

Systemanalyse zur Bewertung spurgeführter Verkehrssysteme am Beispiel des Stadtbahnprojektes Dublin Metro Nord

vorgelegt von
Master of Science
Thomas Göhler
aus Berlin

von der Fakultät V - Verkehrs- und Maschinensysteme
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften
- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. rer. nat. V. Schindler
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. P. Mnich
Prof. Dr.-Ing. J. Siegmann
Prof. Dr.-Ing. R. Hellinger

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 30.09.2011

Berlin 2011
D 83

Ich versichere, dass die Dissertation nicht in der gleichen oder einer anderen Fassung an einer anderen wissenschaftlichen Hochschule eingereicht wurde.

Ich versichere, dass ich die Dissertation selbständig auf der Grundlage von Hilfsmitteln und Hilfen verfasst habe, die sämtlich in der Dissertation angegeben sind.

Berlin, den 9. Juni 2010

Danksagung

Bei Herrn Prof. Peter Mnich möchte ich mich herzlich bedanken für die Betreuung des Vorhabens an der TU Berlin. Zahllose Gespräche sowie die Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen lieferten wichtige Impulse für alle Belange der Promotion.

Herrn Prof. Rolf Hellinger gilt mein Dank für seine aktive Unterstützung insbesondere beim Anschub des Vorhabens in der Startphase sowie die kritische Durchsicht von Zwischenergebnissen und Informationssammlungen.

Weiterhin gebührt mein Dank den Herren Wolfgang Österwinter und Steffen Hunger (Siemens AG Mobility Division) für ihre maßgebliche Unterstützung bei der Schaffung der organisatorischen Rahmenbedingungen für das Promotionsvorhaben sowie die fortwährende Unterstützung. Herr Hunger hat zudem maßgeblichen Anteil bei der Einbindung der Betriebssimulation in die Systemanalyse.

Bei Frau Petra Dziamski und Herrn Dieter Hoffmann (Siemens AG Mobility Division) bedanke ich mich insbesondere für die bereits im Projekt Transrapid Shanghai bewährte, interessante und vertrauensvolle Zusammenarbeit in der Angebotsprojektleitung Dublin Metro Nord.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinem Kollegen Herrn Dr. Wolfgang Pekruhn (Siemens AG, Mobility Division) für seine Unterstützung zum Themenbereich der Gesamtsystemfunktionen bedanken.

Bei Herrn Mikko Gumprecht (Institut für Bahntechnik Berlin) bedanke ich mich für den fachspezifischen Meinungsaustausch sowie vertiefende Anregungen zum Projekt Dublin Metro Nord.

Widmung

Die Dissertation ist meinen Söhnen gewidmet.

Inhalt

1	Einleitung	3
1.1	Zusammenfassung	3
1.2	Aufbau der Dissertation.....	4
1.3	Methodologische Vorgehensweise.....	5
2	Verkehrssysteme in Irland und Dublin	7
2.1	Irland – Basisdaten, Verkehr, Schienenverkehr	7
2.2	Dublin – Basisdaten, Verkehr, Schienenverkehr	11
2.3	„Transport 21“	17
2.4	Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin.....	19
3	Projekt Dublin Metro Nord	23
3.1	Projekteinführung.....	23
3.2	Betriebsdaten.....	23
3.3	Finanzierungsmodell.....	24
3.4	Vertragsstruktur	25
3.5	Projektstruktur.....	26
3.6	Lieferstruktur Systeme	29
3.7	Interessengruppen/ Stakeholder	30
3.8	Bietergruppen	31
3.9	Projektstand.....	32
3.10	Vorschau	33
4	Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung.....	34
4.1	Inputdaten.....	34
4.2	Errechnete Ausgangsgrößen	35
4.3	Fahrzeugauswahl.....	36
4.4	Betriebsdaten.....	36
4.5	Systemkenngrößen Invest	37
4.6	Investitionskosten	38
4.7	Systemkenngrößen Betrieb und Instandhaltung.....	38

4.8	Kosten Betrieb und Instandhaltung	39
4.9	Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsabschätzung	40
4.9.1	Diskussion der Ergebnisse.....	41
4.9.2	Diskussion der Vorgehensweise	42
5	Funktionenanalyse Gesamtsystem und <i>Value Engineering</i>	43
5.1	Grundlagen der Funktionenanalyse	43
5.2	Funktionenanalyse Gesamtsystem	44
5.2.1	Sammlung von Funktionen.....	44
5.2.2	Prüfung der Formulierungen	45
5.2.3	Einteilung der Funktionen.....	46
5.2.4	Funktionenstruktur – FAST Diagramm	49
5.2.5	Diskussion der Ergebnisse.....	51
5.3	Value Engineering in der Praxis	51
5.3.1	Vorgehensweise	51
5.3.2	Konkrete Ansatzpunkte	52
5.4	Ergebnisse der Funktionenanalyse	54
6	Literaturverzeichnis	56
6.1	Verzeichnis von Quellen und Referenzen	56
6.2	Verzeichnis von Internet Links	60
7	Formelzeichen.....	61
8	Lebenslauf des Promovenden.....	64
	Anlage 1: Algorithmus zur vereinfachten Wirtschaftlichkeitsabschätzung	65
	Anlage 2: FAST Datenbank und Diagramme.....	67
	Anlage 3: Simulationsmodelle	74
	Anlage 4: Folienverzeichnis.....	81
	Anlage 5: Kurzfassungen (Foliensätze).....	87

1 Einleitung

1.1 Zusammenfassung

Das Jahr 2010 wird durch den 175. Geburtstag der spurgeführten Verkehrsmittel in Deutschland markiert. Bereits aus dem Jahr der Betriebsaufnahme der ersten deutschen Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth liegt Friedrich Lists Aufsatz „Über Eisenbahnen und das deutsche Eisenbahnsystem“ vor. Bei diesem Aufsatz handelt es sich um eine Gesamtsystembeschreibung, welche die Belange der Planung, der Technik, des Betriebes und der Instandhaltung rund um die Eisenbahn systematisch und anschaulich in komprimierter Form behandelt.

Derartige übersichtliche Gesamtsystembeschreibungen sind heute selten, wofür es eine Reihe von Gründen gibt. Das System Bahn ist komplex und eine Vielzahl von Beteiligten und Interessengruppen haben sich immer weiter spezialisiert, aber auch abgegrenzt: Eisenbahnverkehrsunternehmen und Hersteller, Nutzer und Investoren, Kaufleute, Juristen und Techniker, Projektmanager und Systemingenieure.

Und wer führt die Vielzahl der Interessen und Anforderungen heute konkret zusammen? Wer kann im Interesse der Nutzer damit die richtigen Lösungen anbieten und Entscheidungen vorbereiten?

Diese Rolle müssen aus Sicht des Autors verstärkt interdisziplinäre Teams unter Leitung der Systemingenieure der Hersteller übernehmen. Insbesondere an diese Personengruppe richtet sich daher die vorliegende Dissertation mit dem Ziel der Erarbeitung einer Systematik für die Darstellung, Analyse und Bewertung von spurgeführten Verkehrssystemen in ihrer Gesamtheit.

Die systematische Vorgehensweise wurde dabei nicht nur theoretisch entwickelt, sondern vielmehr auf ein aktuelles, europäisches Beispiel angewandt. Als Beispiel dient das Stadtbahnvorhaben Dublin Metro Nord, welches in vielerlei Hinsicht Modellcharakter für aktuelle Entwicklungen im europäischen Stadtschienenverkehr aufweist.

Die methodologische Herangehensweise ist durch die Einhaltung des Untersuchungsrahmens: Projektumfeld – Projekt – Wirtschaftlichkeit – Funktionen gekennzeichnet (siehe 1.3 Methodologische Vorgehensweise).

Als Ergebnis der Untersuchung liegt die Gesamtsystembeschreibung für das Projekt Dublin Metro Nord vor. Das betreffende Verkehrssystem und sein Umfeld können unter Anwendung der erarbeiteten Systematik zusammenfassend wie folgt charakterisiert werden:

Die Republik Irland hat sich seit Mitte der 90er Jahre rasant entwickelt. Dies drückt sich insbesondere durch das starke Wachstum der Bevölkerungszahlen und der Anzahl der Beschäftigungsverhältnisse aus. Das Bruttoinlandprodukt der Republik Irland liegt heute weit über dem europäischen Durchschnitt.

Diese Entwicklung ist gekoppelt mit dem wachsenden Bedürfnis der Bevölkerung nach Mobilität, welches heute überwiegend im Straßenverkehr bewältigt wird. Das Resultat sind verstopfte Straßen und daraus resultierende niedrige erreichbare Durchschnittsgeschwindigkeiten im Berufsverkehr sowie hohe Umweltbelastungen.

Zur Verbesserung dieser Situation hat die Republik Irland im November 2005 das Investitionsprogramm „Transport 21“ gestartet. Demnach sollen im Zeitraum von 2006 bis 2015 insgesamt 34 Milliarden Euro investiert werden, um die Verkehrssysteme des Inselstaates zu optimieren.

Eines der geplanten Projekte ist dabei die radiale Verbindung der Innenstadt Dublins mit dem nördlich gelegenen Flughafen bzw. den Vororten durch eine moderne Stadtbahnlinie: das Projekt Dublin Metro Nord. Bisher verfügt Dublin im spurgeführten Personennahverkehr ausschließlich über zwei nicht verknüpfte Straßenbahnlinien Luas sowie eine Vorortbahnlinie DART. Straßenbahnlinien und Metrolinien sollen bereits im Jahr 2015 ein modernes Stadtbahnnetz bilden.

Die Metro Nord wird dabei mit ca. 18 Kilometern Länge 17 Stationen verbinden. 9 Kilometer sind dabei als Tunnelstrecken unter der Innenstadt und dem Flughafen geplant. Die Spurweite soll wie bei Luas 1425 Millimeter Normalspur betragen. Als Stromversorgungssystem wurden 750 Volt Gleichstrom (Oberleitung) gewählt. Das prognostizierte Aufkommen beträgt 34 Millionen Fahrgäste pro Jahr und das Projekt soll als *Public Private Partnership* Projekt realisiert werden.

Die Wirtschaftlichkeitsabschätzung zeigt, dass das Verkehrssystem Metro Nord wirtschaftlich betrieben werden kann, wenn z.B. ein gegenüber dem Straßenbahnsystem 6 Prozent höherer Fahrpreis angesetzt wird. Als erforderliche Investitionskosten wurden 3,24 Milliarden Euro ermittelt. Die jährlichen Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung betragen ca. 61 Millionen Euro.

Im Rahmen der Funktionenanalyse werden die Gesamtsystemfunktionen in einer Datenbank gesammelt und in Form eines *Function Analysis System Technique* (FAST) Diagramms dargestellt. Als Hauptfunktion, d.h. als übergeordnet maßgebliche Gesamtsystemfunktion des betreffenden Verkehrssystems, wurde dabei die Funktion „Verkehrsaufkommen bewältigen“ ermittelt. Nebenfunktionen sind „Kundenzufriedenheit erzeugen“, „Modal Split beeinflussen“, „Sicherheit gewährleisten“, „Umwelt schonen“, „urbane Attraktivität beeinflussen“ und „Wirtschaftlichkeit anstreben“. Das FAST Diagramm liefert eine übersichtliche und hierarchisch gegliederte Darstellung der Gesamtsystemfunktionen.

Anhand der Kenntnis des Projektumfeldes, des Projektes, der Projektkosten und der Funktionen werden konkrete Optimierungsvorschläge bewertet. Der Wert des Verkehrssystems steht dabei im Mittelpunkt der Betrachtung. Daher werden diese Untersuchungen auch als *Value Engineering* bezeichnet. Wertsteigerung wird erreicht, wenn Funktionen verbessert und gleichzeitig Kosten gesenkt werden. Das trifft für das Projekt Dublin Metro Nord in der aktuellen Projektphase auf den Entfall der Wendeschleife unter dem Stadtzentrum sowie die Zusammenlegung der Tiefstationen O'Connell Bridge und Parnell Square zu.

1.2 Aufbau der Dissertation

Inhaltliche Gliederung

Die Dissertation ist inhaltlich in 4 Teile untergliedert und beginnt mit der Zusammenfassung.

Die Hauptteile behandeln einleitend das Umfeld des Projektes Dublin Metro Nord mit besonderem Fokus auf die Verkehrssysteme in Irland und Dublin (Teil 1). Darauf aufbauend wird das Projekt Dublin Metro Nord detailliert untersucht (Teil 2). Diese Untersuchung mündet in der Durchführung der vereinfachten Wirtschaftlichkeitsabschätzung (Teil 3). Abschließend wird für das Gesamtsystem eine

Funktionenanalyse durchgeführt und Wertsteigerungsmaßnahmen im Rahmen von Ansätzen des *Value Engineering* diskutiert (Teil 4).

Redaktionelle Gliederung und Hinweise

Die Dissertation weist redaktionelle Besonderheiten auf. So enthält sie neben der Textfassung vier als Kurzfassungen bezeichnete Foliensätze, anhand derer die Teile des Vorhabens unabhängig voneinander präsentiert werden können. Auch der Foliensatz zur Vorstellung des Vorhabens im Rahmen der Disputation am 30.09.2011 ist enthalten. Diese Vorgehensweise folgt dem gemeinsamen Verständnis, dass für den Austausch der wissenschaftlichen Erkenntnisse auf universitärer wie auf unternehmerischer Ebene, das Vorhandensein geeigneter Präsentationsunterlagen unerlässlich ist.

Die Dissertation gliedert sich redaktionell in zwei Teile. Der erste Teil beinhaltet die Textfassung und beginnt mit der Zusammenfassung. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit sind in diesem Teil vollständig wiedergegeben. Quellen- und Referenzangaben sind im Format *<Referenznummer>* im Text enthalten. Anhand von Fußnoten werden Quellen und Referenzen in der Kurzform *<Autor Jahr>* bzw. *<Herausgeber Jahr>* erläutert und ggf. durch die Angabe von Seitenzahlen detailliert. Fußnoten verweisen auch auf Diagramme, Tabellen, Abbildungen und Fotos in den Kurzfassungen sowie zur vertiefenden Erläuterung auf Folien in den Backup - Bereichen der Foliensätze bzw. auf Anlagen. Der erste Teil der Arbeit wird mit dem Literaturverzeichnis, dem Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen sowie dem Lebenslauf des Promovenden abgeschlossen.

Der zweite redaktionelle Teil besteht aus den Anlagen zur Textfassung und enthält einleitend den Algorithmus zur vereinfachten Wirtschaftlichkeitsabschätzung, die Datenbank und das Diagramm zur Funktionenanalyse sowie die Darstellungen der Simulationsmodelle und Bildfahrpläne. Weiterhin beinhaltet der zweite Teil das Foliensatzverzeichnis sowie die Kurzfassungen. In den Foliensätzen sind Diagramme, Tabellen, Abbildungen und Fotos enthalten. Auf Quellen wird im Format *<Referenznummer>* verwiesen. Dabei sind Quellen- und Referenzangaben identisch mit denen im Textteil. Fotos ohne Referenznummer wurden vom Doktoranden aufgenommen.

1.3 Methodologische Vorgehensweise

Die vorliegende projektbezogene wissenschaftliche Arbeit ist insbesondere geprägt von der Mitarbeit des Promovenden in der Angebotsleitung für das Projekt Dublin Metro Nord bei Siemens AG, Mobility Division, im Zeitraum August 2008 bis Juli 2009.

Neben den Kenntnissen aus dieser Tätigkeit waren umfassende Literaturrecherchen und Recherchen im Internet erforderlich. Das Projekt Dublin Metro Nord wird im Internet ausführlich dargestellt und dokumentiert. Die angegebenen Quellen und Referenzen sind daher bis auf einzelne Ausnahmen frei zugänglich. Die wichtigsten Internetadressen sind aufgeführt.

Arbeitsgrundlage bildet der folgende methodische Untersuchungsrahmen: **Umfeld – Projekt – Wirtschaftlichkeit – Funktionen**. Die Themenfelder dieses Ansatzes bauen aufeinander auf und sind untereinander verwoben¹. Insbesondere wird die enge Verflechtung der Themenfelder Wirtschaftlichkeit und Funktionen hinsichtlich der Bewertung von Wertsteigerungen deutlich.

¹ Vgl. Folie V – 5: Methodik

Umfeld

Im Rahmen von Industrieprojekten ist die intensive Auseinandersetzung der Beteiligten mit dem Projektumfeld meist aus Zeit- und Kostengründen nur eingeschränkt möglich. Es wird allerdings erkannt, dass dieser Umstand negative Auswirkungen auf den Projekterfolg haben kann.

Aus diesem Grund liegt ein Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit einleitend auf den Aspekten des Projektumfeldes. Methodisch erfolgt dies auch in Anlehnung an die Veranstaltungen: „Aktuelles Vorhaben in der Bahntechnik“ /001/¹ an der TU Berlin. Eine systematische Analyse der regionalen und lokalen Gegebenheiten wird durchgeführt.

Projekt

Aufbauend auf Methoden des Projektmanagements erfolgt eine umfassende Projektanalyse. Das Ergebnis liefert eine effektive Projektdarstellung anhand einer klaren Strukturierung sowie unter anderem die Eingangsgrößen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Wirtschaftlichkeit

Das Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsabschätzung /029/² wird vertieft, systematisiert und auf das Projekt Dublin Metro Nord angewandt. Dabei ist insbesondere die Einbindung der betrieblichen Simulation auf der Basis von Betriebs-, Infrastruktur- und Fahrzeugdaten zentraler Bestandteil. Die Untersuchung liefert neben den Aussagen zur Wirtschaftlichkeit wichtige Kosteninformationen zur späteren Anwendung im *Value Engineering*.

Funktionen

Das Verfahren der Funktionenanalyse /012/³ wird adaptiert und auf das Projekt Dublin Metro Nord angewandt. Zur Unterstützung der Sammlung der Funktionen wurden Interviews sowohl mit Verkehrsexperten als auch mit Laien durchgeführt. Funktionen wurden in einer Datenbank (Microsoft Excel) gesammelt. Das FAST Diagramm wurde ebenfalls mit diesem Hilfsmittel erstellt. Optimierungsvorschläge werden erarbeitet und im Rahmen des *Value Engineerings* bewertet.

Die Systemanalyse ist mit einer detaillierten Betriebssimulation hinterlegt. Die Simulationsmodelle und Bildfahrpläne sind Anlage 3: Simulationsmodelle zu entnehmen. Als Simulationstool wird OpenTrack eingesetzt.

Der Neuigkeitswert der vorliegenden Dissertation bzw. der wissenschaftliche Beitrag des Autors besteht insbesondere darin, dass mit Hilfe der beschriebenen Methodik eine Vorgehensweise entwickelt wurde, die sich generell zur Analyse und Bewertung von aktuellen, internationalen Gesamtsystemvorhaben in der Bahntechnik eignet. Bei der Anwendung dieser Systematik wurden die Informationsquellen über die Verkehrssysteme der Republik Irland systematisch ausgewertet und erschlossen. Im Ergebnis der Systemanalyse steht zudem als Neuheit ein FAST Diagramm für spurgeführte Verkehrssysteme zur Verfügung, welches u.a. für die Bewertung von Systemoptimierungen nutzbar ist.

¹ /001/ Mnich 2007/2008

² /029/ Shi 2007

³ /012/ Miles 1962

2 Verkehrssysteme in Irland und Dublin

Im ersten Schritt der Systemanalyse wird das Projektumfeld des geplanten Stadtbahnprojektes untersucht. Schwerpunkte bilden dabei die folgenden Analyseinhalte¹:

- Geographische Gegebenheiten
- Bevölkerungsstruktur
- Politische Rahmenbedingungen
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen
- Strategien zur Raumordnung
- Existierende Verkehrssysteme
- Modal Split
- Vergleich/ *Bench Marking*
- Historische Entwicklung
- Prognose
- Angrenzende Planungen

2.1 Irland – Basisdaten, Verkehr, Schienenverkehr

Die Insel Irland gehört zu den britischen Inseln und liegt im Westen Europas. Sie ist im Osten durch den St.-Georgs-Kanal, die Irische See und den Nordkanal von Großbritannien getrennt. Das Klima der Insel Irland ist vom Golfstrom geprägt und durch milde Winter und kühle Sommer gekennzeichnet. In keinem Monat liegt die Durchschnittstemperatur unter 0°C bzw. über 20°C.

Administrativ ist die Insel in das zu Großbritannien gehörende Nordirland und die Republik Irland geteilt. Die Republik Irland nimmt dabei ca. vier Fünftel der Fläche ein² und soll im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen.

Die Fläche der Republik beträgt 70 282 km² bei einer Ost-West-Ausdehnung von ca. 350 Kilometer und einer maximalen Nord-Süd-Ausdehnung von ca. 425 Kilometer. In den 4 Provinzen Leinster, Munster, Connacht und Teilen Ulsters leben zusammen ca. 4,2 Millionen Einwohner. Demnach beträgt die Bevölkerungsdichte 59,8 Personen je Quadratkilometer.

Die Hauptstadt der Republik Irland ist Dublin. Sie liegt im Osten der Provinz Leinster. Die Republik Irland gehört seit 1973 zur Europäischen Union. Das Bruttoinlandsprodukt lag im Jahr 2008 bei 181,9 Milliarden Euro, d.h. pro Kopf bei 41 115 Euro. /002/³

Die Bevölkerungszahl der Republik Irland ist seit Mitte des vorigen Jahrhunderts von beständigem Wachstum gekennzeichnet /003/⁴. Insbesondere im Zeitraum von 2002 bis 2006 betrug das Wachstum mehr als 8 Prozent. Den größten Anstieg hat bei dieser Entwicklung die Provinz Leinster zu verzeichnen. Haupteinflussgrößen auf das Bevölkerungswachstum haben dabei die Migration, die steigende Geburtenrate sowie die sinkende Sterberate.

Der Arbeitsmarkt ist seit 1990 durch einen stetigen Anstieg der Beschäftigungsverhältnisse gekennzeichnet /003/⁵. Der Anstieg der Beschäftigungsverhältnisse

¹ Vgl. Folie V – 7: Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Rahmenbedingungen

² Vgl. Folie I – 3: Republik Irland

³ /002/ Auswärtiges Amt 2009

⁴ /003/ Central Statistics Office 2009, S.7

⁵ /003/ Central Statistics Office 2009, S.27 und 28

zwischen 1986 und 2008 beträgt ca. 1 Million. Im gleichen Zeitraum ging die Arbeitslosigkeit leicht zurück. Sie liegt seit 1998 nahezu konstant bei ca. 6,5 Prozent.

Die Wirtschaftskraft der Republik Irland war in den Jahren 2002-2007 von einem jährlichen durchschnittlichen Anstieg des Bruttonationalprodukts von ca. 5 Prozent gekennzeichnet. Das ist das Doppelte des Durchschnittswertes der OECD-Länder und sogar nahezu das Dreifache des Vergleichswertes der Euro-Zone /004/¹.

Die jährliche Wachstumsrate bei den Beschäftigungsverhältnissen betrug in der Republik Irland im genannten Zeitraum ca. 3 Prozent. Im Vergleich dazu lag diese Rate in den OECD Ländern bei weniger als einem Prozent, in der Euro-Zone sogar bei unter 0,5 Prozent.

In den Jahren 2002-2007 verzeichnete die Republik Irland ein jährliches durchschnittliches Wachstum der Arbeitsproduktivität von ca. 2 Prozent. In den OECD Ländern lag das Wachstum vergleichsweise bei 1,5 Prozent und in der Euro-Zone bei ca. 0,6 Prozent.

Bei der Inflationsrate war die Republik Irland mit ca. 3 Prozent jährlich Spitzenreiter im Vergleich zu den Durchschnittswerten der OECD Länder und der Euro-Zone mit je ca. 2 Prozent.

Basisdaten

Im Folgenden werden verkehrstechnische Basisdaten der Republik Irland im EU-Vergleich dargestellt /005/². Die Darstellung liefert maßgebliche Aussagen zu den Besonderheiten bzw. den Stärken und Schwächen des Landes.

Die Republik Irland nimmt bei folgenden Kenngrößen Rang 20 innerhalb der EU ein: Bevölkerung, Erwerbstätige, Tote im Straßenverkehr, Länge der Eisenbahnstrecken, Verkehrsleistung der Eisenbahn (Personenkilometer). Die genannten Faktoren können als durchschnittlich entwickelt betrachtet werden³.

Folgende Kenndaten werden als überdurchschnittlich bewertet: Bruttoinlandsprodukt (Rang 15), Energiebedarf (Rang 19), Länge des Straßennetzes (Rang 14), Anzahl PKW absolut (Rang 17), Anzahl PKW pro 1000 Einwohner (Rang 18), Anzahl Neuzulassungen (Rang 15), Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr (Rang 18), Anzahl Flughäfen (Rang 18), Flugpassagierzahlen (Rang 11), Mineralölabsatz (Rang 18).

Aus diesen Informationen lässt sich die Dominanz des Straßenverkehrs sowohl im Personenverkehr als auch im Güterverkehr ableiten. Durch eine Steigerung der Verkehrsleistung im Schienenverkehr könnte Irland diesbezüglich in die europäische Spitze aufsteigen und der Straßenverkehr könnte gleichzeitig entlastet werden. Die Flugpassagierzahlen sind, bedingt durch die Insellage, sehr hoch.

Folgende Kenndaten werden als unterdurchschnittlich bewertet: die Länge der Autobahnen (Rang 23), die Anzahl Unfälle im Straßenverkehr (Rang 23) und die Verkehrsleistung im Schienengüterverkehr (Rang 25).

Dabei ist die geringe Anzahl Unfälle im Straßenverkehr sicherlich positiv, die geringe Verkehrsleistung im Schienengüterverkehr dagegen negativ einzuschätzen. Trotz

¹ /004/ Indecon International Economic Consultants, S.3

² /005/ Radke 2006/2007

³ Vgl. Folie I – 7: Basisdaten und Verkehr EU Vergleich

guter Entwicklung des Schienennetzes (siehe oben) erfolgt der Güterverkehr überwiegend auf der Straße.

Verkehr

Aussagen über die Entwicklung des Modal Split von Arbeits- und Schulwegen lassen sich anhand der Daten des irischen Verkehrsministeriums /006/¹ treffen. Demnach wird die Dominanz des Individualverkehrs auf der Straße deutlich. Im Zeitraum 1991 bis 2006 steigerte sich der Anteil von Autofahrern am Modal Split gleichmäßig von unter 40 Prozent auf fast 60 Prozent.

