätzliche Infrastruktur benötigt, da der Transfer-Mechanismus so kompakt konstruiert ist, dass er in die Fahrwerke eingebaut werden kann. (a) Die vorderen drei Kabinen werden von Straßen-Fahrwerken (linke Spur) auf die wartenden Schienen-Fahrwerke (rechte Spur) transferiert. (b) Kabinen bewegen sich zur Seite auf die Schienen-Fahrwerke. (c) Die Kabinen sind nun vollständig auf die Schienen-Fahrwerke transferiert und können ihre Fahrt auf Schienen fortsetzen, und zwar auch auf Überkopf-Schienen, wie im Hintergrund gezeigt wird.

erlauben. Sobald das System alle erwarteten Leistungs- und Sicherheitskriterien erfüllt, könnte es auch für Personentransporte innerhalb des Industriekomplexes zugelassen werden. Die Teststrecke könnte anschließend auf umliegende Wohngebiete und Aktivitätszentren ausgedehnt werden um den Umgang der Einwohner mit dem neuartigen Transportsystem zu studieren.

Der nächste logische Schritt wäre der Aufbau eines MAIT -Netzwerkes in einer Stadt mit dem Ziel alle Gebäude in einem begrenzten Gebiet zu erschließen, einschließlich der wichtigsten Aktivitätszentren. Da in einer Innenstadt häufig hohe Verkehrsdichten auf eng begrenztem Raum anzutreffen sind würden, abhängig vom Straßennetz, Fahrwerke mit mittlerer bis hoher Transportkapazität eingesetzt, die auf Überkopf-Schienen oder unterirdisch (aber in allen Fällen vollständig von Fußgängern und Straßenverkehr getrennt) gesteuert werden. Flexible Monorails mit aufgehängten Fahrwerks-Typen könnten Kabinen *zu*, und sogar *in* einzelne Gebäudekomplexe der Innenstadt bringen. Es ist ohne weiteres möglich diese "Mini-Monorails" auf der Rückseite von Gebäuden entlangzuführen, ausgestattet mit einer Haltestation an jeder relevanten Anlieferstelle. Diese Maßnahmen erlauben es den Straßenverkehr in diesen Gebieten weitestgehend zu reduzieren, wenn nicht zu eliminieren, womit ein direkt sichtbarer Nutzen erzielt wäre. Der durch MAIT voll erschlossene Bereich ist vergleichbar mit einem großen Gebäude, indem die Menschen Lifte benutzen um sich darin fortzubewegen, während sie ihr Auto außerhalb lassen. In der Innenstadt werden dann Leute mit der selben Einfachheit MAIT -Kabinen zur Beförderung benutzen, wie sie es in Gebäuden mit Liften gewohnt sind, und es wird genauso unpassend sein Autos in die Innenstadt zu bringen wie in ein großes Gebäude. Während dieser frühen Phasen wird der *Verkehr außerhalb der an MAIT angeschlossenen Gebiete* natürlich weiterhin von konventionellem Straßen- und Schienentransport abhängen. Aber es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, die eine Koexistenz während dieser Phase erlauben:

- Park&Ride (P&R) Plätze an den Haupteinfallstraßen der Stadt würde den Leuten die Möglichkeit bieten ihr Auto stehen zu lassen und auf MAIT umzusteigen.
- das lokale MAIT -Netzwerk könnte als Zubringer für Bahnhöfe oder Bushaltestellen

eingesetzt werden.

- es wäre auch machbar Fracht- oder auch Passagier-Kabinen den größten Teil der Reise mit konventionellen Transportmitteln (Lieferwagen, Zugwagen) zu befördern und sie nur für den letzten Streckenabschnitt in das Stadtzentrum auf vollautomatische Fahrwerke zu transferieren. Dieses Verfahren ist kostengünstig da im besonderen Fracht-Kabinen nur einfache, passive Container darstellen. Der Transfer von konventionellen Transportmitteln auf MAIT kann automatisch erfolgen und die Gesamtorganisation (z.B. von Lieferwagen und MAIT ) könnte bereits unter der logistischen Kontrolle des MAIT -Systems stehen, was eine Abstimmungsverbesserung und eine höhere Gesamtresourcennutzung zur Folge hätte.

Mit der Weiterentwicklung des MAIT -Systems werden sich die autofreien Gebiete vergrößern, das MAIT Netzwerkes wird alle Aktivitätszentren der Stadt verbinden und sich schließlich auch auf umliegende Wohngebiete ausbreiten. Eine effektive Lösung für Wohngebiete mit in der Regel niedriger Verkehrsdichte ist das Straßen-Fahrwerk, weil es zum einen niedrige Infrastrukturkosten hat und zum anderen flexibel genug ist um vor jeder Haustür zu halten. Die dafür benötigte Straßenflächen werden entweder durch Umwandlung von Spuren bestehender Buslinien, oder Straßenbahnen gewonnen oder durch freigewordene Park- oder Straßenspuren. Da das MAIT -Straßennetz weiterhin räumlich (separate Spuren) oder zeitlich (Ampelschaltung) vom Kraftfahrstraßennetz getrennt ist, haben die Bewohner während dieser Erweiterungsphase immer noch die Wahl zwischen ihrem PKW und MAIT . Jedoch wird es in zunehmendem Maße immer attraktiver mit MAIT anstatt dem eigenen Auto in die Stadt zu fahren.