Im gleichen Zeitraum blieb der Anteil von Fußgängern nahezu konstant bei ca. 10 Prozent, der Anteil an Fahrradfahrern nahm von 6 Prozent auf ca. 3 Prozent ab und der Anteil von Busfahrten sank von ca. 8 Prozent auf 4 Prozent.

Der Anteil von PKW-Mitfahrern verringerte sich im Betrachtungszeitraum von ca. 9 Prozent auf ca. 5 Prozent und der Anteil von Heimarbeit sank stark von ca. 20 Prozent auf ca. 5 Prozent.

Der Anteil der Bahnfahrten stieg von 1991 bis 2006 von ca. 1,5 Prozent auf 3 Prozent. Eine Entwicklung die sicherlich durch die Eröffnung des Straßenbahnsystems Luas in Dublin positiv beeinflusst wurde.²

Das Straßennetz der Republik Irland bestand 2008 aus 5 433 Kilometer Nationalstraßen, davon 427 Kilometer Autobahn. Bei der Länge der Autobahnen bedeutet dies einen Anstieg um 71 Prozent seit 2005 /027/³.

2,5 Millionen PKW, Taxis, Busse und LKW waren im Jahr 2008 insgesamt in der Republik Irland zugelassen. Davon entfielen 71 Prozent der Zulassungen auf private PKW. Der Index ‚Anzahl PKW pro 1 000 Einwohner‘ stieg von 1990 bis 2006 von ca. 300 auf über 500 /006/⁴.

Im betreffenden Jahr gab es in der Republik Irland 27 440 Taxis bzw. sonstige Fahrzeuge des öffentlichen Individualverkehrs.

Die irischen Busgesellschaften verfügten 2008 über eine Flotte von 1 845 Bussen und bewältigten damit ein Aufkommen von 237 Millionen Passagieren über eine Distanz von insgesamt 164 Millionen Kilometern.

Im Güterverkehr betrug das Aufkommen auf der Straße im Jahr 2008 246 Millionen Tonnen. Das bedeutet einen Anstieg von 73 Prozent seit 1998. Insgesamt wurde eine Leistung von 17 289 Millionen Tonnenkilometern im Straßengüterverkehr erbracht. Das ist ein Anstieg um 111 Prozent seit 1998 /027/⁵.

Die Straßen sind überlastet. Die Durchschnittsgeschwindigkeit im Berufsverkehr lag 2006 bei nur 13 km/h. Bis 2016 wird eine weitere Verschlechterung auf 8 km/h prognostiziert /043/⁶.

¹ /006/ Department of Transport 2008, S.54

² Vgl. Folien I – 9 und I – 10: Modal Split Arbeitswege Entwicklung und aktuell

³ /027/ Central Statistics Office 2009, S.12

⁴ /006/ Department of Transport 2008, S.56

⁵ /027/ Central Statistics Office 2009 (für alle Daten zum Straßenverkehr ohne Referenzangabe)

⁶ /043/ Department of Transport 2008, S.56

Die Republik Irland besitzt 9 Flughäfen. Auf den Flughäfen wurden im Jahr 2008 insgesamt 31,3 Millionen Fluggäste abgefertigt, davon 75 Prozent in Dublin, 11 Prozent in Shannon und 10 Prozent in Cork. Das Aufkommen an Fluggästen verringerte sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 1 Prozent. Es wurden 112 000 Tonnen an Fracht umgeschlagen.

Im Vergleich dazu lag das Güteraufkommen in den 21 Häfen der Republik Irland im Jahr 2008 bei 51,08 Millionen Tonnen. Die Anzahl ankommender Schiffe betrug 14.729, eine Verringerung um 8,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr.

In den 8 Passagierhäfen der Republik Irland legten im Jahr 2008 insgesamt 164 Kreuzfahrtschiffe mit 146 000 Passagieren an Bord an /027/¹.

Schienenverkehr

Der Schienenverkehr hat in Irland eine lange Tradition. Bereits im Jahre 1834 eröffnete die erste Eisenbahnstrecke für den Personenverkehr von Dublin nach Kingstown. Das „goldene Zeitalter der Eisenbahnen“ waren die Jahre 1880-1914. In dieser Zeit war die Eisenbahn das konkurrenzlose Hauptverkehrsmittel für Reisen jeglicher Entfernung. Im Jahr 1920 erreichte das Streckennetz mit 3 442 Meilen (ca. 5 540 Kilometer)² seine größte Ausdehnung /028/³.

Im Jahr 2008 betrug die Streckenlänge der Republik Irland 1 889 Kilometer. Die Gleislänge wurde mit ca. 2 347 Kilometer angegeben, wovon nur etwa 107,5 Kilometer elektrifiziert waren. Die Spurweite beträgt 1.600 Millimeter.

Das Streckennetz verfügt über 138 Bahnhöfe /027/⁴. Wichtigstes Eisenbahnverkehrsunternehmen ist die Irische Eisenbahn Irish Rail (*Iarnród Éireann*). Im Nahverkehr ist auch Veolia Transport engagiert (s. Abschnitt 2.2 Luas).

Insgesamt betrug das Aufkommen im Personenverkehr im Jahr 2008 44,6 Millionen Passagiere. Die Verkehrsleistung im Personenverkehr lag bei $1,98 \times 10^9$ pkm. Im Schienengüterverkehr wurden 717 000 Tonnen Fracht transportiert und eine Leistung von 103 Millionen tkm erbracht.

In den Jahren 2001 bis 2008 haben sich die Passagierzahlen von Irish Rail um ca. 10 Millionen Fahrgäste erhöht. Das ist eine Steigerung um ca. 23 Prozent im genannten Zeitraum. Die Verkehrsleistung im Personenverkehr zeigte die gleiche Entwicklung. Im Gegensatz dazu hat sich das Güterverkehrsaufkommen im gleichen Zeitraum um 264 Prozent stark verringert. Bei der Güterverkehrsleistung ergibt sich sogar ein Einbruch um 400 Prozent /003/⁵.

Zur Erfüllung der Verkehrsaufgabe verfügt die Irische Eisenbahn über 46 Garnituren *Diesel Multiple Unit (DMU) 22 000 Class*. Die 6- bzw. 3-teiligen Züge wurden in den Jahren 2006-2008 durch die Firmen Mitsui und Rotem gefertigt und erreichen Maximalgeschwindigkeiten von 160 km/h.

Zur Intercity Flotte von Irish Rail gehören außerdem 200 Stück Reisezugwagen MK4, MK3, MK3 International und MK3 Push/Pull, inklusive Steuer- und Generatorwagen.

¹ /027/ Central Statistics Office 2009 (für alle Daten zum Luftverkehr und Maritimverkehr) S.14 u. 131, 134

² Umrechnung: 1 Meile entspricht 1609,344 Metern

³ /028/ Ferris 2008, S.5., S.160, S.169

⁴ /027/ Central Statistics Office 2009, S.125

⁵ /003/ Central Statistics Office 2009, S.270

Dieses Rollmaterial stammt aus den Jahren 1984-2005. Dazu kommen 28 Stück Reisezugwagen De Dietrich¹ inkl. 4 Steuerwagen mit Baujahr 1996².

Weiterhin gehören zur Flotte 79 Stück Diesellokomotiven der Baureihen 071, 121, 141, 181 und 201 Class aus den Baujahren 1960-1995. Mit diesen Lokomotiven kann ein Leistungsspektrum von 950 PS bis 3 200 PS (700-2350 kW) abgedeckt werden /035/³.

Das Intercity Streckennetz bedient insgesamt 87 Bahnhöfe. Dublin verfügt mit Heuston Station und Connolly Station über 2 Intercity Bahnhöfe. In allen Intercity Zügen werden die Klassen Superstandard und Standard (1. und 2. Klasse) angeboten. In allen Zügen und auf allen Bahnhöfen herrscht Rauchverbot.

Intercity Verbindungen von/ nach Dublin bestehen wie folgt: Belfast (126 Minuten), Sligo (185 Minuten), Ballina (216 Minuten), Westport (218 Minuten), Galway (146 Minuten), Limerick (101 Minuten), Ennis (141 Minuten), Tralee (243 Minuten), Cork (165), Waterford (143 Minuten) und Rosslare Europort (168 Minuten) /037/⁴.

Weitere wichtige Verbindungen bestehen von Rosslare Europort nach Limerick, von Cork nach Tralee, von Cork nach Limerick und von Mallow nach Cobh /036/⁵.

2.2 Dublin – Basisdaten, Verkehr, Schienenverkehr

Die Hauptstadt Dublin liegt im Osten der Republik Irland an der Mündung des Flusses Liffey in die Irische See.

Die Stadt Dublin hat 506 211 Einwohner. Im Bezirk Dublin leben 1,187 Millionen Menschen und die Bevölkerungszahl des Großraumes Dublin wird mit 1,661 Millionen Einwohnern angegeben /002/⁶. Die vom City Council Dublin verwaltete Stadtfläche beträgt 115 km² /075/⁷.

Dublin wird im Westen durch den Autobahnring der M50 umschlossen. Der Flughafen Dublins liegt im Norden der Stadt, nördlich des Autobahnringes.

Dublin lässt sich in mancherlei Hinsicht mit den deutschen Städten Dresden und München vergleichen⁸. Alle drei Städte können als touristische Zentren betrachtet werden und verfügen über einen historisch wertvollen Innenstadtbereich.

Die Einwohnerzahl der Stadt Dublin entspricht in etwa der Einwohnerzahl Dresdens. Auch der Großraum Dublin weist in etwa die gleiche Anzahl Einwohner wie der Großraum Dresden auf und selbst die Republik Irland hat eine mit dem Bundesland Sachsen vergleichbare Einwohnerzahl /063/⁹.

Andererseits ist die hohe Bevölkerungsdichte Dublins mit mehr als 4 000 Einwohnern je Quadratkilometer eher mit der Bevölkerungsdichte in München vergleichbar.

¹ Gemeinschaftsbesitz von Irish Rail und dem Nordirischen EVU Northern Ireland Railway

² Vgl. Folie I – 14: Fotos Intercity

³ /035/ Irish Rail 2009

⁴ /037/ Irish Rail 2009 (Fahrzeiten)

⁵ /036/ Irish Rail 2009 (alle Angaben Intercity)

⁶ /002/ Auswärtiges Amt 2009

⁷ /075/ Dublin City Council 2010

⁸ Vgl. Folie I – 22: Vergleich mit Dresden und München

⁹ /063/ Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2009

Alle drei Städte verfügen über einen Flughafen, wobei die Flughäfen Dublins und Dresdens die gleiche geringe Entfernung zum Stadtzentrum von ca. 10 Kilometer aufweisen. Bei den Flugpassagierzahlen ist der Flughafen Dublin dann wieder eher mit dem Flughafen Münchens (ca. 35 Millionen Fluggäste /065/¹) zu vergleichen.

Die Anbindung der drei genannten Flughäfen an den Schienenverkehr ist sehr unterschiedlich. Während in München, nach dem Scheitern der Flughafenanbindung mit dem Transrapid, die Anbindung an die Innenstadt durch zwei wenig komfortable S-Bahnlinien mit langen Reisezeiten gewährleistet ist, verfügt der Flughafen Dresden mit der S-Bahn über eine hervorragende und ausbaufähige Anbindung an das Schienennetz. Der Flughafen Dublin ist bisher nicht an den Schienenverkehr angebunden. Dies muss insbesondere hinsichtlich der großen Bedeutung des Flughafens im europäischen Vergleich (vgl. Abschnitt 2.1 Basisdaten) als Defizit betrachtet werden.

Im Folgenden sollen die Kennzahlen zum Flughafen Dublin konkretisiert werden. Nach Angaben der Flughafenbehörde lag das Aufkommen 2007 bei 23,29 Millionen Flugpassagieren (9 Prozent Wachstum gegenüber 2006). Im Jahr 2008 verlangsamte sich das Wachstum auf 0,8 Prozent gegenüber dem Vorjahr: Das Aufkommen lag somit bei 23,47 Millionen Flugpassagieren. Davon waren ca. 64 000 Fluggäste Transitpassagiere /058/².

Am Flughafen Dublin arbeiten etwa 13 000 Mitarbeiter in ca. 120 Firmen /067/³.

Aus diesen Daten können die An- und Abreisen zum bzw. vom Flughafen Dublin pro Jahr mit insgesamt etwa 28 Millionen angegeben werden. Das sind täglich ca. 78 700 An- und Abreisen zum bzw. vom Flughafen.

Für den Flughafen in Dublin wird von einem weiteren Wachstum der Passagierzahlen von durchschnittlich 5 Prozent pro Jahr ausgegangen /004/⁴. Dadurch wird die wichtige Rolle des Flughafens für die Betrachtung der Verkehrssysteme in Dublin unterstrichen.

Im Modal Split der Arbeits- und Schulwege in Dublin zeigt sich erneut die Dominanz des Verkehrsträgers Straße⁵: 54 Prozent der Arbeitswege wurden in Dublin mit dem Auto zurückgelegt, im Großraum Dublin waren es sogar 77 Prozent.⁶

Den zweitgrößten Anteil machen die Fußgänger mit ca. 12 Prozent des Gesamtaufkommens aus, gefolgt von den Benutzern des Bussystems, deren Anteil bei ca. 10 Prozent liegt.

Nur 7 Prozent der Arbeitswege wurden in Dublin mit anderen Verkehrsmitteln des öffentlichen Personennahverkehrs als dem Bus, d.h. ggf. mit der Bahn, zurückgelegt. Im Großraum Dublin wurde die Bahn nahezu nicht für den Arbeitsweg benutzt /031/⁷.

Ca. 5 Prozent der Arbeits- und Schulwege wurden in Dublin mit dem Fahrrad zurückgelegt. Bei der Betrachtung des Großraums Dublin spielt diese

¹ /065/ Flughafen München 2008

² /058/ Dublin Airport Authority 2009, S.88

³ /067/ Dublin Airport Authority 2009

⁴ /004/ Indecon International Economic Consultants 2008, S.10

⁵ Vgl. Folie I – 25: Dublin: Modal Split Arbeitswege im Vergleich zum Umland

⁶ Vgl. München 43Prozent PKW /076/ Groneck 2007

⁷ /031/ Dublin Transportation Office 2006, S.16

Benutzergruppe nahezu keine Rolle, vermutlich aufgrund der erforderlichen längeren durchschnittlichen Reiseentfernungen.

Schienenverkehr

Das Schienenverkehrssystem Dublins ist durch seine drei wesentlichen spurgeführten Verkehrsmittel gekennzeichnet¹. Zum einen handelt es sich dabei um dieselbetriebene Regionalbahnen zur Anbindung des Umlandes, auch *Commuter*, d.h. Berufspendlerzüge, genannt. Des Weiteren um die elektrisch betriebene Vorortbahn DART (*Dublin Area Rapid Transit*) sowie um das Straßenbahnsystem Luas in Dublins Innenstadt.

Bei den breitspurigen Regionalbahnen werden die Radiallinien Süd-Ost, West und Kildare sowie die Diagonal Linie Nord unterschieden /038/².

Die Linie Süd-Ost verbindet dabei den Bahnhof Dublin Connolly mit der Station Rosslare Europort. Die angegebene Fahrzeit für die ca. 150 Kilometer lange Strecke mit 21 Stationen beträgt 182 Minuten³.

Die Linie Nord verbindet die Bahnhöfe Dundalk im Norden über Dublin mit Bray im Süden. Die Fahrzeit für diese ca. 120 Kilometer lange Linie mit 21 Stationen wird mit 122 Minuten. angegeben.

Die Linie West, auch Maynooth Linie genannt, verkehrt zwischen den Bahnhöfen Dublin Pearse und Longford. Die Fahrzeit für diese 150 Kilometer lange Radiallinie mit 19 Stationen wird von Irish Rail mit 148 Minuten. angegeben.

Und die Kildare Linie verbindet letztlich die Station Dublin Heuston mit dem Bahnhof Portlaoise südwestlich von Dublin. Die Linienlänge beträgt ca. 80 Kilometer mit insgesamt 11 Stationen. Die Fahrzeit beträgt etwa 70 Minuten.

Damit kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die drei Radiallinien und die eine Diagonallinie der Regionalbahnen im Raum Dublin einen mittleren Haltestellenabstand von ca. 7 500 Metern aufweisen. Die mittlere Reisegeschwindigkeit liegt bei ca. 60 km/h.

Die Regionalbahnflotte besteht aus 180 Stück Diesel Multiple Unit (DMU) 29000, 2750, 2700, 2800, 2600 Class, 260-340 kW (350-450 PS), Baujahre 1994-2005 der Hersteller Tokyu Car, Alstom und CAF. Die Spurweite beträgt 1 600 Millimeter und die Maximalgeschwindigkeit 120 km/h /035/⁴⁵.

Die elektrifizierte Vorortbahn (DART) verbindet die Bahnhöfe Malahide bzw. die Halbinsel Howth im Norden über Dublin mit dem Bahnhof Greystones. Die ca. 33 Kilometer lange Diagonallinie bedient dabei 30 Stationen in einer Fahrzeit von 75 Minuten.

Der Haltestellenabstand der Vorortbahn beträgt damit ca. 1 100 Meter, wobei die mittlere Reisegeschwindigkeit bei ca. 26,4 km/h liegt.

¹ Vgl. Folie I – 26: Spurgeführte Verkehrsmittel und Dublin Rail Network

² /038/ Irish Rail 2008

³ Alle Fahrzeiten Regionalbahn gem. Fahrplanauskunft Irish Rail 2009, Entfernungen sind Schätzungen anhand direkter Straßenverbindungen.

⁴ /035/ Irish Rail 2009, S.4-6

⁵ Vgl. Folien I – 28 u. 19: Fotos Regionalbahn

Die DART Flotte besteht aus 60 Garnituren *Electric Multiple Unit* (EMU) 8 520, 8 510, 8 500 8 200/8 400, 8 100/8 300 Class. Es handelt sich jeweils um 4 bzw. 2-teilige Züge mit einer Leistung von 520 kW (690 PS) der Baujahre 1983-2005, hergestellt durch die Firmen LHB, Alstom und Tokyu Car /035/¹².

Die Spurweite beträgt auch beim DART 1 600 Millimeter. Die Höchstgeschwindigkeit wird mit 110 km/h angegeben. Die Stromversorgung der Gleichstrombahn erfolgt über die Oberleitung mit einer Spannung von 1 500 Volt. Das DART Depot befindet sich in Fairview, eine Abstellanlage ist in Bray vorhanden.

Neben den Regionalbahnen und den Vorortbahnen bildet das normalspurige Straßenbahnsystem Luas das dritte spurgeführte Verkehrssystem Dublins. Auf dieses Verkehrssystem soll im Folgenden näher eingegangen werden, insbesondere aufgrund der geforderten Interoperabilität der geplanten Metrolinie(n) mit Luas.

Das Liniennetz der Straßenbahn besteht derzeit aus zwei nicht miteinander verbundenen Linien³. Die Linie A, oder auch Rote Linie (*Red Line*) genannt, wurde am 28. September 2004 eröffnet. Die Linie B oder auch Grüne Linie (*Green Line*) eröffnete wenig später, am 30. Juni 2005. Der kürzeste Fußweg zwischen den beiden Linien ist der Weg von St. Stevens Green zur Abbey Street Station. Er beträgt etwa 15 Minuten.

Luas wird durch *Veolia Transport Ireland* (bis 2006: *Connex Transport Ireland*) betrieben. Der Betreibervertrag wurde zuletzt im Oktober 2008 bis zum Jahr 2014 verlängert /061/⁴. Die Instandhaltung der Fahrzeuge wird durch den Fahrzeughersteller Alstom durchgeführt.

Das Liniennetz ist in 6 Tarifzonen aufgeteilt. Für die Linien werden separate Tickets verkauft. Als Service wird eine *Smartcard* angeboten.

Die Linie A verbindet die Station Connolly im Stadtzentrum mit der Station Tallaght im Südwesten. Die 15,08 Kilometer lange Radiallinie verbindet 23 Stationen in einer Reisezeit von 48 Minuten.

Die Linie B verbindet St. Stevens Green im Stadtzentrum mit der Station Sandyford im Süden. Diese 8,91 Kilometer lange Radiallinie verbindet 13 Stationen in einer Reisezeit von 22 Minuten /027/⁵.

Damit kann der mittlere Haltestellenabstand für das Straßenbahnsystem Luas mit ca. 700 Metern und die mittlere Reisegeschwindigkeit mit ca. 22 km/h angegeben werden.

Die Betriebszeiten und Zugfolgezeiten werden für Luas vom Betreiber wie folgt angegeben /059/⁶: Die wochentägliche Betriebszeit beginnt 05:30 Uhr und endet 00:30 Uhr. Sie beträgt damit 19 Stunden. Sonnabends beginnt die Betriebszeit eine Stunde später. Sie beträgt damit 18 Stunden. An Sonn- und Feiertagen beginnt die Betriebszeit um 07:00 Uhr und endet 23:30 Uhr. Sie beträgt an diesen Tagen also 16,5 Stunden.

¹ /035/ Irish Rail 2009, S.7-9

² Vgl. Folien I – 31 u. 32: Fotos Vorortbahn

³ Vgl. Folie I – 34: Luas Basisdaten und Liniennetz

⁴ /061/ Veolia Transport 2009

⁵ /027/ Central Statistics Office 2009, S.123

⁶ /059/ Veolia Transport 2008

Der Tagesdurchschnitt der Betriebszeit liegt damit bei 18,5 Stunden.

Die Zugfolgezeiten betragen in den Hauptverkehrszeiten von 07:00 Uhr bis 10:00 Uhr und von 16:00 Uhr bis 21:00 Uhr 4-5 Minuten. Ansonsten wird ein 10-15 Minutentakt angeboten.

Die folgenden Informationen zu den eingesetzten Straßenbahnfahrzeugen können verschiedenen Quellen /027//033//059/¹ entnommen werden:

Die Spurbreite der Citadis Fahrzeuge des Herstellers Alstom Transport beträgt 1435 Millimeter. Das Stromversorgungssystem arbeitet mit einer Spannung von 750 V DC. Die Maximalgeschwindigkeit ist 70 km/h. Die Zweirichtungsfahrzeuge haben eine Breite von 2,4 Meter, die Höhe des Wagenkastens beträgt 3,27 Meter. Die Einstiegshöhen werden mit 320 Millimeter bzw. 350 Millimeter angegeben, die Fußbodenhöhen mit 350 Millimeter bzw. 600 Millimeter². Die Fahrerstände sind mit Klimaanlage ausgestattet, für den Fahrgastraum stehen Heizung und Lüftung zur Verfügung.

Auf der Linie B werden 14 Stück Citadis 401 eingesetzt. Diese 5-teiligen Fahrzeuge sind ca. 40 m lang und verfügen über eine Motorisierung von 4x140 Kilowatt und 2x120 kW (gleich 800 Kilowatt). Die Fahrgastkapazität wird mit 310 Plätzen angegeben. Die Fahrzeuge haben 7 Türen je Seite (5x1300 Millimeter + 2x800 Millimeter). Das Depot für die Fahrzeuge der Linie B befindet sich in *Sandyford*.

Auf der Linie A wurden ursprünglich 26 Fahrzeuge Citadis 301 eingesetzt. Diese 3-teiligen und 30 m langen Fahrzeuge verfügten über eine Motorisierung von 4x140 Kilowatt (gleich 560 Kilowatt). Die Fahrgastkapazität wurde von Alstom Transport mit 221 Plätzen angegeben. Die Fahrzeuge hatten 6 Türen je Seite (4x1 300 Millimeter und 2x800 Millimeter)³. Im Zeitraum 2007 – 2008 wurden auch diese Fahrzeuge zu 5-teiligen, 40 Meter langen Fahrzeugen umgebaut /060/⁴. Das Depot der Fahrzeuge der Linie A befindet sich in *Red Cow*.

Nach den Linien unterteilt, ergeben sich für Luas im Jahr 2008 folgende Betriebsdaten /027/⁵:

Die längere Linie A verzeichnete ein Aufkommen von 14,9 Millionen Passagieren. Die Verkehrsleistung wird mit 1,7 Millionen Fahrzeugkilometern und mit 83,0 Millionen Passagierkilometern angegeben. Die durchschnittliche Reiselänge betrug auf dieser Linie 5,6 Kilometer, die durchschnittliche Anzahl Stopps je Reisenden wird mit 8 angegeben und die erreichte Pünktlichkeit mit 99,72 Prozent.

Die Linie B hingegen verzeichnete ein Passagieraufkommen von 12,6 Millionen Fahrgästen. Die Verkehrsleistung wird mit 1,0 Millionen Fahrzeugkilometern und mit 58,0 Millionen Passagierkilometern angegeben. Die durchschnittliche Reiselänge betrug auf dieser Linie 4,7 Kilometer, die durchschnittliche Anzahl Stopps je Reisenden wird mit 6 angegeben und die erreichte Pünktlichkeit mit 99,82 Prozent.

¹ /027//033//059/ Central Statistics Office 2009, Alstom Transport 2002, Veolia Transport 2008

² Hinweis: Der Niederfluranteil beträgt ca. 70 Prozent.

³ Vgl. Folien I – 42 u. 43: Fotos Luas

⁴ /060/ RPA 2008

⁵ /027/ Central Statistics Office 2009, S.123

Die jährlichen Fahrgasteinnahmen werden für beide Linien für das Jahr 2008 mit ca. 46,7 Millionen Euro abgeschätzt¹.

Insgesamt haben sich die Fahrgastzahlen von Luas seit seiner Eröffnung um ca. 20 Prozent auf 27,5 Millionen im Jahr 2008 erhöht. Im Jahr 2007 wurden bereits 29 Millionen Fahrgäste gezählt. Das mittlere tägliche Passagieraufkommen lag an Freitagen bei bis zu 90 000 Fahrgästen /059//027².

Abschließend weitere technische Daten des Luas Systems, soweit veröffentlicht /059//062³:

Der Leitstand (*Central Control Room*) für beide Linien befindet sich gemeinsam mit dem Depot der Linie A in *Red Cow*. Der Leitstand kommuniziert mit den Fahrern und dem Servicepersonal und ist rund um die Uhr besetzt. Die Sicherung erfolgt nach dem Prinzip des Fahrens auf Sicht. (Fahrsignale).

Passagierinformationssysteme in den Stationen informieren die Fahrgäste über das Fahrziel des nächsten Zuges und die nächste Ankunftszeit. An Bord der Fahrzeuge werden Informationen visuell und akustisch zur Verfügung gestellt.