Die nächste Stufe ist erreicht wenn benachbarte Städte mit Hochkapazitäts-Schienen-Fahrwerken verbunden werden. Diese zwischen-städtischen Verbindungen weisen weniger Kurven und Verzweigungen auf, so dass Geschwindigkeiten bis zu  $130\text{ km/h}$  und das energiesparende Formen von Platoons möglich sind. Es wurde nachgewiesen, dass das Verkehrsvolumen eines solchen automatisch gesteuerten Schienen-Fahrwerks vergleichbar ist mit dem einer vierspurigen Autobahn! Der PKW-Verkehr in den Städten und Umgebung nähme ab was zu einer weiteren Verbesserung des Stadtklimas und der Umwelt führen würde. Die Einführung des MAIT -Systems als Mittel moderner Stadtplanung wird dann immer besser verstanden und entsprechende Gesetz würde geschaffen um diese Entwicklung zu stützen.

Für längere Inter-City Verbindungen, könnten weiterhin Kabinen auf spezielle Eisenbahnwaggons oder Fähren transferiert werden, wo Passagiere Zugang zu Restaurants, Toiletten oder Unterhaltung haben. Als Alternative dazu würden MAGLEV-Fahrwerke mit Geschwindigkeiten über  $500\text{ km/h}$  auch größere Distanzen oder internationale Strecken in kürzester Zeit überwinden.

Schließlich können Kabinen fast überall hingebracht werden. Und weil sie automatisch von einem Fahrwerk-Typ auf einen anderen transferiert werden können stellt das MAIT -System einen nahtlosen Tür-zu-Tür Transport für Passagiere und Fracht dar. Es wird sicherlich Jahrzehnte dauern bis ein umfangreiches MAIT -Netzwerk aufgebaut ist, aber ein greifbarer Nutzen wird schon sehr früh erkennbar.

## 4 Was macht MAIT attraktiv ?

Die Allgemeinheit profitiert von einer *wesentlich höheren Lebensqualität*:

- Fahrten werden stressfrei, zuverlässiger und im allgemeinen auch schneller.

- Transport wird preiswerter für den Verbraucher wobei immer noch gewinnbringend für Systembetreiber und Hersteller.
- MAIT kann von fast allen Gesellschaftsgruppen benutzt werden, unabhängig von Alter, Fahrvermögen, Einkommen, Gesundheitszustand oder Behinderungen.
- im Vergleich zum öffentlichen Transport ist MAIT 24h abrufbereit und transportiert Personen oder Waren in komfortablen, individuellen Kabinen, die ohne Umsteigen jede Haustüre erreichen.
- der Transport mit MAIT ist wesentlich energieeffizienter und reduziert umweltschädliche Emissionen.
- gesundheitsschädigende Abgase in Wohngebieten werden ganz vermieden.
- Straßenlärm wird spürbar reduziert.
- der Verkehr wird sicherer für aktive und passive Teilnehmer, Unfälle lassen sich fast ganz Vermeiden.
- ein Teil der Stadt kann für die Bürger zurückgewonnen werden, die Gefahr auf Straßen ist ganz gebannt.

MAIT hat weiterhin die Fähigkeit sich Anzupassen und Weiterzuentwickeln: die Anpassungsfähigkeit ist eine wichtige Voraussetzung während der Einführungsphase, wo alte und neue Verkehrsstrukturen koexistieren. Die Systemoffenheit von MAIT erlaubt zukünftigen Technologien seine Leistungsfähigkeit und Effizienz ständig zu verbessern.

## 5 Schlußfolgerungen

Der Nutzen von MAIT wird schnell offensichtlich und kommt der Allgemeinheit zugute. Die Einführung von MAIT wird den Kfz-Verkehr in Städten reduzieren anstatt ihn auf eine immer größere Fläche auszubreiten. *Das Leben in den Straßen wird sicherer; es wird mehr Grünflächen geben, mehr Fußgängerzonen, mehr Fahrradwege und mehr Raum wo Menschen sich begegnen und Kinder spielen.* Man wird MAIT eher als ein überlegenes Lift-System ansehen als einen minderwertigen Auto-Ersatz. Das Eigentum der verschiedenen Teile von MAIT ist flexibel und eine kombinierte Finanzierung aus öffentlicher und privatwirtschaftlicher Hand wäre ohne weiteres möglich.

Historisch gesehen, brachten Verbesserungen in der Transportinfrastruktur immer eine Vergrößerung der Handelsaktivitäten und des Wohlstandes eines Landes oder eines ganzen Kontinents. MAIT wird eine Transportrevolution einleiten, die, über einige Jahrzehnte einen weitaus stärkeren Einfluss haben wird als die Einführung von Schiffscontainern vor 40 Jahren. MAIT wird nicht nur *die persönliche Mobilität erhöhen* sondern *vor allem den Frachtverkehr erheblich verbessern*: MAIT verbindet direkt den Güterverkehr innerhalb und zwischen Fabrikgebäuden, optimiert die just-in-time Lieferung, und erlaubt schnellen Übernacht-Transport einschließlich automatischer Auslieferung. Damit unterstützt MAIT die Tendenzen moderner Herstellungsverfahren wie *flexible, dezentrale Produktion* und *out-sourcing*. Auch die Herstellung von MAIT selbst würde bald ein bedeutender Industriesektor. MAIT ist auch die ideale Ergänzung zu dem immer populärer werdenden Internet-Shopping: die mit dem Internet bestellten Artikel können

durch das MAIT -System effizient und direkt ans Haus geliefert werden. Sieht man schließlich das MAIT -Konzept zusammen mit den verschiedenen aufkommenden automatisierten Transportsystemen und existierenden Transportinfrastrukturen, dann ergibt sich die Vision eines einzigen umfassenden Transportsystems dessen Vorteile die der Einzelsysteme bei weitem überwiegen.

Es wurde dennoch klar, dass zur breiten Einführung von MAIT ein konstruktives Zusammenwirken von verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, Industrie, Politischen Entscheidungsträgern und den Medien erforderlich ist.