Fahrzeuge und Stationen sind videoüberwacht (CCTV). An den Notsprechstellen in den Zügen kann mit dem Fahrer kommuniziert werden und an Notsprechstellen auf den Stationen mit dem Leitstand. Alle Züge sind mit Notbremsen an jeder Zugtür ausgestattet.

Der Fahrweg wird innerstädtisch im Straßenraum geführt, verläuft aber ansonsten überwiegend auf besonderem Gleiskörper.

Vergleich

Zusammenfassend kann der Schienenverkehr im Großraum Dublin derzeit wie folgt charakterisiert werden:

Das Verkehrssystem Schiene besteht aus den breitspurigen Regionalbahnen und der Vorortbahn sowie den normalspurigen Straßenbahnen. Die vier dieselbetriebenen Regionalbahnlinien haben zusammen eine Länge von ca. 500 Kilometer, die elektrische Vorortbahnlinie hat eine Länge von ca. 33 Kilometer und die beiden Straßenbahnlinien weisen zusammen eine Länge von 23 Kilometer auf.

Die mittleren Haltestellenabstände betragen ca. 7 500 Meter bei den Regionalbahnen, ca. 1 100 Meter bei der Vorortbahn und ca. 700 Meter bei der Straßenbahn. Und die mittleren Reisegeschwindigkeiten betragen ca. 60 km/h bei den Regionalbahnen, ca. 26 km/h bei der Vorortbahn und etwa 22 km/h bei der Straßenbahn.

Eine Stärkung des Schienenverkehrs wird angestrebt, um einerseits die Dominanz des Straßenverkehrs einzudämmen, andererseits aber auch dem steigenden Bedürfnis der Bevölkerung nach Mobilität Rechnung zu tragen.

¹ Vgl. Folie I – 39: Luas Fahrpreis und geschätzte Fahrgeldeinnahmen

² /059//027/ Veolia Transport 2008, Central Statistics Office 2009

³ /059//062/ Veolia Transport 2008, Railway-Technology 2008

2.3 „Transport 21“

Die Verkehrsinitiative der Republik Irland „Transport 21“ ist der umfassende Investitionsplan zur Entwicklung der Verkehrssysteme im Zeitraum 2006-2015. Das geplante Investitionsvolumen beträgt dabei insgesamt 34 Milliarden Euro.

„Transport 21“ wurde am 1. November 2005 im Rahmen der feierlichen Eröffnung im Schloss Dublin veröffentlicht /057/¹. Im Fokus des Investitionsprogramms steht insbesondere die Optimierung der Bundesstraßen, der öffentlichen Verkehrsmittel sowie der regionalen Flughäfen. „Transport 21“ besteht aus den überregionalen Investitionsprogrammen und dem Programm für Dublin und Umgebung.

Den Rahmen für „Transport 21“ bildet der Nationale Entwicklungsplan 2007-2013. Enge Wechselwirkungen bestehen aber auch zu anderen Strategien und Programmen der Republik Irland, z.B. den Stellungnahmen zur Verkehrsstrategie (*Transport Statement of Strategy 2003-2004, 2005-2007, 2008-2010*), der Integrierten Verkehrsstrategie für den Großraum Dublin (*Integrated Transportation Strategy for the Greater Dublin Area 2000-2016*), der Nationalen Raumordnungsstrategie (*National Spatial Strategy 2002-2020*) sowie dem Regierungsprogramm (*Programme for the Government 2007-2012* /042/²) /039//057/³⁴.

Durch „Transport 21“ wird zudem das Transport Programm der Republik Irland für den ländlichen Raum sowie der Plan für nachhaltigen Transport und nachhaltiges Reisen unterstützt.

Basisunterlagen von „Transport 21“ bilden neben dem Dokument zur Nationalen Raumordnungsstrategie 2002-2020 auch die Regionalen Planungsrichtlinien, insbesondere der *Dublin Transportation Office's Long Term Strategy*, dem *Cork Area Strategic Plan*, der *Limerick Planning Land Use and Transportation Study*, der *Galway Transportation and Planning Study* sowie der *Waterford Planning Land Use and Transportation Study* /040/⁵.

Im Folgenden soll auf den Zusammenhang von „Transport 21“ mit dem Nationalen Entwicklungsplan 2007-2013 als finanziellem Rahmen sowie auf die Nationale Raumordnungsstrategie 2002-2020 als inhaltliche Basis näher eingegangen werden.

Nationaler Entwicklungsplan 2007-2013

Der Nationale Entwicklungsplan 2007-2013 umfasst eine Gesamtinvestitionssumme von 183,7 Milliarden Euro. Er ist auf oberster Ebene in die Bereiche Wirtschaftliche Infrastruktur, Unternehmen, Wissenschaft und Innovation, Humankapital, Soziale Infrastruktur sowie Soziale Integration und Bildung unterteilt.

Der Bereich Wirtschaftliche Infrastruktur wiederum untergliedert sich in die Teilbereiche Transport, Energie, Umweltdienstleistungen, Kommunikation und Breitband, Regierungsinfrastruktur und Entwicklung der lokalen Behörden /025/⁶.

Auf den Bereich der Wirtschaftlichen Infrastruktur entfallen insgesamt geplante Investitionen in Höhe von 54,7 Milliarden Euro. Das ist ein Anteil von ca. 30 Prozent

¹ /057/ Republik Irland 2005

² /042/ Republik Irland 2007

³ /039//057/ Transport 21 (*Monitoring Group*) 2006 und Republik Irland 2005

⁴ Vgl. Folie I – 46: Zeitliche Einordnung im Kontext Irischer Strategien und Programme

⁵ /040/ Transport 21 2009

⁶ /025/ Republik Irland 2007

der geplanten Gesamtinvestitionen. Für den Teilbereich Transport sind 32,9 Milliarden Euro geplant, was einen Anteil von ca. 18 Prozent bezogen auf die geplanten Gesamtinvestitionen ausmacht /025/¹.

Innerhalb des Teilbereichs Transport sind 17,6 Milliarden Euro für den Ausbau des Straßennetzes geplant. 13,0 Milliarden Euro sind für Öffentliche Verkehrsmittel eingeplant. Für den Ausbau des Flugverkehrs sind Investitionen in Höhe von 1,9 Milliarden Euro geplant und für den Hafenausbau 481 Millionen Euro /025/².

Aus den Angaben wird deutlich, dass zur Stärkung öffentlicher Verkehrsmittel nur ca. 7 Prozent der insgesamt im Rahmen des Nationalen Entwicklungsprogramms vorgesehenen Investitionen eingeplant werden. Dieser Anteil erscheint insbesondere im Hinblick auf die in den Abschnitten 2.1 und 2.2 aufgezeigte Dominanz des Straßenverkehrs als zu gering. Auf den Ausbau des Straßennetzes entfallen hingegen knapp 10 Prozent der geplanten Gesamtinvestitionen.

Nationale Raumordnungsstrategie 2002-2020

Irlands Verkehrsnetz der Zukunft ist gemäß der Nationalen Raumordnungsstrategie /041/³ insbesondere gekennzeichnet durch strategische Radialkorridore, strategische Verbindungskorridore sowie durch strategische internationale Zugangspunkte⁴.

Die strategischen Radialkorridore beginnen in Dublin und verlaufen sternförmig, auch verästelt, durch Irland. Die Verbindungskorridore hingegen verlaufen orbital zu den Radialkorridoren und schneiden bzw. verbinden diese.

Zu den strategischen internationalen Zugangspunkten des Luft- und Seeverkehrs zählen Dublin, Wexford, Cork und die Region Süd-West (Ennis/ Tralee).

Damit besitzt Dublin in der Nationalen Raumordnungsstrategie besondere Bedeutung. Mit seinem Flughafen und dem Transithafen ist Dublin der wichtigste Zugangspunkt von und nach Übersee sowie Ausgangspunkt der nationalen Transportkorridore (Radialkorridore). Auffällig ist allerdings, dass zur Ordnung des Verkehrs im Großraum Dublin kein orbitaler Korridor vorhanden ist⁵. Die überlastete Ringautobahn M50 sowie die geplante Metro West mögen dennoch zur Verbindung der Radialkorridore beitragen.

Ziele von „Transport 21“ /040//057/⁶

Als generelle Ziele des Investitionsprogramms werden folgende fünf Aufgabenfelder adressiert:

Die Erreichbarkeit soll verbessert werden, d.h. Hin- und Rückwege zur Arbeit, zur Schule, zum Einkauf sollen für jedermann erleichtert werden.

Nachhaltigkeit soll gesichert werden, d.h. dass moderne Verkehrssysteme aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht zukunftsfähig sein müssen.

¹ /025/ Republik Irland 2007, S. 129

² /025/ Republik Irland 2007, S. 130

³ /041/ Republik Irland 2002

⁴ Vgl. Folie I – 51: Irlands Verkehrsnetz der Zukunft

⁵ Vgl. Folie I – 52: Dublin gem. der Nationalen Raumordnungsstrategie

⁶ /040//057/ Transport 21 2009 und Republik Irland 2005

Die Kapazitäten sollen erhöht werden, d.h. dass existierende Defizite aufgedeckt und Angebote für zukünftige Steigerungen unterbreitet werden müssen.

Die Benutzung soll gesteigert werden, d.h. gezielte Entwicklung des Verkehrsnetzes mit dem Ziel der Steigerung der Fahrgastzahlen öffentlicher Verkehrsmittel.

Die Qualität soll verbessert werden, d.h. Verbesserung der Sicherheit, der Erreichbarkeit, der Integration, der Zuverlässigkeit, der Geschwindigkeit und des Komforts.

Überregional sollen diese Ziele durch die Schaffung eines qualitativ hochwertigen und effizienten Netzes von Bundesstraßen und Bahnverbindungen in Übereinstimmung mit den Zielen der Nationalen Raumordnungsstrategie erreicht werden. Zudem sollen eine wesentliche Steigerung der Benutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln in den Kleinstädten sowie eine generelle Verbesserung der überregionalen, regionalen und lokalen Angebote öffentlicher Verkehrsmittel erfolgen. Auf den regionalen Flughäfen wird eine Verbesserung der Sicherheit und der Schutzeinrichtungen angestrebt.

Als Zielsetzung für Dublin steht die Entwicklung von Metro Nord und Metro West an erster Stelle, gefolgt von der Erweiterung des Luas Straßenbahnnetzes. Ein weiteres großes Ziel für den spurgeführten Verkehr ist der Bau eines Innenstadttunnels zur Verbindung der Regionalbahnhöfe Heuston und Conolly. Dieses, als *Interconnector* bezeichnetes, Projekt soll auch St. Stephen's Green und damit Metro Nord anbinden.

Weiterhin ist die Entwicklung des Busnetzes zur Schaffung eines Maschennetzes von Angeboten geplant. Dabei soll eine Neuausrichtung an den Entwicklungen der Bahnverbindungen erfolgen.

Zu den Zielen für Dublin zählen außerdem der Aufbau eines Netzes von Umsteigepunkten im Gesamtverkehrsnetz zur Erleichterung des Umsteigens zwischen den Verkehrsmitteln sowie die Einführung eines integrierten Tickets zur Nutzung in allen öffentlichen Verkehrsmitteln (*Smartcard Integrated Ticket*).

Weitere regionale Ziele für die Hauptstadt sind die Entwicklung von *Park and Ride* Einrichtungen an ausgewählten Standorten, die Einführung eines in Phasen unterteilten Programms von geforderten Managementmaßnahmen, die Einführung eines integrierten Informationssystems für die öffentlichen Verkehrsmittel sowie die Fertigstellung der Ertüchtigung der Autobahn M50.

2.4 Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Der Bau der beiden Metrolinien und der Ausbau des Luas Straßenbahnnetzes zählen zu den wichtigsten Zielen des spurgeführten Verkehrs im Rahmen von „Transport 21“. Die Charakteristika der erforderlichen Vorhaben erlauben es, von der Entwicklung eines modernen Stadtbahnnetzes für Dublin zu sprechen¹. Die Auftraggeber der Metro streben Interoperabilität mit dem existierenden Straßenbahnsystem an /023/². Die geplante Entwicklung des Nahverkehrsnetzes sowie seine Kenngrößen werden in diesem Abschnitt näher erläutert.

Die in „Transport 21“ formulierten Ziele für den Großraum Dublin sind das Ergebnis eines langjährigen Planungsprozesses. So wurde im Jahre 1995 durch die Regierung der Republik Irland das *Dublin Transportation Office* (DTO) mit dem Ziel

¹ Vgl. Folie I – 74: B1 Definition Straßenbahnen und Stadtbahnen

² /023/ RPA 2009, S. 3 und 5

der strategischen Verkehrsplanung für Dublin und Umgebung gegründet. Im Jahre 2001 veröffentlichte das DTO im Dokument „*Platform for Change*“ /068/¹ dann die untersuchten Alternativen sowie das bevorzugte Planungsmodell.

Untersucht wurde unter anderem eine „*Heavy (Suburban) Rail Theme*“ genannte Variante, welche auf dem massiven Ausbau der existierenden Regional- und Vorortbahnen basiert hätte². Die Variante beinhaltet den Bau eines Innenstadtrings sowie die Flughafenanbindung mit DART. Allerdings wäre gemäß DTO insbesondere für diese östliche Flughafenanbindung mit DART ein sehr geringes Verkehrsaufkommen zu erwarten gewesen und daher wurde diese Option nicht weiter verfolgt.

Ausgewählt wurde letztlich die sogenannte Strategie A, welche durch ein von Metrolinien überlagertes, ausgebauten Straßenbahnnetz gekennzeichnet ist und im Ergebnis Verkehrsartenleistungsanteile (Modal Split) /014/³ von PKW 37 Prozent, Bus 14 Prozent und Schienenverkehr 49 Prozent erreichen soll /068/⁴⁵.

Das Dokument „*Platform for Change*“ beinhaltet des weiteren Aussagen zur strategischen Planung der Kapazitäten der verschiedenen öffentlichen Verkehrsmittel. Demnach wird für den Bus in der Spitzenstunde mit Fahrgastkapazitäten bis zu 5 000 Personen pro Richtung gerechnet, bei der Straßenbahn Luas mit bis zu 8 000 Personen und bei DART und Metro gleichermaßen mit bis zu 50 000 Personen /068/⁶. Dieses Ziel scheint insbesondere für die geplanten Metrolinien nicht erreichbar zu sein⁷.

Aufbauend auf der in „*Platform for Change*“ ausgewählten Strategie A werden im Investitionsprogramm „Transport 21“ konkret folgenden Stadtbahnprojekte geplant⁸:

Die Metro Nord soll die Station St. Stephen's Green in der historischen Altstadt mit dem Flughafen verbinden und darüber hinaus eine Anbindung der nördlichen Vororte Swords und Belinstown schaffen.

Die Metro West soll, beginnend im Südwesten an der Station Tallaght, über das Tal des Flusses Liffey im Westen und Blanchardstown im Nordwesten verlaufen und zur Station Dardistown im Norden geführt werden.

Sieben Luas Vorhaben sind geplant. Das Projekt Luas A1 beschreibt die Verlängerung der Roten Linie durch einen Abzweig von Belgard nach Citywest/Saggart.

Das Projekt Luas B1 ist die direkte Verlängerung der Grünen Linie von Sandyford nach Cherrywood bzw. Bride's Glen. In einem darauf aufbauenden Vorhaben Luas B2 soll dann die Grüne Linie von Bride's Glen bis nach Bray ausgebaut werden, um dort den Anschluss zum DART herzustellen.

¹ /068/ Dublin Transportation Office 2001

² Vgl. Folie I – 77: B3 „Heavy Rail Theme“ und Flughafenanbindung mit DART

³ /014/ Amoser, Hoppe; TU Dresden 2006

⁴ /068/ Dublin Transportation Office 2001, S.39

⁵ Vgl. Folie I – 56: Entwicklungsstrategie gem. Dublin Transportation Office DTO

⁶ /068/ Dublin Transportation Office 2001, S.27

⁷ Vgl. Folien IV – 31 ff.: B3 Analysen – Untersuchung der Kapazitäten

⁸ Vgl. Folie I – 59: Stadtbahnprojekte unter T21

Zur Verlängerung der Grünen Linie in die Gegenrichtung ist das Projekt Luas BX geplant, auch als *City Centre Link* bezeichnet.

Weiterhin ist zur Anbindung des Hafengebietes die Verlängerung der Roten Linie in östlicher Richtung geplant: das Vorhaben Luas C1, auch als *Docklands Extension* bezeichnet.

Aufbauend auf das Vorhaben Luas BX ist das Projekt Luas D geplant. Es sieht eine weitere Verlängerung der Grünen Linie in nordwestlicher Richtung bis zur *Liffey Junction* vor.

Und auch eine vollständig neue Radiallinie ist geplant. Mit dem als Luas F bezeichneten Vorhaben soll das Stadtzentrum mit der Station Lucan im Westen Dublins verbunden werden.

Die Informationen zu den geplanten Metrolinien werden u.a. in /046/¹ und /050/² wie folgt weiter konkretisiert:

Die 18 Kilometer lange, als Radiallinie geführte, Metro Nord soll 17 Stationen in einer Reisezeit von 30 Minuten verbinden. Dabei soll die Reisezeit für die Teilstrecke von St. Stevens Green zum Flughafen ca. 20 Minuten betragen. Der mittlere Haltestellenabstand beträgt demnach 1 125 Meter. Metro Nord wird für eine Kapazität von 34 Millionen Fahrgästen pro Jahr ausgelegt.

Der Fahrweg verläuft weitgehend auf besonderem Gleiskörper wobei ca. 9 Kilometer der Strecke in Tunnellage im Stadtzentrum und sowie am Flughafen geplant sind. Die Spurweite soll, wie bei Luas, 1435 Millimeter Normalspur betragen.

Metro Nord soll mit einer minimalen Zugfolgezeit von 4 Minuten verkehren. Ein Depot ist nördlich von Lissenhall in Belinstown geplant. Das Projekt soll in Form einer *Public Private Partnership* (PPP) realisiert und betrieben werden³.

Für die 26 Kilometer lange, als Orbitalline geplante, Metro West sollen 20 Stationen errichtet werden. Die Reisezeit ist mit ca. 35 Minuten geplant und der mittlere Haltestellenabstand soll 1 370 Meter betragen, also ca. 250 Meter mehr als bei Metro Nord. Metro West wird für eine Kapazität von 20 Millionen Fahrgästen pro Jahr ausgelegt. Der Fahrweg wird auf weitgehend besonderem Gleiskörper, ohne Tunnelstrecken, verlaufen. Die Spurweite soll 1435 Millimeter betragen. Der Bau eines Depots ist vorgesehen. Auch das Vorhaben Metro West soll als PPP Projekt realisiert und betrieben werden⁴.

Die Metrolinien erreichen damit gemeinsam einen mittleren Haltestellenabstand von ca. 1 260 m und eine mittlere Reisegeschwindigkeit von ca. 40 km/h.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass im Rahmen der Planungen von „Transport 21“ bis 2015 für die Stadtbahnen eine Linienlänge von ca. 88 Kilometer sowie 99 Stationen und Haltepunkte neu errichtet werden sollen⁵. Auf diese Weise entsteht aus den heute lückenhaften Angeboten des schienengebundenen

¹ /046/ RPA 2008

² /050/ Railway Technology 2009

³ Vgl. Folie I – 60: Metro Nord

⁴ Vgl. Folie I – 61: Metro West

⁵ Vgl. Folie I – 63: Stadtbahnprojekte unter T21 – Datensammlung

Personennahverkehrs ein Netz mit 17 intramodalen Umsteigepunkten, unter zusätzlicher Anbindung des Flughafens¹.

Aus den heute nicht miteinander verbundenen beiden Straßenbahnlinien entwickelt sich ein Liniennetz mit 5 Linien. Die Linienlänge steigt von heute 23 Kilometer auf ca. 111 Kilometer im Jahr 2015 an. Die Anzahl der Stationen und Haltepunkte wächst von 36 auf 135. Damit steigt der Index Stationen je 100 000 Einwohner von heute 7,2 auf 27,0. Die Anzahl von Fahrzeugen dürfte Schätzungen zufolge von heute 40 auf über 110 anwachsen. Das Fahrgastaufkommen könnte im Jahr 2015 ca. 80 Millionen Passagiere betragen².

Gespiegelt an den generellen Zielen von „Transport 21“ bedeutet diese geplante Entwicklung:

Erreichbarkeit: Arbeits- und Schulwege werden durch zusätzliche Angebote des spurgeführten Personennahverkehrs deutlich erleichtert. Ausgedrückt im Index Anzahl Stationen und Haltepunkte pro 100 000 Einwohner bedeutet dies eine Steigerung von heute 7 auf zukünftig 27.

Nachhaltigkeit: Durch den Ausbau der Angebote im ÖPNV generell wird dem Nachhaltigkeitsaspekt Rechnung getragen und Individualverkehr auf der Straße zurückgedrängt. Der Verkehrsartenleistungsanteil wird positiv beeinflusst.

Kapazität: Die Beförderungskapazitäten des SPNV werden deutlich erhöht. Das Liniennetz wächst von derzeit 24 Kilometer auf 111 Kilometer. 99 Stationen und Haltepunkte werden neu gebaut. Die Anzahl der Fahrzeuge steigt schätzungsweise von heute 40 auf über 110.

Benutzung: Das Stadtbahnnetz wird deutlich attraktiver. Allein Metro Nord und West werden für eine Kapazität von > 50 Millionen Passagieren ausgelegt. Da auf diesen Korridoren bisher keine SPNV Angebote existieren, wird der Verkehrsträger Straße um dieses Aufkommen entlastet.

Qualität: Der Integrationsgrad steigt insbesondere durch 17 neue intramodale Umsteigepunkte und 6 neue *Park and Ride* Einrichtungen. Weitere wesentliche intermodale Umsteigepunkte am Flughafen und im Hafen entstehen. Die mittlere Reisegeschwindigkeit der Metrolinien liegt bei ca. 40 km/h, die der existierenden Straßenbahnlinien bisher nur bei ca. 22 km/h.

Auch unter Berücksichtigung der im Bundesverkehrswegeplan 2003 für Deutschland angewendeten, systematischen Bewertungskriterien /018/³ ließen sich sicherlich weitgehend positive Ergebnisse erwarten⁴.

¹ Vgl. Folie I – 64: Entwicklungsmodell Stadtbahnnetz

² Vgl. Folie I – 66: Kennzahlen der Entwicklung

³ /018/ Bundesministerium für Verkehr 2002

⁴ Vgl. Folie I - 69

3 Projekt Dublin Metro Nord

Im zweiten Schritt der Systemanalyse wird nunmehr das Stadtbahnprojekt Dublin Metro Nord näher untersucht. Wesentliche Inhalte bilden dabei folgende Analyseinhalte¹:

- Betriebsdaten
- Finanzierungsmodell
- Vertragsstruktur
- Projektstruktur
- Interessengruppen/ Stakeholder
- Bietergruppen
- Projektstand/ Vorschau

3.1 Projekteinführung

Das Umfeld des Projektes Dublin Metro Nord wurde im Abschnitt 2 ausführlich untersucht und es wurden bereits folgende wesentliche Basisdaten genannt /050//026/²:

- Prognostiziertes Fahrgastaufkommen: 34 Millionen Passagiere pro Jahr
- Radiallinie zur Verbindung des Stadtzentrums mit dem Umland, inklusive Anbindung des Flughafens
- Realisierung und Betrieb als *Public Private Partnership* (PPP) Projekt
- Spurweite: 1 435 Millimeter
- Länge: 18 Kilometer, 17 Stationen, mittlerer Haltestellenabstand: 1 125 Meter
- weitgehend besonderer Gleiskörper, 9 Kilometer Tunnel im Stadtzentrum und am Flughafen
- Mindesttakt: 4 Minuten
- Interoperabilität mit Luas
- ein Depot in Belinstown

Den Projektplanungen liegt das „Stadtbahnkonzept“ zu Grunde.

3.2 Betriebsdaten

Die geplanten Betriebsdaten für das Projekt Dublin Metro Nord bilden die oberste Ebene der Systemanforderungen und sind damit die Basis aller weiteren Untersuchungen. Die Betriebsdaten bzw. das Verkehrsmodell wurden im Rahmen der mündlichen Anhörung zum Antrag auf „Railway Order“ durch RPA ausführlich dargestellt /069/³.

Für das Jahr 2016 wird demnach ein Fahrgastaufkommen von mehr als 34 Millionen Fahrgästen prognostiziert. Die Kapazität des Verkehrssystems soll in der Spitzenlast 10 000 Fahrgäste pro Stunde und Richtung betragen. Maßgeblich für die Auslegung ist dabei die stadteinwärtige Richtung. Stadtauswärts wird in der Spitzenstunde von RPA ein geringeres Aufkommen erwartet.

Für die stadteinwärtige Richtung werden in der Spitzenstunde die meisten Zustiege im Norden, in Lissenhall, gefolgt von Estuary, Belinstown, Swords und Fosterstown, mit ca. 600-1 200 Fahrgästen erwartet. Am Flughafen, in Dardistown und in Ballymun

¹ Vgl. Folie V – 9: Projektdarstellung und -strukturierung

² /050//026/ Railway- Technology 2008 und RPA 2009

³ /069/ RPA 2009

steigen gemäß Prognose noch ca. 400 bis 600 Fahrgäste zu. Bei den Stationen weiter südlich liegt die Anzahl der Zustiege unter diesem Wert.

Die weitaus meisten Fahrgäste haben als Fahrziel die Stationen St. Stevens Green und O'Connell Bridge. Die prognostizierte Anzahl wird für diese Stationen mit 2 000-2 500 Personen angegeben. Ca. 600-900 Ausstiege werden an den Stationen Parnell Square und Drumcondra erwartet. Am Flughafen sind es ca. 500 und an den übrigen Stationen weniger als 500 Fahrgäste.

Die Maximallast von 6 000 und mehr Fahrgästen pro Stunde und Richtung wird zwischen den Stationen Northwood, Ballymun, DCU und Griffith Avenue erwartet.

Das Fahrgastaufkommen in den Spitzenzeiten soll durch Zugfolgezeiten von 4 Minuten bewältigt werden.

Die Spitzenlastzeiten werden werktags am Morgen zwischen 7:30 Uhr und 9:30 Uhr sowie am Nachmittag zwischen 13:30 Uhr und 15:30 Uhr erwartet.

Die durchschnittliche tägliche Betriebszeit wird ca. 20 Stunden betragen.¹ In den Nebenverkehrszeiten werden die Zugfolgezeiten bei ca. 8 Minuten liegen².

Bis zum Jahr 2040 wird mit einer Verdopplung des Fahrgastaufkommens in den Spitzenzeiten gerechnet. Die Kapazität des Verkehrssystems soll dann in der Spitzenstunde maximal 20 000 Fahrgäste pro Stunde und Richtung betragen und mit einer Zugfolgezeit von 2 Minuten bewältigt werden.

Die Betriebsdaten werden in Abschnitt 4.1 als Inputdaten für die Wirtschaftlichkeitsabschätzung wieder aufgegriffen, ergänzt und anhand der Ergebnisse der Betriebssimulation und Berechnung in Abschnitt 4.4 weiter detailliert.

3.3 Finanzierungsmodell

Seit ca. 15 Jahren erfolgt die Errichtung von SPNV Systemen weltweit in Form von *Private Public Partnership* (PPP) Projekten /056/³. Die Republik Irland wurde, bezogen auf das BIP, der drittgrößte Nutzer von PPP Systemen generell in Europa, in einer Größenordnung von 43,5 Milliarden Euro im Zeitraum 2006 bis 2011. Insgesamt plant die Republik Irland 70 PPP Projekte /017/⁴.

Auch für das Projekt Dublin Metro Nord wurde dieses Modell zur Finanzierung ausgewählt. Demnach übernehmen zunächst die beteiligten Unternehmen einen Teil der Baukosten durch private Finanzierung. Zusätzlich wird eine staatliche Unterstützung während der Errichtungsphase gezahlt. Der Kapitalrückfluss an die Unternehmen erfolgt in der Betriebsphase insbesondere aus den Fahrgeldeinnahmen bzw. anhand von definierten Leistungsparametern (z.B. Verfügbarkeit, Service)⁵.

Der Vorteil von PPP Projekten besteht neben der günstigeren Finanzierbarkeit darin, dass Kosten und Bauzeit meist eingehalten werden.

¹ Schätzung/ Vergleich Luas 18,5 Stunden

² Schätzung/ Vergleich Luas 10-15 Minuten

³ /056/ Boettger 2008, S.7

⁴ /017/ ThePost 24.05.2009

⁵ Vgl. Folie II – 5: Finanzierungsmodell/ PPP

Ein Nachteil besteht für die beteiligten Firmen oft darin, dass das Risiko für das Fahrgastaufkommen (*Patronage Risk*) mit übernommen werden muss. Oft ist dann das tatsächliche Aufkommen geringer als erwartet, was sich in geringeren Fahrgeldeinnahmen niederschlägt.

Im konkreten Anwendungsfall liegt das Risiko für das Fahrgastaufkommen allerdings voraussichtlich nicht bei den beteiligten Unternehmen /054/¹. Es kann vielmehr davon ausgegangen werden, dass die Rückzahlung an die privaten Investoren anhand definierter Leistungsparameter erfolgen wird (*Service Charge/ Availability Charge*).

Die publizierten Gesamtkosten für das Projekt Dublin Metro Nord liegen zwischen 2,4 und 6,0 Milliarden Euro².

Diese Angaben werden in Abschnitt 4.6 Investitionskosten und 4.8 f. Kosten Betrieb und Instandhaltung konkretisiert. Demnach sind Investitionskosten von insgesamt ca. 3,24 Milliarden Euro sowie Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung von jährlich insgesamt ca. 61 Millionen Euro zu erwarten.

Für die Durchführung des Projektes Dublin Metro Nord bleibt zu hoffen, dass die Regierung der Republik Irland auch weiterhin und trotz Wirtschaftskrise am Finanzierungsmodell PPP für dieses Verkehrsprojekt festhält. Die Vorbereitungen sind bereits weit gediehen und die Signale positiv.

3.4 Vertragsstruktur

Die Umsetzung des Finanzierungsmodells erfolgt in einer Vielzahl von Verträgen und Vereinbarungen. Auf die oberste Ebene dieser Vertragsstruktur soll im Folgenden eingegangen werden. Diese Informationen sind in /053/³ und /054/⁴ veröffentlicht.

Die Regierung der Republik Irland übertrug im sog. *Transport (Railway Infrastructure) Act 2001* der *Railway Procurement Agency (RPA)* das Mandat zur Beschaffung von Infrastruktur für den spurgeführten Verkehr.

Im Falle des Projektes Dublin Metro North fungiert RPA daher als Auftraggeber. Geplant sind ein Vertrag mit dem Infrastrukturpartner, welcher auch die Fahrzeuge beinhaltet und ein Vertrag mit dem späteren Betreiber.

Der Infrastrukturpartner und der spätere Betreiber sind außerdem aufgefordert, einen Inbetriebnahmevertrag abzuschließen, um die optimale Einbindung des Betreibers bereits während der Errichtungsphase sicherzustellen.

Weiterhin ist eine Zusammenarbeitsvereinbarung zwischen RPA, Infrastrukturpartner und Betreiber für die Betriebsphase vorgesehen⁵.

Auf die Inhalte des geplanten Infrastrukturvertrags und des Betreibervertrags soll im Folgenden näher eingegangen werden.

Infrastrukturvertrag

Der Infrastrukturvertrag umfasst den Zeitraum der Errichtung sowie 25 Jahre Instandhaltung in der Betriebsphase. Er beinhaltet die Detailplanung und Ausführung

¹ /054/ Tenders Electronic Daily 2007, S.2

² Pressemeldungen 2008

³ /053/ RPA 2008

⁴ /054/ Tenders Electronic Daily 2007

⁵ Vgl. Folie II – 7: Vertragsstruktur

des Projektes inklusive der Lieferung der Fahrzeuge in Übereinstimmung mit der „Railway Order“, der Baugenehmigung.

Zur Ausführung des Projektes gehören dabei die Inbetriebnahme, der Testbetrieb und die Betriebsaufnahme, inklusive der Erlangung der erforderlichen Sicherheitsnachweise (*Safety cases Section 46(1) of the Railway Safety Act 2005*).

In der Betriebsphase ist der Infrastrukturvertragspartner für die Instandhaltung und Erneuerung von Infrastruktur und Fahrzeugen sowie für die Verfügbarkeit für den Passagierbetrieb des Betreibers verantwortlich.

Der Infrastrukturvertragspartner trägt Mitverantwortung bei der Sicherstellung der Finanzierung des Projektes.

Betreibervertrag

Der Betreiber soll zur Unterstützung des Infrastrukturvertragspartners bei der Planung und Errichtung des Stadtbahnsystems verpflichtet werden, insbesondere auch zur Unterstützung bei der Erlangung der relevanten Erlaubnisse und Abnahmen gemäß *Railway Safety Act 2005*.

Ansonsten ist der Betreiber verantwortlich für die Betriebsführung des Verkehrssystems. Dies beinhaltet den Betrieb der Stationen, der Fahrzeuge, des Leitstands sowie der Parkplätze. Er ist verantwortlich für Ticket Service und Fahrgeldeinnahmen, für den Kundendienst sowie für die Schulung des Betriebspersonals.

Dem Betreiber wird ebenfalls die Verantwortlichkeit für Strategien gegen das Schwarzfahren übertragen /019/¹.

3.5 Projektstruktur

Durch die Einteilung des Projektes in die Projektstrukturen wird nunmehr die Basis für eine effiziente Projektarbeit gelegt.

Die klassische Einteilung erfolgt nach den Aspekten „Funktion“, „Produkt“ und „Ort“ gemäß /010/² sowie „Phase“ und „Leistung“. Von dieser Art der Einteilung wird hinsichtlich der Aspekte „Funktion“ und „Produkt“ im Folgenden abgewichen: diese werden durch den Aspekt der „Lieferung“ ersetzt.

Der Aspekt „Funktion“ soll erst später wieder aufgegriffen werden. Er wird in Abschnitt 5, Funktionenanalyse, ausführlich behandelt. Der Aspekt „Produkt“ mag bei den Herstellern auf Basis der Lieferstruktur anhand von Produktbezeichnungen o.ä. ausgefüllt werden.

Ortstruktur

Das Projekt ist in 7 Bauabschnitte gegliedert. Der nördlichste Abschnitt MN101 umfasst die Stationen von Belinstown bis Sword und beinhaltet auch das Depot. Die Streckenführung ist hier ebenerdig. Der anschließende Bauabschnitt MN102 beginnt südlich der Station Swords und endet am Nordportal des Flughafentunnels.

Der Tunnel-Bauabschnitt MN103 unterquert den Flughafen und enthält die Station Dublin Airport. Am Südportal des Flughafentunnels beginnt dann der Abschnitt MN104. Er endet südlich der Station Northwood.

¹ /019/ Tenders Electronic Daily 2007

² /010/ International Electrotechnical Commission 1996, S.13

Dort startet mit dem Bauabschnitt MN105 der Innenstadtunnel. Dieser Abschnitt endet mit der Station Dublin City University, wo der Abschnitt MN106 beginnt. Dieser Bauabschnitt umfasst die Tunnelstationen Griffith Avenue, Drumcondra und Mater.

Der südlichste Bauabschnitt trägt die Bezeichnung MN107. Er beginnt südlich der Station Mater, enthält die Tiefstationen Parnell Square und O'Connell Bridge und endet mit der Station St. Stephen's Green im Stadtzentrum von Dublin¹.

Aufbauend auf dieser obersten Ebene der Ortsstruktur werden die Ortsangaben insbesondere durch die Kilometrierung aber auch z.B. für Gebäude und Räume weiter detailliert.

Für das Fahrzeug wird vom Hersteller eine separate Ortsstruktur entwickelt. Auf diese Ortsstruktur soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Phasenstruktur

Als erste Phase des Projektes Dublin Metro Nord wird die Erarbeitung der Machbarkeitsstudie in den Jahren 2003 und 2004 angesehen. Auf Basis der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie wurde als nächstes das Referenzdesign erarbeitet.

Darauf folgen die Aktivitäten zur Erlangung der „Railway Order“, also der Baugenehmigung. Das Verfahren kann mit dem Planfeststellungsverfahren in Deutschland verglichen werden.

Weitgehend parallel dazu laufen die Projektphase der Präqualifikation potentieller Bietergruppen sowie die anschließende Angebotsphase. Die Phase der Vertragsverhandlungen beschließt dann diesen maßgeblichen Teil des Projektes vor dem Baustart. Bis zu diesem Zeitpunkt gelten die Vorhaben bei den Herstellern auch als Angebotsprojekte.

Mit der Vertragsunterzeichnung werden die Rahmenbedingungen für die folgenden Projektphasen festgelegt. In unserem Falle ist, wie in Absatz 3.3 Finanzierungsmodell beschrieben, ein PPP Vertrag vorgesehen. Das Modell wird treffender auch als BOT (*Build – Operate – Transfer*) Projekt bezeichnet /056/², was Aufschluss über die enthaltenen Projektphasen liefert.

Die Projektphase der Errichtung beinhaltet u.a. die Detailplanung auf Basis der Vertragsdokumente, den Bau bzw. die Herstellung, den Versand, die Installation sowie die Inbetriebsetzung und Inbetriebnahme. Die Inbetriebnahmen enden mit dem Test- und Probetrieb, sowie in vielen Fällen mit einer Abnahme, die den erfolgreichen Abschluss der Errichtungsphase markiert.

Zu diesem Zeitpunkt müssen Betreiber und Instandhalter bereits vollständig für die Übernahme ihrer Aufgaben geschult sein. Es beginnt die Betriebs- und Instandhaltungsphase. Im ersten Teil dieser Phase kann ein Gewährleistungszeitraum vereinbart werden. Ansonsten erfüllen Betreiber und Instandhalter ihre Tätigkeiten. Die Leistungsfähigkeit wird dokumentiert und ausgewertet.

Nach Ablauf des vereinbarten Zeitraums endet das Projekt mit der Übertragungsphase, d.h. der Rückübertragung an RPA bzw. der Übergabe an die

¹ Vgl. Folie II – 11: Ortsstruktur

² /056/ Boettger 2008, S.7

neue Betreiber- und Instandhaltungsorganisation. Auch im Falle einer Verlängerung des Betreibervertrages oder der Verantwortung für die Instandhaltung, endet das Projekt zum Zeitpunkt des Endes des BOT Vertrages.

Die Phasenstruktur bildet die Basis für die Projektterminplanung. Die Projektphasen verlaufen in den seltensten Fällen sequenziell.

Leistungsstruktur

Die maßgeblichen, zu erbringenden Leistungen auf der Gesamtsystemebene sind das Projektmanagement, das kaufmännische Projektmanagement, das Systemengineering, das Baustellenmanagement, das Qualitätsmanagement sowie der Betrieb und die Instandhaltung.

Die wichtigsten Eckpfeiler des Projektmanagements sind die Projektleitertätigkeit, die Terminplanung und das Dokumentationsmanagement. Aber auch die Öffentlichkeitsarbeit ist eine Disziplin des Projektmanagements.

Das kaufmännische Projektmanagement stellt den kaufmännischen Projektleiter und deckt z.B. Disziplinen ab wie die Kalkulation, die Beschaffung, das Controlling und das Vertragsmanagement. Dem Aufgabenbereich des kaufmännischen Projektmanagements wird auch die Finanzierung zugeordnet.

Der technische Schwerpunkt des Projektes liegt im Systemengineering. Disziplinen des Systemengineering sind u.a. die Systemauslegung, die Systemintegration, das Schnittstellenmanagement und das Anforderungsmanagement. Das Systemengineering leitet die Erbringung der erforderlichen technischen Nachweise, die Erlangung der notwendigen Zulassungen sowie die Durchführung der Abnahmen. Aus diesem Grunde hat das RAMS Management (*Reliability Availability Maintainability Safety*) im Rahmen des Systemengineering besondere Bedeutung.

Das Baustellenmanagement stellt den oder die Bauleiter und ist für die reibungslosen Abläufe auf der Baustelle verantwortlich. Disziplinen des Baustellenmanagements sind u.a. Baustellensicherheit, Baustellenschutz, Lagerflächenmanagement und Baustellenlogistik. Aber auch die phasenbezogenen Aufgaben des Montage- bzw. Installationsmanagements, des Inbetriebsetzungsmanagements, des Inbetriebnahmemanagements sowie des Test- und Probetriebmanagements gehören zu den Aufgabenbereichen des Baustellenmanagements.

Zu den Aufgabenbereichen des Qualitätsmanagements gehören normkonform die Aufgaben der Qualitätsplanung, Qualitätslenkung, Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung.

Die Aufgaben der Instandhaltungsorganisation umfassen die Planung und Durchführung der Gesamtheit der präventiven und korrektiven Instandhaltungsmaßnahmen, aber auch Aktivitäten zur Erhaltung des Anlagenzustands wie z.B. Aufwuchskontrolle etc. Auch das Instandhaltungstraining gehört zu den Leistungen des Instandhalters.

Auf der Seite des Betreibers müssen insbesondere folgende Leistungen erbracht werden: Betriebsleitertätigkeiten, Betriebsplanung, Betriebsdokumentation, Betriebstraining, Besetzung des Leitstands und der sog. *Local Control Rooms*, Fahrzeugführertätigkeiten, Kundenservice usw.

Eine Vielzahl von Leistungen der Instandhaltungsorganisation und des Betreibers können innerhalb der *Operation and Maintenance Company* gemeinsam organisiert

werden. Dazu zählen u.a. Aktivitäten wie Administration, Berichterstattung und *Performance Monitoring*, *Engineering*, Trainingsorganisation, IT Dienste und Sicherheitsleistungen.

Aus der Leistungsstruktur lässt sich mit Kenntnis der Projektspezifika die Organisationsstruktur ableiten. Diese ist abhängig von der Zusammensetzung der Bietergruppe bzw. im Falle eines PPP Projektes von der Zusammensetzung der *Special Purpose Company* (SPC), der *Engineering Procurement Construction Organisation* (EPC) sowie der *Operation and Maintenance Company* und soll an dieser Stelle nicht vertieft werden.

Andererseits bauen auf der Leistungsstruktur des Gesamtsystems die Leistungsstrukturen der Teilsysteme auf. Auch untereinander sind diese Leistungsstrukturen nicht identisch und vom jeweiligen Lieferumfang abhängig.

Lieferstruktur

In der Lieferstruktur finden wir nun die technische Struktur des geplanten Gesamtsystems. Sie besteht als Erstes aus der geplanten Infrastruktur: dem Fahrweg, den Tunneln, den Stationen, dem Depot sowie den *Park and Ride* Einrichtungen. Diese Bestandteile werden vom Baupartner realisiert und daher auch als „Bauteil“ bezeichnet. Die Bestandteile der Infrastruktur haben einen klaren Ortsbezug.

Als „Systeme“ werden im Gegensatz solche Bestandteile der Lieferstruktur bezeichnet, bei denen sich der Ortsbezug nicht als führendes Merkmal herstellen lässt. Zu den Systemen gehören die Signaltechnik, die Energieversorgung, die Informations- und Kommunikationseinrichtungen und das Fahrgeldmanagementsystem. Aber auch der Leitstand sowie die *Local Control Rooms* werden den Systemen zugeordnet. Die Lieferstruktur der Systeme wird im folgenden Absatz 3.6 detailliert.

Abschließend gehören natürlich die Fahrzeuge, oder auch das „Rollmaterial“, zur Lieferstruktur. Details zu den Fahrzeugen werden in Abschnitt 4.3 Fahrzeugauswahl genannt.

Aus der Lieferstruktur lässt sich nach Zuordnung von Verantwortlichkeiten und Detaillierung beim Hersteller die Produktstruktur ableiten.

3.6 Lieferstruktur Systeme

Details zu den Systemen des Projektes Dublin Metro Nord wurden im Rahmen der mündlichen Anhörung zum Antrag auf „Railway Order“ durch RPA dargestellt /023/¹.

Der Leitstand befindet sich auf dem Gelände des Depots in Belinstown². Er enthält die Arbeitsplätze für das Bedienpersonal mit Computer- und CCTV- Bildschirmen zur Verfolgung von Fahrzeug- und Passagierbewegungen. Der Leitstand verfügt über Einrichtungen zur Funkkommunikation mit den Fahrzeugführern, kann Ansagen für die Fahrgäste aktivieren und Meldungstexte auf die Anzeigetafeln schalten. Der Leitstand nimmt Notrufe entgegen und verfügt über direkte Telefonverbindungen zu den Notfalldiensten, lokalen Behörden und Einrichtungen des Verkehrs wie Irish Rail, *Dublin Airport Authority* etc. Im Notfall befindet sich im Leitstand die zentrale Koordinierungsstelle. Für diesen Fall sind entsprechende Arbeitsplätze vorgesehen.

¹ /023/ RPA 2009

² Umplanung 2010/2011

Die *Local Control Rooms* befinden sich in allen Untergrundstationen und sind zu den Betriebszeiten besetzt. In ihnen befinden sich Arbeitsplätze mit CCTV Bildschirmen zur Verfolgung der Passagierbewegungen. Von hier können z.B. die Gates überwacht und gesteuert werden und das Bedienpersonal kann Ansagen für die Fahrgäste aktivieren und Meldungstexte schalten. Die *Local Control Rooms* dienen in Notfällen als lokale Koordinierungsstellen.

Signaltechnisch gliedert sich die geplante Stadtbahnlinie in den Bereich nördlich von Swords, wo das für Straßenbahnen übliche Prinzip des „Fahrens auf Sicht“ angewandt werden soll, und der übrigen Strecke auf besonderem Gleiskörper und im Tunnel mit Blocksignalisierung¹.

Für die Zugsicherung, d.h. zur Überwachung der Fahrer hinsichtlich der Signalbeachtung und Geschwindigkeitseinhaltung, ist ein *Automatic Train Protection System* geplant. Das vorgesehene *Automatic Vehicle Location System* hingegen dient zur Erfassung und Anzeige aller Fahrzeugpositionen und soll interoperabel mit Luas funktionieren.

Energieversorgung: Das Stadtbahnssystem soll mit einer Spannung von 750 V Gleichstrom betrieben werden. Die Stromversorgung der Fahrzeuge erfolgt via Oberleitung und Stromabnehmer, im Tunnel ist eine Deckenstromschiene geplant.

Es sind 3 Unterwerke mit Einspeisungen aus dem öffentlichen Netz auf der 110 kV Ebene vorgesehen. Die Ausgänge dieser Unterwerke sind in einem 20 kV Ring verbunden. Mittelspannungsunterwerke transformieren die Spannung von 20 kV auf die Spannung von 750 V DC („Fahrstrom“) bzw. auf die Spannung von 230 V DC („Servicestrom“). Redundanzen und UPS sind im Energieversorgungssystem geplant.

Die folgenden Informations- und Kommunikationseinrichtungen sind beabsichtigt: Das *Closed Circuit Television (CCTV) System* zur Kameraüberwachung, das *Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA)* als Informationsnetzwerk sowie das mit Luas interoperable und auch zur Datenübertragung nutzbare Funksystem. Weiterhin sind ein Notruf Telefonsystem, ein Telefonsystem (Information), das Fahrgastinformationssystem sowie das Ansagensystem vorgesehen. Mit Hilfe des Gebäudeservice-Managementsystems soll die Überwachung und Steuerung von Aufzügen, Fahrtreppen, Beleuchtung und Lüftung erfolgen.

Das geplante Fahrgeldmanagementsystem soll volle Kompatibilität zu dem für Dublin derzeit entwickelten Integrierten Ticket Service (ITS) besitzen. Während, ähnlich wie bei Luas, die ebenerdigen Stationen einen freien Zugang zu den Bahnsteigen besitzen, sind in den Untergrundstationen an den Ein- und Ausgängen *Gates* vorgesehen. Diese können mit dem Ticket passiert werden. An den Ausgängen werden die Fahrausweise entwertet. Den Kern des Fahrgeldmanagementsystems bilden die Fahrscheinautomaten.

3.7 Interessengruppen/ Stakeholder

Die enge Abstimmung des Projektes mit den Interessengruppen, engl. auch als *Stakeholder* bezeichnet, wird als maßgeblich für den Projekterfolg und die Akzeptanz des geplanten Stadtbahnsystems bewertet. Es wird allerdings beobachtet, dass

¹ Vgl. Folie III – 9: Simulationsmodell (Vereinfachte Streckendarstellung)

dieser Sachverhalt im Projektalltag durch Fokussierung auf den Auftraggeber oft nicht ausreichend Berücksichtigung findet. Während sich die Aktivitäten des Qualitätsmanagements auf die erforderliche Sicherung interner Abläufe konzentrieren, sollten direkte, kundenbezogene Maßnahmen gestärkt werden.

„*Quality is meeting customers expectations and demands*“/013/¹ (Qualität ist die Erfüllung von Erwartungen und Forderungen der Kunden), wobei insbesondere der Fahrgast und im weiteren Sinne die Interessengruppen als Kunden berücksichtigt werden müssen. Aus diesen Gründen sollen an dieser Stelle die Interessengruppen des Projektes Dublin Metro Nord genannt werden.

Die wichtigste Interessengruppe setzt sich aus den Anwohnern und den zukünftigen Nutzern und deren Interessenvertretungen, z.B. der Vertretung der Berufspendler, zusammen.

Gleichermaßen von Bedeutung sind Wirtschaftsunternehmen und ihre Repräsentanten, insbesondere Unternehmen im Korridor, aber auch die am Projekt beteiligten Unternehmen und z.B. die Handelskammer.

Auf der Regierungsebene bilden die Ministerien der Regierung, insbesondere das Verkehrsministerium und das Finanzministerium eine Interessengruppe, die auf der Ebene der lokalen Verkehrsadministration z.B. durch die *Railway Procurement Agency* (RPA), aber auch durch das *Dublin Transportation Office* (DTO) ergänzt wird.

Weitere *Stakeholder* sind die Regulierungsbehörden, z.B. die Kommission für Sicherheit im Eisenbahnverkehr (RSC), das Bildungswesen, insbesondere die an der Strecke gelegene Universität Dublin (DCU), aber auch das Gesundheitswesen, z.B. durch das mit der Strecke angebundene Krankenhaus Mater.

Die anderen Verkehrsanbieter Dublins und Irlands bilden eine weitere Interessengruppe, von denen insbesondere Irish Rail, Veolia Transport und die *Dublin Airport Authority* (DAA) zu nennen wären.

Abschließend sollen noch die örtlichen Versorgungsunternehmen, z.B. der lokale Energieversorger, aber auch die Organe der öffentlichen Ordnung und Sicherheit (Polizei, Feuerwehr) genannt werden. Die Abstimmung mit dieser Interessengruppe ist von besonderer Bedeutung.

3.8 Bietergruppen

Die folgenden vier Bietergruppen wurden in der Präqualifikation für die Abgabe von Angeboten an die RPA nominiert /049/²:

Cathró, mit den Teilnehmern 1. Fluor Ireland Ltd., 2. Siemens Project Ventures GmbH, 3. BAM PPP, 4. Strabag AG. Als Fahrzeuglieferant dieser Bietergruppe qualifizierte sich Siemens Ltd. Ireland und als Betreiber Veolia Transport Ireland Ltd.

Celtic Metro Group, mit den Teilnehmern 1. Mitsui & Co. Ltd., 2. Grupo Soares da Costa S.G.S. SA, 3. Obrascon Huarte Lain, 4. Barclays Private Equity Limited, 5. Iridium Concesiones de Infraestructuras, SA. Der geplante Fahrzeuglieferant

¹ /013/ Prof. Sondermann, Technische Fachhochschule Berlin 1999

² /049/ RPA 2008

dieser Bietergruppe ist Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles SA (CAF) und der Betreiber MTR Corporation Ltd.

Dublin Express Link, mit den Teilnehmern 1. Acciona SA, 2. Alstom Transport SA, 3. HSBC Infrastructure Fund Management Limited, 4. Bouygues Travaux Publics, 5. Meridiam Infrastructure Finance SARL, 6. SIAC Construction Ltd. Der geplante Fahrzeuglieferant war Alstom Transport SA und der Betreiber die Keolis SA.

Metro Express, mit den Teilnehmern 1. Global via Infraestructuras SA, 2. Macquarie Capital Group Limited, 3. Bombardier Transportation (Holdings) UK Ltd., 4. Allied Irish Banks p.l.c. Der nominierte Fahrzeuglieferant dieser Gruppe ist Bombardier Transportation (Holdings) UK Ltd. und der Betreiber Transdev RATP.

Am 30.08.2009 gab RPA bekannt, dass sich die Bietergruppen Celtic Metro Group und Metro Express erfolgreich für die letzte Phase des Ausschreibungsverfahrens, die sogenannte *Best and Final Offer* (BAFO) Phase, qualifiziert haben /016/¹.

Damit hat sich Siemens nicht für die nächste Runde qualifiziert.

Aber auch Veolia Transport, der erfolgreiche Betreiber des Luas Systems in Dublin, ist damit als potentieller Betreiber ausgeschieden. In diesem Zusammenhang ist es allerdings interessant anzumerken, dass gem. /015/² zwischenzeitlich Veolia Transport die Firma Transdev übernommen hat. Und Transdev hat es gemeinsam mit Fa. Bombardier in der Bietergruppe Metro Express in die BAFO Phase geschafft: ein Beispiel für die Dynamik im hart umkämpften europäischen Markt für Betreiberleistungen im spurgeführten Personennahverkehr.

3.9 Projektstand

Die Informationen zum Projektstand sollen mit einer kurzen Darstellung der Historie, beginnend im Jahr 2003 bis zum Jahr 2007, eingeleitet werden.

In den Jahren 2003 und 2004 wurde, beauftragt durch die *Railway Procurement Agency* (RPA), von der Firma Parsons Brinckerhoff die Machbarkeitsstudie für die Streckenführung erarbeitet.

Nach einer Projektunterbrechung erfolgte im Jahr 2005 die Wieder-Mobilisierung des RPA Projektteams. Im Jahr 2006 wurde der Beginn öffentlicher Konsultationen bekanntgegeben, die Erarbeitung des Referenzdesigns begann, es erfolgte die Routenauswahl sowie die Auswahl des Finanzierungsmodells (PPP).

Die Arbeiten am Referenzdesign wurden 2007 abgeschlossen und es begannen die Arbeiten am Bauantrags-Design (*Railway Order Design*). Im selben Jahr begann die Erarbeitung der „Umweltverträglichkeitsstudie“ (*Environmental Impact Statement*). Im EU Amtsblatt erfolgte die Veröffentlichung der Bekanntmachung und die Präqualifikation der Bietergruppen fand statt /024/³.

Im Folgenden werden zur Verdeutlichung des Projektstandes die wichtigsten Projektmeilensteine seit 2008 dargestellt /055/⁴.

¹ /016/ RPA 30.06.2009

² /015/ Eurailpress.de 22.07.2009

³ /024/ RPA 2008

⁴ /055/ RPA 2008-2009

Am 13.05.2008 wurde durch RPA bekanntgegeben, dass die Ausschreibung mit der Aufforderung zur Angebotsabgabe an die vier präqualifizierten Bietergruppen versandt wurde. Während der Angebotsbearbeitung durch die Bietergruppen stellte RPA am 18.09.2008 den Bauantrag, d.h. den Antrag auf „*Railway Order*“, bei der Planungsaufsichtsbehörde (*An Bord Pleanála*).

Am 27.02.2009 erfolgte dann die Abgabe der Angebote der vier präqualifizierten Bietergruppen.

Am 02.03.2009 fand das Vorbereitungsmeeting der Planungsaufsichtsbehörde für das mündliche Anhörungsverfahren zum Bauantrag statt, welches am 01.04.2009 offiziell begann. Das Anhörungsverfahren war durch RPA ursprünglich für einen Zeitraum von weniger als einem Monat angesetzt /020/¹. Am 29.04.2009 wurde das Verfahren durch die Aufsichtsbehörde mit der Begründung zusätzlichen Informationsbedarfs ausgesetzt.

Im parallelen Ausschreibungsverfahren gab RPA am 30.06.2009 bekannt, dass sich die Bietergruppen Metro Express and Celtic Metro Group für die abschließende Angebotsrunde qualifiziert haben.

Am 01.10.2009 erfolgte im Bauantragsverfahren die Abgabe von zusätzlichen Unterlagen der RPA zu Umweltbeeinflussungen durch das Projekt. Daraufhin wurde am 30.11.2009 das mündliche Anhörungsverfahren wiedereröffnet. Im Rahmen des Verfahrens schlug RPA dann am 18.12.2009 Änderungen am Design der Stationen Mater, Seatown und Ballymun vor, worauf das Verfahren, vermutlich aufgrund von zusätzlichem Zeitbedarf auf Seiten der Aufsichtsbehörde, am 20.01.2010 erneut vertagt wurde.

3.10 *Vorschau*

Das Jahr 2010 wird ein entscheidendes Jahr für das Projekt Dublin Metro Nord. Es wird mit dem Abschluss des Bauantragsverfahrens und dem Erhalt der Bauerlaubnis gerechnet. Damit können die Bauvorbereitungsarbeiten (*Enabling Works*) beginnen.

Im Ausschreibungsverfahren ist zu erwarten, dass mit der Unterzeichnung der Verträge die „*Best and Final Offer*“ Phase erfolgreich abgeschlossen wird und darauf aufbauend der „*Financial Close*“ für die Finanzierung erreicht wird.

Somit könnte der Baubeginn im 2. Halbjahr 2010 erfolgen und damit die bis ca. 2012 andauernde Kernzeit für die Bauaktivitäten beginnen. Daran anschließend beginnt dann die Kernzeit für die Errichtung der übergreifenden Systeme wie z.B. der Signaltechnik, der Elektrifizierung und der Kommunikationssysteme.

Mit dem Abschluss der Inbetriebnahmen und des Testbetriebs könnte dann im Jahr 2014 gerechnet werden. Nach dem Abschluss des folgenden Probetriebs wäre dann, nach einer Errichtungsphase von insgesamt 4-5 Jahren², im Jahre 2015 die Betriebsaufnahme im Regelbetrieb möglich.

Die Rückübertragung des Verkehrssystems, bzw. ggf. eine Verlängerung von Betreibervertrag und Instandhaltungsauftrag, würde bei Einhaltung des genannten Zeitrahmens im Jahr 2040 erforderlich werden.

¹ /020/ RPA 2009

² Vergleiche Bauzeit Luas Linien A/B ca. 4 Jahre /061/

4 Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Im dritten Schritt der Systemanalyse wird insbesondere in Anlehnung an die Vorgehensweise in /029/¹ eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung des Projektes durchgeführt. Die angewandte Methodik ist gekennzeichnet durch eine klare Strukturierung und effektive Prozessorientierung sowie die Einbindung eines wissenschaftlichen Simulationsverfahrens für die geplanten Systemeigenschaften betrieblichen Abläufe (OpenTrack).

Zur Durchführung der Berechnungen wurde ein separates Tool in Microsoft Excel aufgebaut, welches nunmehr auch für den Einsatz in Folgeprojekten nutzbar ist².

Die Vorgehensweise gliedert sich in folgende Teilschritte:

1. Ermittlung der Inputdaten
2. Darstellung errechneter Ausgangsgrößen
3. Fahrzeugauswahl
4. Darstellung der ermittelten Betriebsdaten
5. Systemkenngrößen Invest
6. Errechnete Investitionskosten
7. Systemkenngrößen Betrieb und Instandhaltung
8. Kosten Betrieb und Instandhaltung
9. Ergebnis

Der Abschnitt endet mit der Diskussion der Ergebnisse, welche eine Sensitivitätsbetrachtung beinhaltet.

4.1 Inputdaten

In der Projektdarstellung in Abschnitt 3 wurden maßgebliche Projektkenndaten bereits weitgehend beschrieben. An dieser Stelle werden genau die Daten genannt, auf denen die nächsten Schritte der Wirtschaftlichkeitsabschätzung aufbauen.

Das System soll für ein jährliches Verkehrsaufkommen (V_a) von 34 Millionen Fahrgästen sowie für ein Verkehrsaufkommen in der Spitzenstunde (V_{hmax}) von 10 000 Fahrgästen pro Richtung ausgelegt werden. Die Wahl des Verkehrssystems erfolgte durch RPA. Die Verkehrsaufgabe soll demnach mit einer, zu großen Teilen im Tunnel verlaufenden, Stadtbahn erfüllt werden³.

Die Streckenlänge (L) beträgt ca. 18 Kilometer, davon verlaufen ca. 9 Kilometer im Tunnel (L_{Tunnel}). Insgesamt sollen entlang der Strecke 17 Stationen (S) errichtet werden:

2 Endstationen (S_{end}) und 15 Zwischenstationen ($S_{zwischen}$). Das Gesamtsystem beinhaltet ein Depot.

Die Betriebszeit (T) soll insgesamt täglich 20 Stunden betragen. Davon zählen 4 Stunden zur Hauptverkehrszeit (T_{haupt}) und 16 Stunden zur Nebenverkehrszeit (T_{neben}). In der Hauptverkehrszeit soll eine Zugfolgezeit (t_{haupt}) von 4 Minuten und in der Nebenverkehrszeit eine Zugfolgezeit (t_{neben}) von 8 Minuten angeboten werden.

¹ /029/ SHI 2007

² Vgl. Anlage 1: Algorithmus zur vereinfachten Wirtschaftlichkeitsabschätzung

³ Vgl. Folie III-21: Systemauswahl

Für die Endstation sind Haltezeiten/Kehrzeiten (t_{haltEnd}) von 3 Minuten vorgesehen und an den Zwischenstationen betragen die Haltezeiten ($t_{\text{haltZwischen}}$) ca. 30 Sekunden.

Als erzielbarer Fahrpreis je Fahrgast (X_{Preis}) wurde, in Anlehnung an den bei Luas erzielten Fahrpreis, 1,70 Euro ermittelt¹. Der Grundpreis für Elektroenergie (K_{elGrund}) beträgt ca. 3050 €/a und der Arbeitspreis (K_{elArbeit}) 0,17 €/kWh /070/²³. Durchschnittliche wöchentliche Kosten pro Betriebsmitarbeiter betragen 913,07 Euro (K_{wOMA}). Die durchschnittliche Wochenarbeitszeit ($t_{\text{ØMAWoche}}$) beträgt 43 Stunden /071/⁴.

4.2 Errechnete Ausgangsgrößen

Aus den genannten Inputdaten lassen sich unter Verwendung der Basisformeln die erforderlichen Ausgangsgrößen für die folgenden Prozessschritte errechnen.

Somit ergibt sich ein mittleres Fahrgastaufkommen pro Stunde von 2329 Fahrgästen. Pro Tag werden 362 Zugfahrten durchgeführt, das sind 181 Zugfahrten pro Tag und Richtung. 2,38 Millionen Zugkilometer werden pro Jahr zurückgelegt. Das entspricht einer Verkehrsleistung von 612 Millionen Personenkilometern pro Jahr.

Unter Berücksichtigung der erforderlichen Kapazität in der Spitzenstunde ist eine Fahrgastkapazität von 667 Personen je Zug erforderlich. Im Jahresmittel ergibt sich eine erforderliche durchschnittliche Kapazität je Zug von 257 Fahrgästen.

Verwendete Basisformeln:

mittleres Fahrgastaufkommen pro Stunde:

$$V_{\text{hmitl}} = \frac{V_a}{365 * T} \quad (4.1)$$

Anzahl Zugfahrten je Tag:

$$Z_d = \frac{T_{\text{haupt}}}{t_{\text{haupt}}} + \frac{T_{\text{neben}}}{t_{\text{neben}}} \quad (4.2)$$

Anzahl Zugfahrten je Tag und Richtung:

$$Z_{\text{dR}} = \frac{Z_d}{2} \quad (4.3)$$

Laufleistung pro Jahr und Zug:

$$L_{\text{aZug}} = L * Z_d * 365 \quad (4.4)$$

Verkehrsleistung pro Jahr:

$$P = V_a * L_{\text{aZug}} \quad (4.5)$$

Erforderliche maximale Fahrgastkapazität je Zug:

$$C_{\text{Zug}} = \frac{V_{\text{hmax}}}{(60 / t_{\text{haupt}})} \quad (4.6)$$

Durchschnittliche jährliche Fahrgastkapazität je Zug:

$$C_{\text{ØZug}} = \frac{V_a}{Z_d * 365} \quad (4.7)$$

¹ Vgl. Folie III-22: Erzielbarer Fahrpreis – Untersuchung anhand Luas

² /070/ Commission for Energy Regulation; 2006

³ Vgl. Folie III-23: Preise Elektroenergie Republik Irland

⁴ /071/ Central Statistics Office 2009

4.3 Fahrzeugauswahl

Anhand der bekannten Rahmenbedingungen und in Kenntnis der errechneten Ausgangsgrößen ist nunmehr die Auswahl des für die Verkehrsaufgabe geeigneten Fahrzeugs möglich.

Im konkreten Fall sollen Fahrzeuge der Plattform Combino der Fa. Siemens zum Einsatz kommen.

Als Auslegungskriterium wird der Lastfall mit 5 Personen je Quadratmeter Stehfläche gewählt. Die Fahrzeuglänge beträgt 45 Meter und die Fahrzeugmasse beträgt unter Berücksichtigung des Auslegungskriteriums 87 Tonnen.

Die Höchstgeschwindigkeit liegt bei 80 km/h, die maximale Beschleunigung wird mit $1,45 \text{ m/s}^2$ angegeben und die maximale Verzögerung beträgt $1,6 \text{ m/s}^2$. Die maximale Zugkraft liegt bei 140 kN. Diese Werte sind in dem für das Fahrzeug charakteristischen Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm¹ abgebildet.

Zur Erfüllung der Verkehrsaufgabe sollen je 2 Fahrzeuge (n_N) einen Zugverband in Doppeltraktion bilden. Die Fahrgastkapazität je Zugverband (C_{Zugist}) wird mit 670 Personen angegeben.

Als Reserve für den Betrieb und die Instandhaltung (n_{reserve}) sollen 6 zusätzliche Fahrzeuge² vorgehalten werden.

4.4 Betriebsdaten

Die folgenden Betriebsdaten wurden mit Unterstützung des Simulationstools OpenTrack ermittelt bzw. anhand der Simulationsergebnisse berechnet.

Eingangsgrößen in die Simulation bildeten die in den vorangegangenen Kapiteln 4.1 und 4.3 genannten Daten zur Infrastruktur, zu den Fahrzeugen und den betrieblichen Randbedingungen. Die Simulationsergebnisse wurden zudem durch die Kenntnis der Trassierungselemente (unter anderem Gradienten, Kurvenradien, betriebliche Maximalgeschwindigkeiten) sowie verschiedener spezieller Fahrzeugdaten präzisiert.

Zur Darstellung der Simulationsergebnisse dienen unter anderem die vereinfachte Streckenabbildung bzw. das Simulationsmodell³, der Bildfahrplan⁴, das Geschwindigkeit-Weg-Diagramm sowie das Energiebedarf-Weg-Diagramm⁵.

Die Fahrzeit für eine Einzelfahrt (t_{einzel}) wurde auf diese Weise, unter zusätzlicher Berücksichtigung einer Fahrzeitreserve von 6 Prozent, mit 32 Minuten ermittelt. Für einen vollständigen Umlauf werden 70 Minuten benötigt.

Mindestens 18 Zugverbände sind zur Erfüllung der Verkehrsaufgabe erforderlich. Unter Berücksichtigung der vorzuhaltenden Reservefahrzeuge wird die Anschaffung von 21 Zugverbänden, d.h. 42 Fahrzeugen empfohlen.

¹ Vgl. Folie III – 7: Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm

² D.h. 3 Züge bzw. ca. 10 Prozent der späteren Flotte

³ Vgl. Folie III – 9: Simulationsmodell bzw. Anlage 3: Simulationsmodelle

⁴ Vgl. Folie III – 10: Fahrzeit

⁵ Vgl. Folie III – 11: Geschwindigkeit und Energiebedarf

Der Traktionsenergiebedarf pro Fahrt und Richtung ($E_{\text{traktioneinzel}}$) wurde als Ergebnis der Simulation ermittelt und beträgt 250 kWh. In diesem Bedarf sind Aufstellfahrten, Kehrfahrten etc. anteilig, in Form eines pauschalen Aufschlages, berücksichtigt.

Folgende Formeln finden bei der Berechnung der Betriebsdaten Anwendung:

Umlaufzeit:

$$t_{\text{Umlauf}} = 2 * t_{\text{einzel}} + S_{\text{end}} * t_{\text{haltEnd}} \quad (4.8)$$

Erforderliche Anzahl Zugverbände im Betrieb (Spitzenstunde):

$$N_{\text{betrieb}} = \frac{t_{\text{Umlauf}}}{t_{\text{haupt}}} \quad (4.9)$$

Flottengröße Zugverbände:

$$N_{\text{Flotte}} = N_{\text{betrieb}} + \frac{n_{\text{reserve}}}{n_N} \quad (4.10)$$

Flottengröße Fahrzeuge:

$$n_{\text{Flotte}} = N_{\text{Flotte}} * n_N \quad (4.11)$$

4.5 Systemkenngrößen Invest

Zur späteren Abschätzung der Investitionskosten ist eine genaue Kenntnis der investitionsbezogenen Systemkenngrößen erforderlich. Die in diesem Abschnitt dargestellten Werte basieren im Wesentlichen auf den im IFB Berlin vorliegenden Erfahrungswerten bzw. auf Daten der Siemens AG, Mobility Division.

Für das betreffende Stadtbahnssystem mit 50 Prozent Tunnelstrecke kann von Gesamtkosten (J_{gesamt}) in Höhe von ca. 180 Millionen Euro je Doppelkilometer ausgegangen werden.

Der Anteil der Baukosten (J_{Bau}) an den Gesamtkosten beträgt dabei ca. 60 Prozent. Darin enthalten sind z.B. Kosten für die Stationsbauten, den Fahrweg, die *Park and Ride* Einrichtungen sowie die Kosten für Tunnelbohrmaschinen¹.

Elektrische und mechanische Systeme haben einen Anteil ($J_{\text{E\&M}}$) von ca. 17,5 Prozent. Darin enthalten sind z.B. das Stromversorgungssystem, die Signalisierungstechnik sowie Informations- und Kommunikationssysteme².

Für die Kosten der Fahrzeuge (J_{RST}), des Depot (J_{Depot}) sowie des Projekt- und Inbetriebnahmemanagements (J_{PM}) sind jeweils ca. 5 Prozent zu berücksichtigen.

Sonstige Kosten machen einen Anteil (J_{sonst}) von 7,5 Prozent der Gesamtkosten aus. Darin enthalten sind Kostenblöcke wie z.B. Bau- und Montageversicherungen, Nutzungsgebühren, Planungskosten und –gebühren, sowie Risikozuschläge.

¹ Vgl. Folie III – 24: Detaillierung Systemkenngrößen Bau

² Vgl. Folie III – 25: Detaillierung Systemkenngrößen E&M Systeme

4.6 Investitionskosten

Die zu erwartenden Investitionskosten für das Stadtbahnssystem können somit wie folgt abgeschätzt werden:

Die Gesamtkosten betragen ca. 3,24 Milliarden Euro. Davon entfallen ca. 1,94 Milliarden Euro auf den Anteil der Baukosten. Elektrische und mechanische Systeme kosten ca. 567 Millionen Euro. Für die Fahrzeugflotte müssen ca. 162 Millionen Euro eingeplant werden, das sind ca. 3,86 Millionen Euro je Fahrzeug. Die Investitionskosten für das Depot betragen ca. 162 Millionen Euro.

Für das Projekt- und Inbetriebnahmemanagement müssen ebenfalls Kosten in Höhe von ca. 162 Millionen Euro eingeplant werden. Der Kostenblock „Sonstiges“ beträgt ca. 243 Millionen Euro.

Folgende Formeln kommen bei der Berechnung der Investitionskosten zur Anwendung:

Gesamtkosten:

$$K_{gesamt} = J_{gesamt} * L \quad (4.12)$$

Baukosten:

$$K_{Bau} = J_{Bau} * K_{gesamt} \quad (4.13)$$

Kosten für elektrische und mechanische Systeme:

$$K_{E\&M} = J_{E\&M} * K_{gesamt} \quad (4.14)$$

Kosten für die Fahrzeuge:

$$K_{RST} = J_{RST} * K_{gesamt} \quad (4.15)$$

Kosten Depot:

$$K_{Depot} = J_{Depot} * K_{gesamt} \quad (4.16)$$

Kosten Projekt- und Inbetriebnahmemanagement:

$$K_{PM} = J_{PM} * K_{gesamt} \quad (4.17)$$

Sonstige Kosten:

$$K_{sonst} = J_{sonst} * K_{gesamt} \quad (4.18)$$

4.7 Systemkenngrößen Betrieb und Instandhaltung

Die Kenntnis der Systemkenngrößen Betrieb und Instandhaltung ist erforderlich, um im nächsten Schritt die Kosten für Betrieb und Instandhaltung abschätzen zu können. Auch die in diesem Abschnitt dargestellten Kenngrößen basieren im Wesentlichen auf den im IFB Berlin vorliegenden Erfahrungswerten bzw. auf Daten der Siemens AG, Mobility Division.

Die jährlichen Instandhaltungskosten für den Bauteil (M_{aBau}) werden als ca. 0,1 Prozent der Investitionskosten Bau abgeschätzt. Die jährlichen Instandhaltungskosten für die elektrischen und mechanischen Systeme ($M_{aE\&M}$) betragen ca. 2,5 Prozent, bezogen auf ihre Investitionskosten. Dieser Wert ist auch für Instandhaltungskosten der Fahrzeuge (M_{aRST}) anzunehmen.

Je Zugverband werden im konkreten Anwendungsfall 10 Mitarbeiter als erforderliches Betriebspersonal (n_{OMAZug}) eingeplant.

Der Anteil des Nebenenergiebedarfs am Gesamtenergiebedarf ($E_{\text{nebenProzent}}$) beträgt ca. 30 Prozent.

Für Versicherungen und sonstige Kosten sind jährlich je ca. 2 Prozent (M_{avers} , M_{asonst}) der Gesamtkosten für Betrieb und Instandhaltung einzuplanen.

4.8 Kosten Betrieb und Instandhaltung

Die zu erwartenden Kosten für Betrieb und Instandhaltung können somit wie folgt abgeschätzt werden:

Die jährlichen Instandhaltungskosten für den Bauteil werden mit 1,94 Millionen Euro berechnet. Für die Instandhaltung der elektrischen und mechanischen Systeme müssen ca. 14,18 Millionen Euro eingeplant werden. Die Summe der jährlichen Instandhaltungskosten für die Fahrzeuge wird ca. 4,05 Millionen Euro betragen.

Damit ergeben sich jährliche Gesamtkosten für die Instandhaltung von ca. 20,17 Millionen Euro¹.

Für die Betriebsdurchführung sind ca. 210 Mitarbeiter erforderlich, wodurch Personalkosten in Höhe von ca. 10,16 Millionen Euro verursacht werden.

Der jährliche Traktionsenergiebedarf errechnet sich zu ca. 33 GWh. Der Gesamtenergiebedarf beträgt 47 GWh pro Jahr. Damit sind jährlich ca. 8 Millionen Euro an Energiekosten einzuplanen.

Anhand dieser Werte berechnen sich die jährlichen Grundkosten für Betrieb und Instandhaltung, inkl. Energiekosten, als ca. 58,53 Millionen Euro.

Zusätzlich müssen Aufwendungen in Höhe von je ca. 1,22 Millionen Euro für Versicherungen und für sonstige Kosten eingeplant werden.

Folgende Formeln kommen bei der Berechnung der jährlichen Kosten für Betrieb und Instandhaltung zur Anwendung:

Instandhaltungskosten für den Bauteil pro Jahr:

$$K_{aIHBau} = M_{aBau} * K_{Bau} \quad (4.19)$$

Instandhaltungskosten für elektrische und mechanische Systeme pro Jahr:

$$K_{aIHE\&M} = M_{aE\&M} * K_{E\&M} \quad (4.20)$$

Instandhaltungskosten für die Fahrzeuge pro Jahr:

$$K_{aIHRST} = M_{aRST} * K_{RST} \quad (4.21)$$

Gesamtkosten für die Instandhaltung pro Jahr:

$$K_{aIHgesamt} = \sum K_{aIH} = K_{aBau} + K_{aE\&M} + K_{aRST} \quad (4.22)$$

Anzahl erforderlicher Mitarbeiter für die Betriebsdurchführung:

$$n_{OMA} = n_{OMAZug} * N_{Flotte} \quad (4.23)$$

Personalkosten Betrieb pro Jahr:

$$K_{aOMA} = n_{OMA} * K_{wOMA} * 53\text{Wochen} \quad (4.24)$$

¹ Anmerkung: Erfahrungswerte belegen, dass bezüglich der Instandhaltungskosten von einem Verhältnis von Materialkosten zu Personalkosten zwischen 70 Prozent zu 30 Prozent und 60 Prozent zu 40 Prozent ausgegangen werden kann.

Traktionsenergiebedarf pro Jahr:

$$E_{aTraktion} = E_{traktioneinzel} * Z_d * 365Tage \quad (4.25)$$

Nebenenergiebedarf pro Jahr:

$$E_{aneben} = \frac{E_{neben\%} * E_{aTraktion}}{(100\% - E_{neben\%})} \quad (4.26)$$

Gesamtenergiebedarf pro Jahr:

$$E_{agesamt} = \sum E_a = E_{aneben} + E_{aTraktion} \quad (4.27)$$

Gesamtkosten Elektroenergie pro Jahr:

$$K_{aEnergie} = K_{elGrund} + K_{elArbeit} * E_a \quad (4.28)$$

Grundkosten für Betrieb und Instandhaltung, inkl. Energiekosten, pro Jahr:

$$K_{aGrundO\&M} = K_{alH} + K_{aOMA} + K_{aEnergie} \quad (4.29)$$

Versicherungskosten pro Jahr:

$$K_{avers} = \frac{M_{avers} * K_{aGrundO\&M}}{(100\% - M_{avers} - M_{asonst})} \quad (4.30)$$

Sonstige Kosten pro Jahr:

$$K_{asonst} = \frac{M_{asonst} * K_{aGrundO\&M}}{(100\% - M_{avers} - M_{asonst})} \quad (4.31)$$

4.9 Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Die Gesamtkosten für Betrieb und Instandhaltung pro Jahr errechnen sich aus der Summe von jährlichen Grundkosten, Versicherungskosten und sonstigen Kosten. Als jährliche Gesamtkosten für Betrieb und Instandhaltung werden ca. 60,96 Millionen Euro ermittelt.

Dieser Summe stehen Erlöse in Höhe von 57,80 Millionen Euro gegenüber.

Damit ergibt sich ein vorläufiger Wirtschaftlichkeitsfaktor kleiner als 1,00. Er beträgt für den konkreten Anwendungsfall 0,95, d.h. unter den dargestellten Randbedingungen lässt sich das System nicht wirtschaftlich betreiben.

Die folgenden Formeln kommen zur Anwendung:

Gesamtkosten Betrieb und Instandhaltung pro Jahr:

$$K_{agesamt} = \sum K_a = K_{aGrundO\&M} + K_{avers} + K_{asonst} \quad (4.32)$$

Einnahmen pro Jahr:

$$X_a = X_{Preis} * V_a \quad (4.33)$$

Wirtschaftlichkeitsfaktor:

$$W = \frac{X_a}{K_{agesamt}} \quad (4.34)$$

Anmerkung:

Es wurde an dieser Stelle bewusst darauf verzichtet, durch die nachträgliche Modifikation von Inputdaten oder Zwischenergebnissen einen Wirtschaftlichkeitsfaktor von größer/gleich 1,00 zu erreichen. Mit Hilfe der folgenden Sensitivitätsbetrachtung wird vielmehr untersucht, welchen Einfluss solche Anpassungen von Einzelwerten auf das Gesamtergebnis haben. Erst im Anschluss

an diese Untersuchung lassen sich dann abschließende Aussagen zur Wirtschaftlichkeit treffen.

4.9.1 Diskussion der Ergebnisse

Der Wirtschaftlichkeitsfaktor liegt nahe 1,00. Dies lässt vermuten, dass durch geringe Modifikationen von Inputdaten oder Zwischenergebnissen ein positives Ergebnis erzielt werden könnte. Mit Hilfe des in der Einleitung zu Kapitel 4 genannten Microsoft Excel Tools wurde daher im Folgenden untersucht, um wie viel Prozent ausgewählte Werte modifiziert werden müssten, um im Gesamtergebnis einen Wirtschaftlichkeitsfaktor von 1,00 zu erreichen.

Für die Durchführung der Sensitivitätsbetrachtung wurden die folgenden beeinflussbaren Werte zur Modifikation ausgewählt: erzielbarer Fahrpreis, Traktionsenergiebedarf je Fahrt und Richtung, jährliche Instandhaltungskosten der elektrischen und mechanischen Systeme, jährliche Instandhaltungskosten Fahrzeuge, Anzahl erforderlicher Betriebsmitarbeiter je Zug und Zusatzeinnahmen.

Sensitivitätsbetrachtung:

Der erzielbare Fahrpreis pro Fahrgast wurde in Anlehnung an Luas mit 1,70 Euro angenommen. Zur Erreichung des Wirtschaftlichkeitsfaktors 1,00 wäre ein modifizierter Fahrpreis pro Fahrgast von 1,80 Euro erforderlich. Die erforderliche Modifikation beträgt 6 Prozent.

Der Traktionsenergiebedarf pro Fahrt und Richtung wurde mit ca. 250 kWh ermittelt. Zur Erreichung des Wirtschaftlichkeitsfaktors 1,00 wäre ein geringerer Traktionsenergiebedarf von ca. 164 kWh erforderlich. Die erforderliche Modifikation beträgt -34,4 Prozent.

Die jährlichen Kosten für die Instandhaltung der elektrischen und mechanischen Systeme wurden mit ca. 2,5 Prozent der betreffenden Investitionskosten angenommen. Zur Erreichung des Wirtschaftlichkeitsfaktors 1,00 wäre eine Verringerung der Kosten auf 2,25 Prozent des Investitionswertes erforderlich. Die erforderliche Modifikation beträgt -10 Prozent.

Die jährlichen Kosten für die Instandhaltung der Fahrzeuge wurden mit ca. 2,5 Prozent der betreffenden Investitionskosten angenommen. Zur Erreichung des Wirtschaftlichkeitsfaktors 1,00 wäre eine Verringerung der Kosten auf 1,6 Prozent des Investitionswertes erforderlich. Die erforderliche Modifikation beträgt -36 Prozent.

Die erforderliche Anzahl Betriebspersonale je Zugverband wurde mit ca. 10 Mitarbeitern angenommen. Zur Erreichung des Wirtschaftlichkeitsfaktors 1,00 wäre eine Verringerung dieses Wertes auf 7 Mitarbeiter erforderlich. Die erforderliche Modifikation beträgt -30 Prozent.

Die Generierung von Zusatzeinnahmen wurde bisher nicht berücksichtigt. Durch Zusatzeinnahmen in Höhe von 3,16 Millionen Euro pro Jahr könnte ein Wirtschaftlichkeitsfaktor von 1,00 erreicht werden.

Als Ergebnis der Untersuchung kann also festgestellt werden, dass große Sensitivität hinsichtlich des erzielbaren Fahrpreises pro Fahrgast sowie der Instandhaltungskosten der Systeme besteht. Der Wirtschaftlichkeitsfaktor 1,00 ist durch eine geringe Veränderung dieser Startwerte erreichbar (kleiner/gleich 10 Prozent).

Geringe Sensitivität besteht hinsichtlich der erforderlichen Traktionsenergie, der Instandhaltungskosten für die Fahrzeuge sowie der Anzahl Betriebsmitarbeiter je Zug. Bei diesen Werten ist eine große Veränderung der Startwerte erforderlich (größer/gleich 30 Prozent), um einen Wirtschaftlichkeitsfaktor von 1,00 zu erreichen.

Endergebnis

Die Sensitivitätsbetrachtung zeigt, dass das geplante Verkehrssystem wirtschaftlich betrieben werden kann. Dazu ist z.B. ein gegenüber dem existierenden Straßenbahnsystem um 6 Prozent höherer durchschnittlicher Fahrpreis anzusetzen. Dieser höhere Fahrpreis wird aufgrund der größeren Leistungsfähigkeit der geplanten Stadtbahn als vertretbar bewertet.

4.9.2 Diskussion der Vorgehensweise

Das Verfahren liefert im Rahmen der wissenschaftlichen Projektanalyse hinreichend genau Informationen zu den wichtigen Kostenblöcken sowie den zu erwartenden Erlösen. Der Wirtschaftlichkeitsfaktor zeigt, ob das System wirtschaftlich betrieben werden kann. Die Höhe der Investitionskosten fließt in die Betrachtung ein, wird aber bei der Ermittlung des Wirtschaftlichkeitsfaktors nicht primär berücksichtigt.

Die Vorgehensweise stellt eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung dar. Die Systemkenngößen Invest sowie Betrieb und Instandhaltung sind Erfahrungswerte und unterliegen breiten Streuungen. Die Systemkenngößen sind von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig, wie z.B.:

- Art des Projektes
- Projektvolumen
- kundenspezifische Einwirkungen
- herstellerepezifische Einwirkungen
- Projektstruktur.

Allgemeingültigkeit kann daher aus den genannten Systemkenngößen nicht generell abgeleitet werden.

Der Bezug der Systemkenngößen Instandhaltung auf die Investitionskosten berücksichtigt nicht den Sachverhalt, dass meist durch höhere Startinvestitionen geringere Instandhaltungskosten erreicht werden können und umgekehrt.

Aufbauend auf der Wirtschaftlichkeitsabschätzung lassen sich anhand der Kenntnis der geplanten Lebensdauern auch die Lebenszykluskosten abschätzen, z.B. in einem weiteren Prozessschritt.

5 Funktionenanalyse Gesamtsystem und *Value Engineering*

Im folgenden Kapitel, welches den vierten Schritt der Systemanalyse beschreibt, werden Optimierungspotentiale aufgedeckt. Die Vorschläge zur Optimierung sind dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Wertsteigerung des Gesamtsystems Dublin Metro Nord führen. Um die dafür erforderliche Verbesserung von Systemfunktionen bewerten zu können, wird eine Funktionenanalyse für das Gesamtsystem durchgeführt.

Systemfunktionen werden heute in der Praxis zumeist in Baumstrukturen dargestellt. Dabei werden Funktionen nicht weiter nach ihren Arten unterschieden und Benennungen erfolgen routinemäßig.

Die Anwendung von Baumstrukturen auf Gesamtsysteme des spurgeführten Verkehrs stößt allerdings aufgrund der Komplexität dieser Systeme an ihre Grenzen. Dies wird durch unerwünschte Überschneidungen von Funktionenstrukturen mit Produktstrukturen und Leistungsstrukturen deutlich, beeinträchtigt die technische Lösungsfindung und kann in den Projekten zu einem erhöhten Aufwand führen.

Mit der Durchführung der Funktionenanalyse und der Erstellung des *Function Analysis System Technique (FAST)* Diagramms für das Projekt Dublin Metro Nord wurde in dieser Hinsicht Basisarbeit geleistet. Die Ergebnisse mögen u.U. trivial erscheinen und bedürfen in den Details ggf. der Vertiefung in interdisziplinären Teams, sind aber das Resultat einer systematischen, nachvollziehbaren und wissenschaftlichen Untersuchung auf der Gesamtsystemebene. Vergleichbare Darstellungen liegen bisher nicht vor.

Anhand der Funktionenanalyse und des Diagramms lassen sich Ansatzpunkte zur Systemoptimierung, insbesondere zur Wertsteigerung des Verkehrssystems ableiten. Derartige Aktivitäten werden heute im Arbeitspaket *Value Engineering* zusammengefasst. *Value Engineering* basiert auf den Grundsätzen der Wertanalyse.

5.1 Grundlagen der Funktionenanalyse

Im Jahr 1947 begründete Lawrence D. Miles die Wertanalyse (*Value Analysis, Value Engineering*). Die Methodik versteht sich als ein Wirksystem zum Lösen komplexer Probleme, für die weder eindeutige Lösungen bekannt, noch Lösungen mit Hilfe numerischer Verfahren, wie z.B. durch Rechneinsatz, möglich sind.

„Miles begriff, dass zur wesentlichen Verbesserung des Produktwertes (d.h. Verbesserung der Produktfunktion bei gleichzeitiger Kostensenkung) zuerst die Produktfunktion und die mitwirkenden Funktionen der Komponenten erfasst werden müssen.“ /007/¹. Diese Erkenntnis wird im Weiteren als Basis für die Untersuchungen zur Wertsteigerung des Gesamtsystems Dublin Metro Nord angewandt.

Einheitliche Grundsätze für die Durchführung der Wertanalyse sind in DIN 69 910 /008/² definiert. Die Methoden des *Value Engineering* basieren auf den Grundideen der Wertanalyse.

¹ /007/ AKIYAMA 1994, S.17

² /008/ Deutsches Institut für Normung 1987

Die Funktionenanalyse wiederum bildet den Kern der Wertanalyse. Die VDI Richtlinie 2 806 /009/¹ liefert einen Leitfaden für die Durchführung von Funktionenanalysen. Im Mittelpunkt der Funktionenanalyse stehen die Funktionen.

Gem. /008/² wird jede einzelne Wirkung des Wertanalyseobjektes als Funktion bezeichnet. Eine detailliertere Definition findet sich in /011/³. Demnach bezeichnet eine Funktion die charakteristische Wirkung oder den Zweck einer Betrachtungseinheit im Zusammenhang mit anderen Betrachtungseinheiten. Eine Hauptfunktion ist dabei die maßgebliche Funktion eines Produkts, einer Baugruppe oder eines Systems.

Nach Miles wird eine klar verstandene Funktion durch ein quantifizierbares Substantiv und ein transitives, d.h. zielendes, Verb beschrieben. Zur Benennung von Funktionen schreibt Miles in /012/⁴: „Obwohl das Benennen der Funktionen einfach erscheinen mag, ist genau das Gegenteil der Fall. Ihr deutliches Benennen ist so schwierig und erfordert so viel Exaktheit im Denken, dass man sich wirklich davor hüten muss, die Aufgabe aufzugeben bevor sie erfüllt ist.“

Gemäß /009/⁵ sollte „die Benennung von Funktionen [...] keinesfalls im realen Bereich bleiben (dann wäre sie keine Funktion, sondern verbale Beschreibung der Realität), sondern sie sollte an der Grenze zwischen ikonischem und symbolischem Bereich liegen“.⁶

Aus diesem Grund wird in den folgenden Abschnitten besonderes Augenmerk auf die korrekte Benennung der Funktionen des Gesamtsystems gelegt sowie in Absatz 5.2.2 die Formulierung der Funktionen überprüft.

5.2 Funktionenanalyse Gesamtsystem

5.2.1 Sammlung von Funktionen

Im ersten Schritt der Funktionenanalyse wurden im Brainstorming bzw. in Interviews Funktionen des Gesamtsystems formuliert und gesammelt. Im Mittelpunkt steht dabei die Wirkung des Systems auf den Fahrgast bzw. die beteiligten Interessengruppen. Zur Sammlung der Funktionen wurde eine Datenbank angelegt (Microsoft Excel; siehe Anlage 2: FAST Datenbank und Diagramme)

Die Sammlung der Funktionen erfolgte bewusst unsystematisch, u.a. um frei von Konventionen zu sein und den Untersuchungsrahmen nicht einzuschränken. Die Funktionen wurden alphabetisch sortiert und erhielten eine laufende Nummer.

Beispielhaft sollen die folgenden, auf diese Weise ermittelten, Gesamtsystemfunktionen genannt werden:

- 1 "auf Sicht" fahren
- 2 am Straßenverkehr teilnehmen
- 3 Antrieb regeln
- 4 Arbeitsplätze schaffen

¹ /009/ Verein Deutscher Ingenieure 1996

² /008/ Deutsches Institut für Normung 1987, S.2

³ /011/ Deutsches Institut für Normung 2001, S.3

⁴ Miles 1961

⁵ Verein Deutscher Ingenieure 1996, S.5

⁶ Vgl. Folie IV – 30: Funktionenbenennung

- 5 Ästhetik bieten
- 6 attraktive Fahrzeit anbieten
- 7 attraktiven Fahrpreis anbieten
- 8 Ausstieg ermöglichen
- 9 Ballymun anbinden
- 10 Barrierefreiheit gewährleisten
- ...
- sowie
- ...
- 170 Wartebereich anbieten
- 171 Wartezeit minimieren
- 172 Werbeeinnahmen generieren
- 173 Witterungsverhältnisse berücksichtigen
- 174 Wirtschaftlichkeit anstreben
- 175 Zeit sparen
- 176 Zugang ermöglichen
- 177 Zugänge kontrollieren
- 178 Zusammenstöße verhindern
- 179 Zusatzeinnahmen generieren
- 180 Zweirichtungsbetrieb ermöglichen

Die Sammlung wurde bei einer Gesamtmenge von 180 Funktionen abgebrochen, könnte aber erweitert bzw. detailliert werden.

5.2.2 Prüfung der Formulierungen

Im Folgenden wurden die gesammelten Funktionen auf ihre Formulierungen hin überprüft und ggf. entsprechende Anpassungen in der Datenbank vorgenommen.

Das erste Prüfungskriterium war die Wortwahl. Folgende Fragestellungen wurden dabei verwendet:

- Ist das Hauptwort ein quantifizierbares Substantiv?
- Wurde das Verb im Infinitiv verwendet? Ist es transitiv/ hat es aktivische Bedeutung?

Das zweite Prüfungskriterium war der Abstraktionsgrad. Für jede Funktion wurde geprüft, ob die Formulierung

- reale
- ikonische
- symbolische

Eigenschaften aufweist. Dabei wurde ein Abstraktionsgrad an der Grenze zwischen ikonischem und symbolischem Bereich angestrebt¹.

Die Ergebnisse der Prüfungen wurden in der Datenbank dokumentiert. Dabei wurden in Einzelfällen auch solche Formulierungen zugelassen, die den Konventionen nicht entsprachen, z.B.:

¹ Vgl. Folie IV-30: B1 Funktionenbenennung

Die Formulierung der Funktion 110, „Optimal beschleunigen“, besteht nicht aus Substantiv und Verb.

In der Formulierung der Funktion 123, „Recycling ermöglichen“, ist das Verb nicht aktivisch.

Die Formulierung der Funktion 138, „St. Stephens Green anbinden“, ist sehr real.

Die Formulierung der Funktion 111, „Ortsveränderung ermöglichen“, hingegen ist sehr symbolisch.

Die zugelassenen Ausnahmen erweitern den Rahmen der Untersuchung und führten nicht zu Schwierigkeiten in den folgenden Prozessschritten.

5.2.3 Einteilung der Funktionen

Die Einteilung der Funktionen besitzt für die spätere Arbeit im FAST Diagramm besondere Bedeutung, da den Funktionen in Abhängigkeit ihrer Eigenschaften bestimmte Bereiche im Diagramm zugewiesen werden.

Die Funktionen können in Funktionenarten, Funktionenklassen und Funktionentypen unterteilt werden. In verschiedenen Quellen werden unterschiedliche Begriffe verwendet und Unterteilungen vorgenommen: z.B. /009/¹ kennt ausschließlich die Einteilung in Funktionenarten und Funktionenklassen. Da sich aber innerhalb dieser Funktionenklassen wiederum 2 Typen von Funktionen klar unterscheiden lassen, wird zusätzlich der Begriff „Funktionentypen“ verwendet. Diese Unterscheidung wird in den folgenden Abschnitten verdeutlicht.

In der Literatur werden zusätzlich unerwünschte und unnötige Funktionen behandelt. Für das konkrete Projekt wurde auf eine solche Einteilung verzichtet. Einerseits soll an dieser Stelle nicht die Diskussion geführt werden, ob einzelne Funktionen unerwünscht sind (z.B. Funktion 127: „Schall erzeugen“). Andererseits wurden bereits beim Sammeln der Funktionen keine unnötigen Funktionen berücksichtigt (z.B. „fahrerlosen Betrieb ermöglichen“).

5.2.3.1 Funktionenarten

Bei den Arten von Funktionen lassen sich gemäß /008/² Gebrauchsfunktionen und Geltungsfunktionen unterscheiden.

Bei den Gebrauchsfunktionen handelt es sich um, der sachlichen Nutzung dienende, objektiv quantifizierbare Wirkungen eines Objekts.

Im konkreten Anwendungsfall handelt es sich bei der Mehrzahl der Funktionen um Gebrauchsfunktionen. 168 der 180 ermittelten Funktionen gehören dieser Funktionenart an. Beispielhaft soll Funktion 39, „Fahrgäste befördern“, als Gebrauchsfunktion genannt werden. Die geplante Fahrgastkapazität ist quantifizierbar und „befördern“ lässt sich anhand der erzielten Ortsveränderung objektiv bewerten.

Bei den Geltungsfunktionen hingegen handelt es sich um, nur subjektiv wahrnehmbare, ausschließlich personenbezogen zu gewichtende Wirkungen. Nur 12 der 180 ermittelten Funktionen gehören dieser Funktionenart an. Die

¹ /009/ Verband Deutscher Ingenieure 1996, S.3

² /008/ Deutsches Institut für Normung 1987, S.2

Geltungsfunktionen des konkreten Anwendungsprojektes sind im Folgenden vollständig aufgeführt:

- 5 Ästhetik bieten
- 69 Gefahrenquelle sein
- 88 Komfort bieten
- 92 Kundenzufriedenheit erzeugen
- 109 optimal beschleunigen
- 110 optimal verzögern
- 129 Service bieten
- 150 Umwelt schonen
- 153 urbane Attraktivität beeinflussen
- 156 Verkehrsangebot ÖPNV verbessern
- 171 Wartezeit minimieren
- 175 Zeit sparen

Anhand der geringen Zahl von verwendeten Geltungsfunktionen wird der ingenieurwissenschaftliche Ansatz der Untersuchung verdeutlicht.

5.2.3.2 Funktionenklassen

Bei der Unterteilung der Funktionen in Funktionenklassen finden sich in den verschiedenen Quellen zum Teil abweichende Definitionen und Benennungen. Im Folgenden werden die angewendeten Klassen erläutert und den Funktionen des Verkehrssystems zugeordnet.

Hauptfunktion

Die Hauptfunktion kennzeichnet die übergeordnete Aufgabe bzw. den übergeordneten Zweck einer Betrachtungseinheit. Sie ist demnach, wie bereits in Absatz 5.1 Grundlagen der Funktionsanalyse angedeutet, die maßgebliche Funktion z.B. eines Produkts, einer Baugruppe oder eines Systems.

Im konkreten Anwendungsfall kennzeichnet die Hauptfunktion die übergeordnete Aufgabe des geplanten Verkehrssystems Dublin Metro Nord. Diese Hauptfunktion wurde als Funktion 157: „Verkehrsaufkommen bewältigen“ ermittelt. Die Datenbank enthält keine Funktion welche dieser Funktion übergeordnet werden könnte.

Nebenfunktion

Nebenfunktionen werden durch die Hauptfunktion bedingt, stehen aber nicht in direktem Zusammenhang mit der Hauptfunktion. Sie tragen also nicht zur Erfüllung der Hauptfunktion bei, sind aber dennoch als übergeordnete Aufgaben und Wirkungen zu betrachten.

Im konkreten Anwendungsfall wurden die folgenden Funktionen als Nebenfunktionen ermittelt:

- 92 Kundenzufriedenheit erzeugen
- 102 Modal Split beeinflussen
- 130 Sicherheit gewährleisten
- 150 Umwelt schonen
- 153 urbane Attraktivität beeinflussen
- 174 Wirtschaftlichkeit anstreben

Es wird deutlich, dass diese Funktionen nicht als Hauptfunktionen des geplanten Bahnsystems betrachtet werden können. Übergeordnetes Projektziel ist die Bewältigung des Verkehrsaufkommens und nicht z.B. die Gewährleistung der Sicherheit. Dennoch ist die Erfüllung der gefundenen Nebenfunktionen von fundamentaler Bedeutung bei der Betrachtung des Bahnsystems.

Akzeptierte Funktionen

Akzeptierte Funktionen bilden Voraussetzungen und Rahmenbedingungen, die für das „Funktionieren“ des Systems erforderlich und akzeptiert sind. Im konkreten Anwendungsfall wurden die folgenden akzeptierten Funktionen ermittelt:

- 29 Energie "verbrauchen"
- 65 Fläche "verbrauchen"
- 69 Gefahrenquelle sein
- 73 Immobilienwert beeinflussen
- 91 Kundenwünsche berücksichtigen
- 103 Monetäre Ströme verursachen
- 126 Ressourcen "verbrauchen"
- 149 Umwelt beeinflussen

Spezifikationen

Spezifikationen sind im Sinne des Wortes z.B. einzuhaltende Regelwerke, Verträge oder Gesetze. Im konkreten Anwendungsfall wurde Funktion 104, „Normen und Richtlinien einhalten“, dieser Funktionenklasse zugeordnet. Eine Vielzahl weiterer Funktionen dieser Klasse wäre denkbar.

Einmalige Funktionen

Einmalige Funktionen kennzeichnen Aufgaben einer Betrachtungseinheit, die nur einmalig erfüllt werden müssen. Im Anwendungsfall wurde keine solche Funktion benannt. Denkbar wären einmalige Funktionen wie z.B. „Probetrieb durchführen“ oder „Projektlaufzeit einhalten“.

Ständige Funktionen

Funktionen die eine Betrachtungseinheit immer erfüllen muss, d.h. Wirkungen die gleichzeitig von einer Vielzahl anderer Funktionen erfüllt werden müssen, sind den ständigen Funktionen zugeordnet. In der vorliegenden Arbeit wurden dieser Funktionenklasse auch solche Funktionen zugeordnet, bei denen die spätere Einordnung im Diagramm ansonsten nicht gelang.

Im konkreten Anwendungsfall wurden die folgenden ständigen Funktionen ermittelt:

- 11 Bedienbarkeit sicherstellen
- 20 Daten auswerten
- 21 Daten sammeln
- 22 Daten speichern
- 34 Erweiterbarkeit ermöglichen
- 75 Informationen liefern
- 76 Informationen sammeln
- 77 Informationen verarbeiten
- 89 Kommunikation ermöglichen
- 118 Personal informieren
- 140 Stand der Technik präsentieren

5.2.3.3 Funktionentypen

Funktionentypen entstehen aufgrund der Anordnung von Funktionen in den Ebenen bzw. Hierarchiestufen der Funktionenstruktur¹.

Funktionentypen können nicht, wie Funktionenklassen, unabhängig von der Funktionenstruktur zugeordnet werden. Die Kenntnis der Wechselwirkungen der Funktionen untereinander ist erforderlich.

Funktionentypen sind Basisfunktionen, Folgefunktionen und Parallelfunktionen.

Basisfunktionen sind solche Funktionen, die in der Ebene bzw. der Hierarchiestufe direkt unterhalb von Haupt- und Nebenfunktionen angeordnet werden.

Folgefunktionen sind solche Funktionen, die bezogen auf eine Bezugsfunktion, in der jeweils niedrigeren Ebene bzw. Hierarchiestufe angeordnet werden.

Parallelfunktionen sind solche Funktionen, die bezogen auf eine Bezugsfunktion, auf der gleicher Ebene bzw. Hierarchiestufe angeordnet werden.

Für den konkreten Anwendungsfall erfolgt die Zuordnung der Funktionen zu den Funktionentypen im folgenden Arbeitsschritt, der Erstellung der Funktionenstruktur.

5.2.4 Funktionenstruktur – FAST Diagramm

Zur Erstellung von Funktionenstrukturen stehen im Wesentlichen zwei Strukturierungstechniken zur Verfügung: Funktionenbäume und FAST Diagramme.

Meist werden in der Praxis Funktionenbäume angewandt. Diese Art der Strukturierung ist leicht zu erlernen, einfach verständlich und liefert für viele Anwendungsgebiete schnell ausreichend gute Ergebnisse. Eine Einteilung der Funktionen, wie im Abschnitt 5.2.3 ausführlich beschrieben, ist hierbei nicht erforderlich.

Für Funktionenbäume wird die sogenannte „Zweck-Mittel Logik“ angewandt, d.h. in der jeweils höheren Ebene des Funktionenbaums steht der „Zweck“. Darunter sind die „Mittel“ angeordnet, die zur Erfüllung des „Zwecks“ erforderlich sind. Damit ist also die in der obersten Ebene stehende Hauptfunktion der oberste „Zweck“ einer Betrachtungseinheit.

Auf diese Weise stößt man bei der Arbeit mit Funktionenbäumen für Systeme mit hoher Komplexität z.B. aufgrund der fehlenden weiteren Einteilung der Funktionen an Grenzen. Der Untersuchungsrahmen wird dadurch eingeschränkt. In der Bearbeitung des vorliegenden Projektes erweist sich der Funktionenbaum daher als ungeeignete Strukturierungstechnik für die Gesamtsystemfunktionen.

Im Gegensatz zum Funktionenbaum erfordert die Arbeit mit FAST Diagrammen eine vertiefende Kenntnis zur Einteilung der Funktionen, bietet dafür aber auch größeren Handlungsspielraum bei der Einordnung und Strukturierung der Funktionen im Diagramm.

¹ Vgl. Folie IV-14: Prinzip FAST Diagramm

FAST Diagramme weisen eine hohe Komplexität und eine gute Übersichtlichkeit auf. Den Funktionenarten, Funktionenklassen und Funktionentypen sind spezielle Bereiche im Diagramm klar zugewiesen¹. Logische Pfade starten bei jeder Haupt- und Nebenfunktion, verbinden dann Funktionentypen ggf. durch die Verästelung in Zweige und enden in den akzeptierten Funktionen.

Bei der Platzierung der Funktionentypen in den Hierarchiestufen des Diagramms wird die sogenannte „Wie?-Warum? Logik“ angewandt: Zu der Funktion in der jeweils höheren Hierarchiestufe gelangt man mit Hilfe der Frage: „Warum?“. Die Funktion auf der jeweils niedrigeren Hierarchiestufe hingegen wird mit Hilfe der Fragestellung: „Wie?“ ermittelt.

Unter Verwendung der beschriebenen Vorgehensweisen wurde das FAST Diagramm für den konkreten Anwendungsfall aufgebaut. Das vollständige Diagramm ist als Ergebnis in Anlage 2: FAST Datenbank und Diagramme wiedergegeben.

Das FAST Diagramm wurde als separates Arbeitsblatt in der gleichen Datei wie die FAST Datenbank erarbeitet. Funktionen im Diagramm sind dabei derart mit der Datenbank verlinkt, dass sich Formulierungsänderungen in der Datenbank automatisch auf die Darstellung der Funktionen in der Funktionenstruktur auswirken.

Beispielhaft sei an dieser Stelle ein Zweig des Logischen Pfades zur Nebenfunktion „Wirtschaftlichkeit anstreben“ vereinfacht erläutert:

Ausgehend von der Nebenfunktion „Wirtschaftlichkeit anstreben“, wird durch Eintritt in die linke Grenze des Untersuchungsrahmens mit Hilfe der Frage „Wie?“ die Basisfunktion des Pfades ermittelt. Sie lautet im konkreten Fall: „Einnahmen generieren“. Da aber bei der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit Einnahmen und Kosten gegenübergestellt werden müssen (siehe Kapitel 4), bildet die Funktion „Kosten verursachen“ eine Parallelfunktion zu dieser Basisfunktion. Beide Funktionen werden daher untereinander in der 1. Hierarchiestufe des Diagramms dargestellt.

Die Folgefunktionen zur Basisfunktion „Einnahmen generieren“ werden erneut durch die Frage: „Wie?“ ermittelt. In der Datenbank sind dazu die Funktionen „Fahrgeldeinnahmen generieren“ und „Zusatzeinnahmen generieren“ enthalten. Sie werden in der Struktur als Folgefunktion bzw. als Parallelfunktion in der 2. Hierarchiestufe dargestellt.

Durch die Fragestellung: „Wie können mit dem Bahnsystem Zusatzeinnahmen generiert werden?“, gelangen wir in die 3. Hierarchiestufe des Diagramms. „Werbeeinnahmen generieren“ lautet eine mögliche Antwort. Diese Funktion wurde daher als nächste Folgefunktion ermittelt.

Eine weitere Detaillierung des Pfades findet nicht statt, d.h. in der Datenbank ist keine entsprechende Funktion für die 4. bzw. 5. Hierarchiestufe mehr enthalten (Denkbar wären z.B. Funktionen wie: „Werbeflächen anbieten“ oder „Werbeartikel verkaufen“ usw.).

Nach dem Austritt durch die rechte Grenze des Untersuchungsrahmens endet der auszugsweise beschriebene logische Pfad mit der akzeptierten Funktion „Monetäre Ströme verursachen“.

¹ Vgl. Folie IV – 14: Prinzip FAST Diagramm

5.2.5 Diskussion der Ergebnisse

Als Ergebnis der Untersuchung wird deutlich, dass sich die Datenbank der für das Projekt Dublin Metro Nord ermittelten Funktionen zur generellen Darstellung spurgeführter Verkehrssysteme verwenden lässt. Nur geringe Modifikationen wären hierzu erforderlich. Das betrifft besonders solche Funktionen, deren Formulierungen sehr real sind und z.B. Stationsnamen oder Ortsbezeichnungen enthalten.

Die Strukturierungstechnik des FAST Diagramms eignet sich zur Analyse des Gesamtsystems. Alle ermittelten Funktionen können im Diagramm eindeutig zugeordnet werden. Die getroffenen Zuordnungen im Bereich der Funktionentypen sind dabei als Prinzipvorschläge zu werten, welche ggf. im Rahmen der Arbeit interdisziplinärer Teams weiter detailliert und ergänzt werden könnten.

Aus der Kenntnis der Systemfunktionen und den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeits-schätzung lassen sich u.a. besonders kostenintensive Funktionen ermitteln, z.B. Funktion 67: „Fluss Liffey unterqueren“ oder Funktion 80: „Innenstadt unterqueren“.

Daraus wiederum lassen sich Ansatzpunkte für Wertsteigerungsmaßnahmen ableiten, die es in einem weiteren Arbeitsschritt zu konkretisieren gilt.

5.3 Value Engineering in der Praxis

In der Praxis bei den Herstellern wird beobachtet, dass im Rahmen des sogenannten *Value Engineering* (s. 5.1 Grundlagen der Funktionenanalyse) auf die zuvor genannten Arbeitsschritte weitgehend verzichtet wird. Auf diese Weise wird in diesem Arbeitspaket die generelle Ideenfindung für Einsparmaßnahmen subsumiert.

Das Erfordernis zum *Value Engineering* wird dabei anhand der typischen Darstellung von Projektkosten bzw. möglichen Einsparungen gegenüber dem Durchführungszeitpunkt des *Value Engineering* veranschaulicht¹. Demnach sind Kosteneinsparungen nur dann zu erreichen, wenn Optimierungsmaßnahmen des in einer frühen Projektphase, also vor dem Beginn der Bauphase, implementiert werden. Je eher die Durchführung stattfindet, desto größer sind die möglichen Einsparungen. Je später, nach Beginn der Bauphase, *Value Engineering* Maßnahmen durchgeführt werden, desto größer sind die zu erwartenden Verluste.

5.3.1 Vorgehensweise

Die praktische Vorgehensweise im *Value Engineering* der Hersteller folgt organisatorischen Projekterfordernissen. Danach wird das Gesamtsystem in Teilsysteme zerlegt und diese Teilsysteme den Projektpartnern zuordnet. Die Liefer- und Leistungsumfänge werden aufgeteilt.

Strukturierungsvorgaben zum *Value Engineering* werden zumeist durch die Projektleitung kommuniziert. Die Ideenfindung erfolgt entsprechend der Liefer- und Leistungsaufteilung in interdisziplinären Teams auf verschiedenen Projektebenen bei Lieferanten, auf der Teilsystemebene aber auch auf der Gesamtsystemebene.

Die Strukturierungsvorgabe enthält z.B. folgende Inhalte:

- Kurzbeschreibung des Vorschlags
- Betroffene Teilsysteme
- Mögliche positive Auswirkungen
- Mögliche negative Auswirkungen

¹ Vgl. Folie IV – 31: Einsparungspotentiale (Kosten/Einsparungen – Zeit – Diagramm)

Die technische Vorbewertung und erste Auswahl von Vorschlägen wird durch Experten auf der Teilsystemebene durchgeführt. Dabei wird vorausgesetzt, dass auf dieser Projektebene die technische Kompetenz und Verantwortung für die Systembausteine angesiedelt ist.

Die abschließende Bewertung und Auswahl der Ideen erfolgt dann durch die Projektleitung, insbesondere unter kaufmännischen und organisatorischen, aber auch unter wettbewerbstechnischen Gesichtspunkten. Ausgewählte Vorschläge werden zur Evaluation an den Auftraggeber weitergegeben.

5.3.2 Konkrete Ansatzpunkte

In diesem Abschnitt werden anhand der in 5.3.1 genannten Strukturierungsvorgabe konkrete Ansätze für Maßnahmen zur Wertsteigerung im Projekt Dublin Metro Nord genannt.

Vorschlag 1

Die Anwendung eines alternativen Verkehrskonzeptes wird vorgeschlagen. Dieser Vorschlag beinhaltet den Bau der Flughafenanbindung auf der Trasse von Metro Nord als „Heavy Metro“ /074/¹ unter Einsatz von Hochflurfahrzeugen². So kann eine Fahrgastkapazität vergleichbar mit DART³ erreicht werden. Zur Umsetzung gehört der Bau eines erweiterbaren und breiten Innenstadttunnels.

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- höhere Transportkapazität und Erweiterbarkeit

Mögliche negative Auswirkungen

- Kosten für Umplanung (Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits weit fortgeschritten)

Vorschlag 2

Die Anwendung eines alternativen Verkehrskonzeptes unter Verzicht auf den neuen Verkehrsträger Stadtbahn wird vorgeschlagen. Dabei könnte z.B. die Luas-Linie „Grün“ auf der Metro Nord Trasse verlängert sowie eine Flughafenanbindung durch DART geschaffen werden⁴.

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- Einsparung von Investitionskosten
- Interoperabilität
- schrittweise Erweiterbarkeit
- „überschaubare“ Investitionen
- Flughafenanbindung der Innenstadt durch Verkehrsmittel mit hoher Fahrgastkapazität

Mögliche negative Auswirkungen

- Kosten für Umplanung (Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits weit fortgeschritten)
- keine Anbindung von Swords

¹ /074/ Kruckow 2007

² Referenzprojekt z.B. Metro Oslo

³ Vgl. Folien IV – 32 ff.: Untersuchung der Kapazitäten

⁴ Vgl. Folien IV – 37 u. 38: Verlängerung „Green Line“ und Flughafenanbindung durch DART

Vorschlag 3

In Vorschlag 3 wird empfohlen, die geplante Tunnel-Schleife unter St. Stevens Green entfallen zu lassen. Geplant ist derzeit eine Wendeschleife mit einem Radius von ca. 55 m und damit einer Länge von ca. 350 m. Statt der Schleife wird vorgeschlagen, die geraden Tunnelröhren um ca. 200 m nach Süden zu verlängern.

Betroffene Teilsysteme

- insbesondere Bau (Tunnel, Tunnelausrüstung, Fahrweg), Elektrifizierung, Betrieb

Mögliche positive Auswirkungen

- Vereinfachung des Bauablaufs
- Einsparung von Investitionskosten
- Erweiterbarkeit in Richtung Süden
- ggf. Schaffung zusätzlicher Abstellflächen

Mögliche negative Auswirkungen

- Kosten für Umplanung (Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits weit fortgeschritten)

Vorschlag 4

Vorschlag 4 beinhaltet die Zusammenlegung der Tief-Stationen O'Connell Bridge (-24 m) und Parnell Square (-16 m)¹. Im Ergebnis könnte eine alternative Station mit verbesserter Anbindung an die Luas Haltestelle Abbey Street geschaffen werden.

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- Einsparung von Investitionskosten durch Entfall einer Tief-Station
- Verkürzung der Fahrzeit durch Entfall eines Stopps
- Verbesserung der Anbindung von Luas

Mögliche negative Auswirkungen

- Kosten für Umplanung (Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits weit fortgeschritten)
- Verlängerung der Haltestellenabstände² (Erreichbarkeit)

Vorschlag 5

In Vorschlag 5 wird vorgeschlagen, die derzeit geplante Fahrzeugbreite von 2,40 m zu vergrößern. In allen von RPA genannten Referenzprojekten kommen breitere Fahrzeuge zum Einsatz³.

Betroffene Teilsysteme

- insbesondere Fahrzeug und Bau

Mögliche positive Auswirkungen

- Erhöhung der Transportkapazität

Mögliche negative Auswirkungen

- eingeschränkte Interoperabilität mit Luas

¹ Vgl. Folie IV – 39: Tiefe der geplanten Tiefstationen

² Vgl. Folie IV – 40: Haltestellenabstände Innenstadtbereich

³ Vgl. Folie IV – 41: Untersuchung der Fahrzeugbreiten – Vergleich Referenzprojekte

Vorschlag 6

Der Vorschlag beinhaltet die Umsetzung organisatorischer Maßnahmen. Es wird insbesondere vorgeschlagen, im Rahmen effektiven Projektmanagements eine intensive Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer zu etablieren. Die Projektorganisation soll dabei durch flache Hierarchiestufen und klare Aufgabenverteilung auf Seiten des Auftragnehmers gekennzeichnet sein (*Special Purpose Company, Engineering Procurement Construction Company, O&M Company*).

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- Verringerung Personaleinsatz
- Verkürzung der Bauzeit
- Einsparung von Investitions- und Betriebskosten

Mögliche negative Auswirkungen

- Einschränkung der Risikoverteilung

5.4 Ergebnisse der Funktionenanalyse

Die Bewertung der in Abschnitt 5.3.2 genannten Vorschläge erfolgt anhand der umfassenden Kenntnis des Projektumfeldes, des Projektstandes, der Systemkenngrößen sowie der Gesamtsystemfunktionen.

Die Ideen bezüglich alternativer Verkehrskonzepte müssen aufgrund der Projekthistorie und des Projektstandes leider negativ bewertet werden (Vorschläge 1 und 2). Sie würden einen massiven Eingriff in den bereits laufenden Prozess für den Bauantrag bedeuten. Gleiches gilt für die Überlegungen zur Fahrzeugbreite (Vorschlag 5).

Für den konkreten Fall der auf die Gesamtsystemfunktionen bezogenen Betrachtung sollen auch die vorgeschlagenen organisatorischen Maßnahmen nicht näher untersucht werden (Vorschlag 6). Dennoch wird in diesem Vorschlag beträchtliches Kostensenkungspotential erkannt.

Zur Optimierung des Verkehrssystems Dublin Metro Nord wird demnach die Anwendung des Vorschlags 3, Entfall der Tunnelschleife sowie des Vorschlags 4, Entfall einer Tief-Station, empfohlen.

Für diese Entscheidung ist im Folgenden der erreichbare Wertsteigerungseffekt dargestellt. Da Wertsteigerung durch Verbesserung von Funktionen bei gleichzeitiger Senkung von Kosten erreicht wird (s. Abschnitt 5.1 Grundlagen der Funktionenanalyse), sind Beispiele für verbesserten Funktionen aufgeführt und das Kostensenkungspotential ist abgeschätzt.

Entfall der Tunnelschleife unter St. Stevens Green

Verbesserte Funktionen:

- 34 Erweiterbarkeit ermöglichen
- 52 Fahrzeug abstellen
- 65 Fläche "verbrauchen"
- 87 Investkosten verursachen
- 139 Stadtbild beeinflussen
- 150 Umwelt schonen

159 Verkehrsraum "verbrauchen"

Geschätzte mögliche Kostensenkung: ca. 35 Millionen Euro (Investitionskosten)¹

Zusammenlegung der Tief-Stationen O'Connell Bridge und Parnell Square in Höhe Kreuzung mit Luas

Verbesserte Funktionen:

- 51 Fahrzeit minimieren
- 65 Fläche "verbrauchen"
- 86 Intramodale Umsteigepunkte schaffen
- 87 Investkosten verursachen
- 97 Luas anbinden
- 139 Stadtbild beeinflussen

Geschätzte mögliche Kostensenkung: ca. 67 Millionen Euro (Investitionskosten)²

Mit dieser Bewertungsmethodik wird transparent und nachvollziehbar der wertsteigernde Effekt der beiden vorgeschlagenen Maßnahmen für das geplante Verkehrssystem dargestellt.

Konsolidierte Auswirkungen auf Funktionen

Die Umsetzung von Maßnahmen hat neben den erwünschten positiven Auswirkungen auf Funktionen des Systems auch immer resultierende negative Folgen. So bewirkt die Zusammenlegung der beiden Tief-Stationen z.B. eine Verschlechterung folgender Funktionen:

- 107 O'Connell Bridge anbinden
- 115 Parnell Square anbinden

Für die Abschätzung des Gesamtnutzens ist daher eine Bewertung der Auswirkungen auf alle Funktionen des Systems erforderlich. Diese Beurteilung wurde mit Hilfe der FAST Datenbank durchgeführt, die Einflüsse auf die Funktionen sind im modifizierten FAST Diagramm dargestellt³.

Absolut werden 26 Funktionen als verbessert und nur 8 Funktionen als verschlechtert bewertet. Verbesserte Teilfunktionen sind dabei eher in höheren Hierarchiestufen zu finden, während sich bei den verschlechterten Teilfunktionen eine gleichmäßige Verteilung über alle Hierarchiestufen zeigt⁴.

Aus der Kenntnis des FAST Diagramms, insbesondere der angewandten „Wie?-Warum?-Logik“, wird postuliert, dass Funktionen in den jeweils höheren Hierarchiestufen für das Gesamtsystem von größerer Bedeutung sind, als Funktionen in niedrigeren Hierarchiestufen. Damit hat die Umsetzung der o.g. *Value Engineering* Maßnahmen auf die Funktionen des Gesamtsystems sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht insgesamt eine Funktionsverbesserung zur Folge.

¹ Vgl. Folie IV – 42: B7 Abschätzung möglicher Kosteneinsparungen; Entfall der Wendeschleife

² Vgl. Folie IV – 43: B7 Abschätzung möglicher Kosteneinsparungen; Entfall einer Tiefstation

³ Vgl. Anlage 2: FAST Datenbank und Diagramme

⁴ Vgl. Folie IV – 27: Ergebnis (Konsolidierte Auswirkungen auf Funktionen)

6 Literaturverzeichnis

6.1 Verzeichnis von Quellen und Referenzen

Ref.- Nr.	Quelle, Referenz
/001/	Mnich, Peter: Vorlesungsskript Aktuelle Vorhaben Bahntechnik. Technische Universität Berlin. Betriebssysteme elektrischer Bahnen. 2007/2008
/002/	Auswärtiges Amt der Bundesrepublik Deutschland: Länderinformationen Irland. Oktober 2009
/003/	Central Statistics Office: Statistical Yearbook of Ireland 2009.
/004/	Indecon International Economic Consultants: Economic Development Strategy for the Metro North Economic Corridor (MNEC), The Development of an Internationally Sustainable Airport City Region Volume 1 – Summary of Main Findings and Recommendations. Mai 2008
/005/	Radke, Sabine: Verkehr in Zahlen 2006/2007. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH, Hamburg
/006/	Department of Transport: 2020 Vision – Sustainable Travel and Transport. Public Consultation Document. 2008
/007/	Akiyama, Kaneo: Funktionenanalyse. Der Schlüssel zu erfolgreichen Produkten und Dienstleistungen. Hg.: Prof. Dr.-Ing. Franz Josef Gierse. Verlag moderne Industrie, Landsberg/Lech, 1994
/008/	Deutsches Institut für Normung e.V.: Wertanalyse. DIN 69910. 1987
/009/	VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung, Ausschuss Grundlagen und Methodik: Funktionenanalyse – Grundlagen und Methode. VDI 2803. 1996
/010/	International Electrotechnical Commission: Industrial Systems, Installations and Equipment and Industrial Products – Structuring Principles and Reference Designations. International Standard CEI / IEC 1346-1. 1996
/011/	Deutsches Institut für Normung e.V., Normenausschuss Schienenfahrzeuge: Kennzeichnungssystematik für Schienenfahrzeuge, DIN 25002-2. 2001
/012/	Miles, Lawrence D.: Techniques of Value Analysis and Engineering. McGraw-Hill, 1961
/013/	Sondermann, Jochen P.: Vorlesung Quality Management. Technische Fachhochschule Berlin, 1999
/014/	Amoser, Hendrik; Hoppe, Mirko: Glossar Verkehrswesen und Verkehrswissenschaften - Definitionen und Erläuterungen zu Begriffen des Transport- und Nachrichtenwesens. TU Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften. Hg.: Die Professoren des Instituts für Wirtschaft und Verkehr. 2006
/015/	Eurailpress.de: Veolia übernimmt Transdev. 22.07.2009
/016/	Railway Procurement Agency: Metro North Tenderers announced, Dublin, 30.06.2009
/017/	ThePost.ie: PPPs under siege on both sides. 24.05.2009

Ref.- Nr.	Quelle, Referenz
/018/	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Grundzüge der gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethodik, Bundesverkehrswegeplan 2003. Berlin, Februar 2002
/019/	Tenders Electronic Daily: IRL-Dublin: Passenger Transport by Railway. 2007/S 55-068157; 20.03.2007
/020/	Railway Procurement Agency: Metro North Oral Hearing, Evidence and Running Order. Dublin, April 2009
/021/	Europäische Kommission: Karte von Irland. 2004
/022/	Irish Rail: Intercity Map. 03.01.2009
/023/	Railway Procurement Agency: Oral Hearing, Railway Systems. Dublin, 03.04.2009
/024/	Railway Procurement Agency: Luas and Metro - Good progress in 2008 Plans for 2009. Dublin 2008
/025/	Republic Ireland, The Stationary Office: National Development Plan 2007-2013. Dublin, 2007
/026/	Railway Procurement Agency: Oral Hearing, Opening Statement. Dublin, 01.04.2009
/027/	Central Statistics Office: Transport 2008. Published by the Stationery Office Dublin, Ireland, November 2009
/028/	Ferris, Tom: Irish Railways - A New History. Gill & Macmillan Ltd., 2008
/029/	Shi, Yuanfei: Integration chinesischer Flughäfen in das Streckennetz des Bahnverkehrs am Beispiel der Flughafenanbindung in Nanjing. Diplomarbeit, TU Berlin, 07.12.2007
/030/	Dublin.ie: Karte von Dublin. 2008
/031/	Dublin Transportation Office: Annual Report & Accounts 2006. Dublin, 2007
/032/	Dublin Transportation Office: Dublin Rail Network. 2008 (http://www.dto.ie/web2006/station_maps.html)
/033/	Alstom Transport: Citadis in Dublin. Typenblatt, 2002
/034/	Veolia Transport: Luas Network Map. 2008 (http://www.luas.ie/network-map.php)
/035/	Irish Rail: Fleet Information. Januar 2009 (http://www.irishrail.ie/home/company_information.asp)
/036/	Irish Rail: Our Services. Intercity. Jan. 2009
/037/	Irish Rail: Reisezeitenberechnung auf http://www.irishrail.ie/home/ , Januar 2009
/038/	Irish Rail: Dublin Map. 07.01.2009
/039/	Transport 21 Monitoring Group: First Annual Progress Report to the Government 2006. Dublin
/040/	Transport 21: What is Transport 21?, 2009 (www.T21.ie)
/041/	Republik Irland: National Spatial Strategy for Ireland 2002 - 2020. Published by the Stationary Office, Dublin, 2002

Ref.- Nr.	Quelle, Referenz
/042/	Republik Irland: Programme for the Government 2007-2012. 2008
/043/	Department of Transport: 2020 Vision - Sustainable Travel and Transport. Public Consultation Document, Februar 2008
/044/	Fiedler, Joachim: Bahnwesen - Planung, Bau und Betrieb von Eisenbahnen, S-, U-, Stadt- und Straßenbahnen. 5. neubearb. u. erw. Auflage, Werner Verlag, München/ Unterschleißheim, 2005
/045/	Personenbeförderungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), zuletzt geändert durch Artikel 27 des Gesetzes vom 7. September 2007 (BGBl. I S. 2246)
/046/	Railway Procurement Agency: Metro West Final Draft Environmental Impact Study Scoping Report. Dublin, Juli 2008
/047/	Railway Procurement Agency: Dublin Metro West – preferred Route Schematic. Dublin, 2006
/048/	Railway Procurement Agency: Metro North – Selected Route. Dublin, Oktober 2006
/049/	Railway Procurement Agency: Metro North – Qualified Bidding Groups. 2008
/050/	Railway-Technology: Projekt Dublin Metro Nord. 2008 (http://www.railway-technology.com/projects/dublin-metro/specs.html)
/051/	Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung: Bayern Kaleidoskop. München, 2009
/052/	Railway Procurement Agency: Railway Order Documents, e.g. Railway Works Belinston Depot, Sheet 1 of 3. Dublin, August 2008
/053/	Railway Procurement Agency: Metro North Procurement. Januar 2009 (http://www.rpa.ie/en/projects/metro_airport_swords/construction/Pages/default.aspx)
/054/	Tenders Electronic Daily: IRL-Dublin: Stadtbahnarbeiten. 2007/S 58-071794 Bekanntmachung – Sektoren Bauauftrag. 21.03.2007
/055/	Transport 21: Monatsberichte unter www.transport21.ie .
/056/	Boettger, Christian: Der Trend zum Private Public Partnership im Personennahverkehr setzt sich fort. Planen Bauen Managen - Beiträge und Positionen, 2008
/057/	Republik Irland: Unterlagen zur Bekanntgabe des Investitionsprogramms Transport 21. Schloss Dublin, November 2005
/058/	Dublin Airport Authority: 2008 Annual Report and Financial Statements. Dublin, 2009
/059/	Veolia Transport: General Information on Luas. 2008
/060/	Railway Procurement Agency: Red Line Extended Trams. Dublin, 2008
/061/	Veolia Transport Ireland: History of Veolia Transport in Ireland. 2008 (http://www.veoliatransport.ie/content.php?_p_=26&_pp_=8)
/062/	Railway-Technology: Luas Light Rail Network, Dublin, Republic of Ireland. (2008?)

Ref.- Nr.	Quelle, Referenz
/063/	Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Statistisches Jahrbuch Sachsen 2009.
/064/	Airports Council International: Updated World Airport Traffic Report 2006. ACI World Headquarter, Genf, 2007
/065/	Flughafen München: Luftverkehrsstatistik – Statistischer Jahresbericht 2008.
/066/	Statistisches Landesamt Bayern: Interaktives Kartenverzeichnis. Bevölkerung. Download am 05.01.2010 (http://www.statistik.bayern.de/daten/intermaktiv/archiv/home.asp?UT=bevoelkerung.csv&SP=2)
/067/	Dublin Airport Authority: Häufig gestellte Fragen – Mitarbeiter am Flughafen. 09.03.2009 (http://www.dublinairport.com/about-us/media-centre/faq.html)
/068/	Dublin Transportation Office: Platform for Change. Final Report. An Integrated Transportation Strategy for the Greater Dublin Area 2000 to 2016. Dublin, 01.11.2001
/069/	Railway Procurement Agency: Oral Hearing, Traffic Model. Dublin, 01.04.2009
/070/	Commission for Energy Regulation: Direction to ESB PES on Tariffs to Apply from 1st January 2007. CER/06/252, 04.12.2006
/071/	Central Statistics Office: Average Earnings and Hours Worked for Main Categories of Employees. Download am 29.06.2009 (http://www.cso.ie/statistics/av_earningshours.htm)
/072/	Siemens AG Transportation Systems: Combino Plus - The New Generation of 100-Percent Low-Floor Trams from Siemens. Siemens, 2007
/073/	Tokyu Car Corporation: Specifications for Irish Rail's 8520 Series EMU. DART Typenblatt. 2006
/074/	Kruckow, Werner: World class cities have world class underground mass transit systems. The 2nd National Infrastructure Summit 2007. Siemens Ltd. Ireland, Dublin, 2007
/075/	Dublin City Council: Facts about Dublin. download am 05.01.2010 von http://www.dublincity.ie/Press/FactsAboutDublin/Pages/FactsAboutDublin.aspx
/076/	Groneck, Christoph: Französische Planungsleitbilder für Straßenbahnsysteme im Vergleich zu Deutschland. Dissertation an der Bergischen Universität Wuppertal, Mai 2007

6.2 Verzeichnis von Internet Links

Irland und Dublin

www.auswaertiges-amt.de

Auswärtiges Amt der Bundesrepublik Deutschland

[http:// epp.eurostat.ec.europa.eu](http://epp.eurostat.ec.europa.eu)

Statistischer Informationsdienst der Europäischen Kommission

www.gov.ie

Regierung der Republik Irland

www.cso.ie

Central Statistics Office Ireland

www.dublin.ie

Stadt Dublin (Service)

www.dublincity.ie

Stadtverwaltung Dublin

www.irishspatialstrategy.ie

Irische Raumordnungsstrategie

www.transport.ie

Verkehrsministerium der Republik Irland

www.transport21.ie

Irishes Investitionsprogramm für den Verkehrssektor

www.sustainabletravel.ie

Vision 2020 – Nachhaltiges Reisen und nachhaltiger Verkehr in Irland

www.dto.ie

Dublin Transportation Office

www.luas.ie

Straßenbahnsystem Luas in Dublin

www.irishrail.ie

Irische Eisenbahngesellschaft

Projekt Dublin Metro Nord

www.rpa.ie

Railway Procurement Agency

www.dublinmetronorth.ie

Railway Order Dokumente für das Projekt Dublin Metro Nord

www.railway-technology.com

Internetseite für die Bahnindustrie

<http://ted.europa.eu>

Tenders Electronic Daily: "Supplements zum Amtsblatt der Europäischen Union" für das europäische öffentliche Auftragswesen

www.cer.ie

Irische Kommission für Energieregulierung

Funktionenanalyse

www.valuefoundation.org

Lawrence D. Miles Value Gesellschaft

[http://wendt.library.wisc.edu/ miles/index.html](http://wendt.library.wisc.edu/miles/index.html)

Lawrence D. Miles *Value Engineering Reference Center* an der *University of Wisconsin-Madison*

7 Formelzeichen

Formelzeichen	Bezeichnung	Dimension	Anmerkung
C_{Zug}	erforderlich maximale Fahrgastkapazität pro Zug	[p]	Anzahl Fahrgäste
C_{Zugist}	Fahrgastkapazität des gewählten Zuges	[p]	Anzahl Fahrgäste
$C_{\emptyset\text{Zug}}$	erforderlich durchschnittliche Fahrgastkapazität je Zug	[p]	Anzahl Fahrgäste
E_{agesamt}	Gesamtenergiebedarf pro Jahr	[GWh]	
E_{aneben}	Nebenenergiebedarf pro Jahr	[GWh]	
$E_{\text{aTraktion}}$	Traktionsenergiebedarf pro Jahr	[GWh]	
$E_{\text{nebenProzent}}$	Anteil Nebenenergiebedarf an Gesamtenergiebedarf	[%]	
$E_{\text{traktioneinzel}}$	Traktionsenergiebedarf pro Fahrt und Richtung	[kWh]	
J_{Bau}	Anteil der Baukosten an den Gesamtkosten	[%]	Bauteil
J_{Depot}	Anteil der Kosten der Instandhaltungsanlage an Gesamtkosten	[%]	
$J_{\text{E\&M}}$	Anteil der Kosten für Elektrische und Mechanische System an Gesamtkosten	[%]	Systemteil
J_{gesamt}	Gesamtkosten je Doppelkilometer	[€]	
J_{PM}	Anteil der Kosten für das Projektmanagement an Gesamtkosten	[%]	
J_{RST}	Anteil der Kosten für Fahrzeuge an Gesamtkosten	[%]	
J_{sonst}	Anteil der sonstigen Kosten an Gesamtkosten	[%]	
K_{aEnergie}	Gesamtenergiekosten pro Jahr	[€]	
K_{agesamt}	Gesamtkosten Betrieb und Instandhaltung pro Jahr	[€]	
$K_{\text{aGrundO\&M}}$	Grundkosten Betrieb und Instandhaltung pro Jahr	[€]	
K_{avers}	Versicherungskosten pro Jahr	[€]	
K_{asonst}	sonstige jährliche Kosten	[€]	
K_{alHBau}	Instandhaltungskosten Bauteil pro Jahr	[€]	
$K_{\text{alHE\&M}}$	Instandhaltungskosten für Elektrische und Mechanische System pro Jahr	[€]	
K_{alHRST}	Instandhaltungskosten Fahrzeuge pro Jahr	[€]	
$K_{\text{alHgesamt}}$	Instandhaltungskosten gesamt pro Jahr	[€]	
K_{aOMA}	Personalkosten Betrieb pro Jahr	[€]	
K_{Bau}	Baukosten	[€]	
K_{Depot}	Kosten der Instandhaltungsanlage	[€]	
$K_{\text{E\&M}}$	Kosten für Elektrische und Mechanische System	[€]	
K_{gesamt}	Gesamtkosten	[€]	Investitionskosten für das Projekt (gesamt)

Formelzeichen	Bezeichnung	Dimension	Anmerkung
K_{PM}	Kosten für das Projektmanagement	[€]	
K_{RST}	Fahrzeugkosten	[€]	
K_{sonst}	sonstige Kosten	[€]	
$K_{elGrund}$	Grundpreis Elektroenergie	[€]	
$K_{elArbeit}$	Arbeitspreis Elektroenergie	[€]	
K_{wOMA}	durchschnittliche wöchentliche Kosten je Betriebsmitarbeiter	[€/w]	
L	Streckenlänge	[km]	
L_{Tunnel}	Länge der Strecke im Tunnel	[km]	
L_{aZug}	Laufleistung je Zug pro Jahr	[km/a]	
M_{aBau}	Instandhaltungskosten Bauteil pro Jahr bezogen auf Investitionskosten	[%]	
$M_{aE\&M}$	Instandhaltungskosten Systemteil pro Jahr bezogen auf Investitionskosten	[%]	
M_{aRST}	Instandhaltungskosten Fahrzeuge pro Jahr bezogen auf Investitionskosten	[%]	
M_{asonst}	Anteil sonstiger jährlicher Kosten an den Gesamtkosten Betrieb und Instandhaltung	[%]	
M_{avers}	Anteil jährlicher Versicherungskosten an den Gesamtkosten Betrieb und Instandhaltung	[%]	
$N_{betrieb}$	Anzahl Zugverbände im Betrieb	[-]	
N_{Flotte}	Flottengröße Zugverbände	[-]	
n_{Flotte}	Flottengröße Fahrzeuge	[-]	
n_N	Anzahl Fahrzeuge je Zugverband	[-]	
n_{OMA}	Anzahl erforderlicher Mitarbeiter Betrieb	[p]	Anzahl Mitarbeiter
n_{OMAZug}	Anzahl erforderlicher Betriebspersonale bezogen auf einen Zugverband	[p]	Anzahl Mitarbeiter
$n_{Reserve}$	Anzahl Reservefahrzeuge für Betrieb und Instandhaltung	[-]	
P	Verkehrsleistung	[pkm/a]	Personen-kilometer pro Jahr
S	Anzahl der Stationen	[-]	
S_{end}	Anzahl der Endstationen	[-]	
$S_{zwischen}$	Anzahl der Zwischenstationen	[-]	
T	Betriebszeit	[h]	
T_{haupt}	Hauptverkehrszeit	[h]	
T_{neben}	Nebenverkehrszeit	[h]	
t_{einzel}	Fahrzeit Einzelfahrt	[min], [s]	
t_{haupt}	Zugfolgezeit in der Hauptverkehrszeit	[min], [s]	
t_{neben}	Zugfolgezeit in der Nebenverkehrszeit	[min], [s]	
$t_{haltend}$	Haltezeit an Endstation	[min], [s]	
$t_{haltzwischen}$	Haltezeit an Zwischenstation	[min], [s]	
t_{Umlauf}	Umlaufzeit	[min], [s]	
t_{MAWoche}	durchschnittliche Wochenarbeitszeit je Mitarbeiter	[h]	
V_a	jährliches Verkehrsaufkommen	[p/a]	Anzahl Fahrgäste pro Jahr

Formelzeichen	Bezeichnung	Dimension	Anmerkung
V_{hmax}	Verkehrsaufkommen in der Spitzenstunde	[p/h]	Anzahl Fahrgäste pro Stunde
V_{hmittl}	mittleres Fahrgastaufkommen pro Stunde	[p/h]	Anzahl Fahrgäste pro Stunde
W	Wirtschaftlichkeitsfaktor	[-]	
X_a	Einnahmen pro Jahr	[€]	
X_{Preis}	erzielbarer Fahrpreis	[€]	
Z_d	Anzahl Zugfahrten je Tag	[1/d]	
Z_{dR}	Anzahl Zugfahrten je Tag und Richtung	[1/d]	

8 Lebenslauf des Promovenden

Thomas Göhler, geboren am 17. Juli 1972 in Pirna

Schule, Berufsausbildung, Abitur

- 1979-1982 Polytechnische Oberschule in Pirna
- 1982-1986 Sportschule in Cottbus
- 1986-1989 Polytechnische Oberschule in Pirna
- 1989-1992 Berufsausbildung mit Abitur am Oberstufenzentrum Fürstenwalde/Spree, praktischer Teil in den Reifenwerken Fürstenwalde und Heidenau; Abschlüsse: Instandhaltungsmechaniker und allgemeine Hochschulreife

Akademischer Werdegang

- 1992-1994 Grundstudium Maschinenbau an der Fachhochschule Aachen
- 1994-1996 Abschluss Grundstudium und Hauptstudium Maschinenbau -Fertigung- an der Technischen Fachhochschule Berlin
- 1996-1997 Praktisches Studiensemester in der Schiffswerft von Daewoo Heavy Industries in Okpo (Südkorea)
- 1998-1999 Diplomarbeit und Abschluss des Maschinenbaustudiums mit Auszeichnung
- 1999-2000 Postgradualer Masterstudiengang International Technology Transfer Management an der Technischen Fachhochschule Berlin, Abschluss als *Master of Science* mit Auszeichnung
- Seit 2007 Doktorand an der Technischen Universität Berlin

Beruflicher Werdegang

- 2001-2004 Mitarbeiter der Projektleitung Transrapid Shanghai bei Siemens Transportation Systems und Transrapid International
- 2004-2006 Stellvertretender Projektleiter Transrapid Versuchsanlage Emsland bei Transrapid International
- 2006-2008 Mitarbeiter der Projektleitung Magnetschnellbahn München bei Siemens AG, Transportation Systems
- 2008-2009 Mitarbeiter der Angebotsprojektleitung Dublin Metro Nord bei Siemens AG, Mobility Division
- Seit 2009 Systemtechnische Angebotsbearbeitung internationaler Gesamtanlagenprojekte des spurgeführten Verkehrs bei Siemens AG, Mobility Division

Sonstiges

- 1987 DDR-Meistertitel im Geräteturnen
- 1997-1998 Zivildienst am Goethe-Institut in Berlin
- 1998-2001 Freier Mitarbeiter am Ostasien Kooperationszentrum der Technischen Fachhochschule Berlin
- 2008 Zertifizierung als Projektmanager bei Siemens AG, Mobility Division

Anlage 1: Algorithmus zur vereinfachten Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Algorithmus zur vereinfachten Wirtschaftlichkeitsabschätzung

1. Inputdaten		2. Errechnete Ausgangsgrößen		3. Fahrzeugauswahl		4. Betriebsdaten		5. Systemkenngrößen Invest		6. Investitionskosten		7. Systemkenngrößen Betrieb und Instandhaltung		8. Kosten Betrieb und Instandhaltung		9. Ergebnisse	
Verkehrsaufkommen [Mo. P/a]	34	Fahrgastaufkommen pro Stunde und Richtung	2329	Auslegungskriterium/-lastfall [P/m ²]	5	Reisezeit pro Richtung [min]	32	Gesamtkosten inkl. Tunnel [Mio. €]	180	Gesamtkosten [Mio. €]	3240	Instandhaltung „Bau“ [Mio. € pro Jahr]	1,94	Betrieb und Instandhaltung Gesamt [Mio. €]	60,96		
Verkehrsaufkommen Spitzenstunde pro Richtung [P/h]	10000	Fahren pro Tag und Hauptverkehrszeit	60	Fahrzeugmasse [t]	87	Reisezeit pro Umlauf	70	Anteil Bau an Gesamtkosten	0,6	Kosten „Bau“ [Mio. €]	1944	Instandhaltung Systeme [Mio. € pro Jahr]	14,18	Erlöse [Mio. €/a]	57,80		
System	Stadt- bahn mit 50% Tunnel	Fahren pro Tag und Nebenverkehrszeit	120	Fahrzeuglänge [m]	45	Anzahl Züge min. erforderlich	18	Anteil Systeme an Gesamtkosten	0,175	Kosten Systeme [Mio. €]	567	Instandhaltung Fahrzeuge [Mio. € pro Jahr]	4,05	Faktor Wirtschaftlichkeit	0,95		
Streckenlänge gesamt [km]	18	Fahren pro Tag und Richtung	181	Höchstgeschwindigkeit [km/h]	80	Anzahl Züge empfohlen	21	Anteil Fahrzeuge an Gesamtkosten	0,05	Kosten Fahrzeuge [Mio. €]	182	Instandhaltungssysteme [Mio. € pro Jahr]	20,17				
Streckenlänge Tunnel [km]	9	Fahren pro Tag	362	Max. Beschleunigung [m/s ²]	1,45	Anzahl Fahrzeuge empfohlen	42	Anteil Depot an Gesamtkosten	0,05	Kosten pro Fahrzeuge [Mio. €]	3,86	Nebenergiebedarf Gesamtsystem [% des Gesamtenergiebedarfs]	210				
Streckenlänge Niveaulage [km]	0	Zugkilometer pro Jahr [Mio. km/a]	2,38	max Bremsverzögerung [m/s ²]	1,6	Traktionsenergiebedarf pro Fahrt und Richtung [kWh]	250	Anteil Projekt- und Inbetriebnahme- management an Gesamtkosten	0,05	Kosten Depot [Mio. €]	162	Versicherungen [% p.a.]	10,16				
Streckenlänge Hochlage [km]	0	Verkehrleistung [Mio. Pkm/a]	612	Max. Zugkraft [kN]	140			Anteil Sonstige Kosten an Gesamtkosten	0,075	Kosten Projekt- und Inbetriebnahme- management [Mio. €]	162	Sonstiges [% p.a.]	2				
Anzahl Stationen	17	erforderliche Kapazität je Zug Spitzenstunde	667	Fahrgastkapazität pro Fahrzeug	335				1	Sonstige Kosten [Mio. €]	243						
Endstationen	2	erforderliche Kapazität je Zug Jahresmittel	257	Fahrgastkapazität pro Zug	670												
Zwischenstationen	15			Anzahl Fahrzeuge Reserve	6												
Anzahl Depots	1			Anzahl Fahrzeuge je Zug	2												
Betriebszeit [h]	20																
Hauptverkehrszeit [h]	4																
Nebenverkehrszeit [h]	16																
Fakt in Hauptverkehrszeit [min]	4																
Fakt in Nebenverkehrszeit [min]	8																
Haltezeit Endstationen [min] inkl. Kehrrzeit	3																
Haltezeit	3																
Zwischenstationen [min]	0,5																
Grundpreis	3041,9																
Elektroenergie [€/a]	0,17																
Arbeitspreis [€/kWh]	1,7																
erzielbarer Fahrpreis pro Fahrgast [€]	1,7																
Durchschnittl. - Kosten pro Mitarbeiter Betrieb (fland) [€ pro Woche]	913,07																
Durchschnittliche Wochenarbeitszeit [h]	43																

■ Input
■ Systemkenngröße
■ Output aus Open Track
■ Output

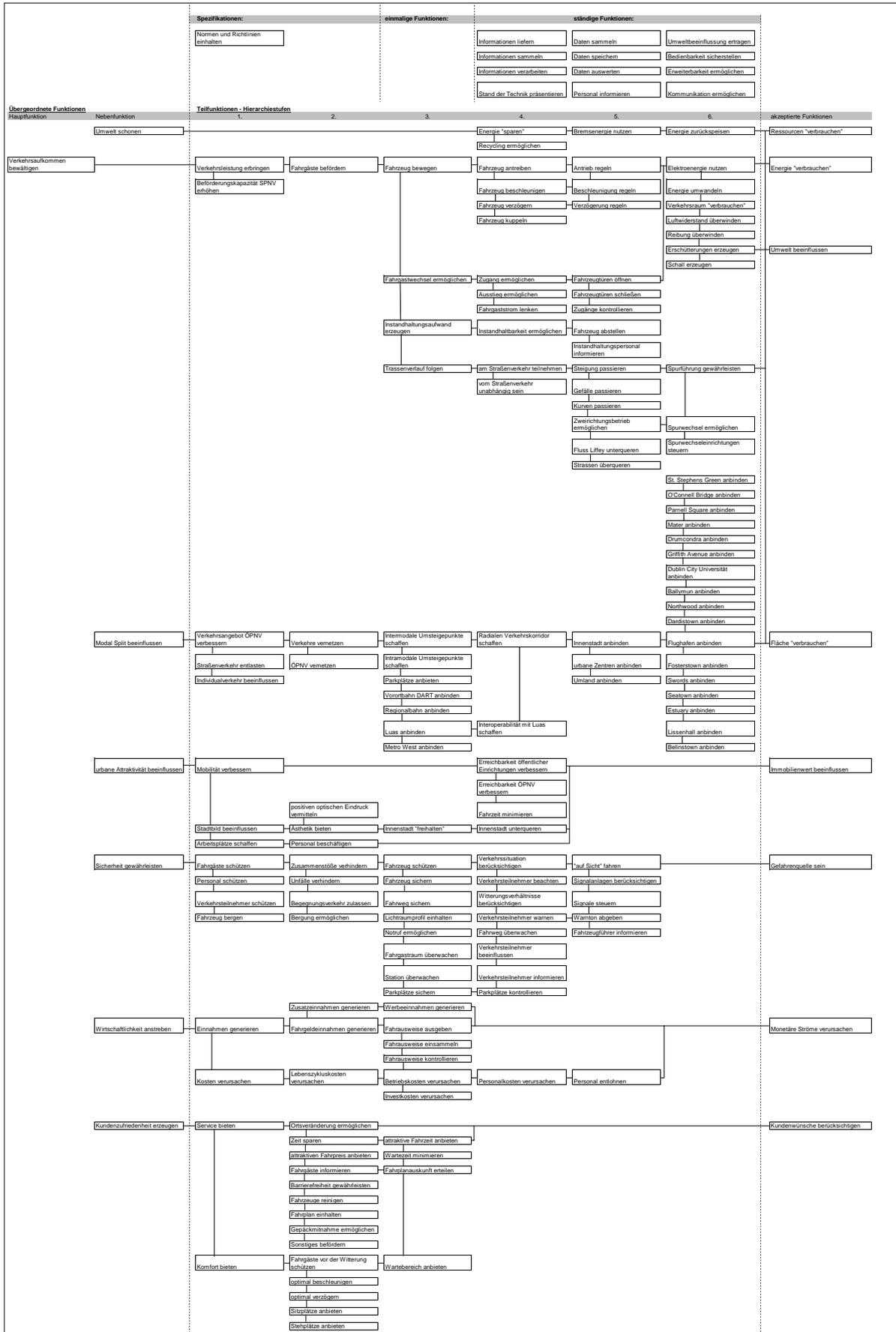
Anlage 2: FAST Datenbank und Diagramme

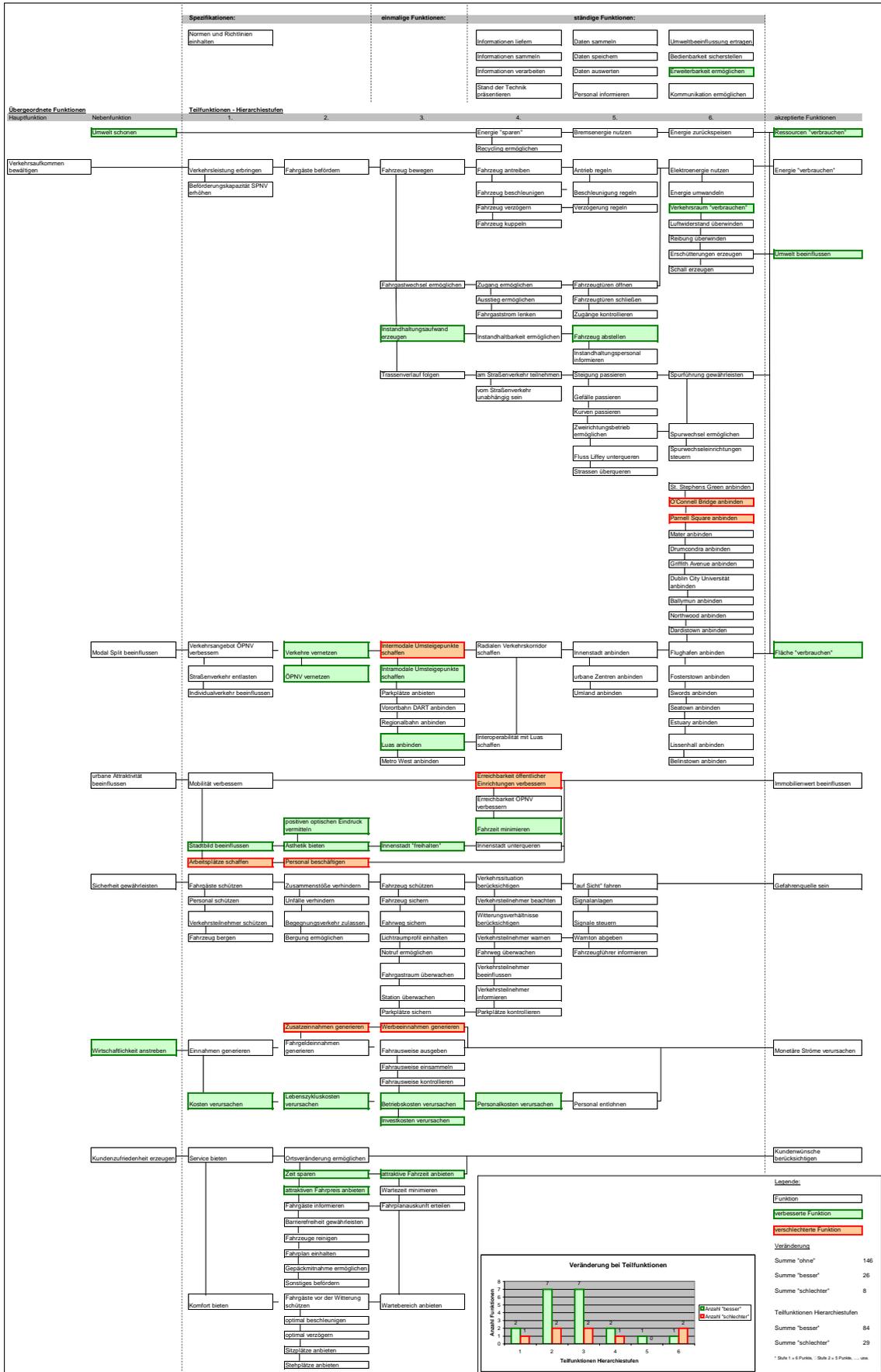
Id. Nr.	IST-Funktion*	Wortwahl		Abstraktionsgrad			Funktionentart			Funktionenklassen						für FAST Diagramm						Ver-änderung
		Hauptwort quantifizierbar	Verb im Infinitiv mit aktivischer Bedeutung?	real	ikonisch	symbolisch	Gebrauchs-funktion	Geitungs-funktion	Hauptfunktion	Nebenfunktion	Basisfunktion	Parallelfunktion	Folgefunktion	Akzeptierte Funktionen	Spezifikation	einmalige Funktionen	ständige Funktionen	Auswirkung der Optimierung				
1	"auf Sicht" fahren	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
2	am Straßenverkehr teilnehmen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
3	Antrieb regeln	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
4	Arbeitsplätze schaffen	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	schlechter				
5	Ashraik bieten	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser				
6	attraktive Fahrzeit anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser				
7	attraktiven Fahrpreis anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser				
8	Ausstieg ermöglichen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
9	Baityun anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
10	Barrierefreiheit gewährleisten	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
11	Bedienbarkeit sicherstellen	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	ja	ohne				
12	Bedienungskapazität SPNV erhöhen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
13	Begegnungsverkehr zulassen	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
14	Beinstown anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
15	Bergrung ermöglichen	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
16	Beschleunigung regeln	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
17	Betriebskosten verursachen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser				
18	Brensenegie nutzen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
19	Daridstown anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
20	Daten auswerten	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
21	Daten sammeln	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
22	Daten speichern	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
23	Drumcontra anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
24	Dublin City Universität anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
25	Einnahmen generieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
26	Elektroenergie nutzen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
27	Energie umwandeln	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
28	Energie "sparen"	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
29	Energie "verbrauchen"	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	ohne				
30	Energie zurückspeisen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
31	Erreichbarkeit öffentlicher Einrichtungen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	schlechter				
32	Erreichbarkeit ÖPNV verbessern	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
33	Erschütterungen erzeugen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
34	Erweiterbarkeit ermöglichen	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	ja	besser				
35	Estuary anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
36	Fahrausweise ausgeben	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
37	Fahrausweise einsammeln	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
38	Fahrausweise kontrollieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
39	Fahrgäste befördern	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
40	Fahrgäste informieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
41	Fahrgäste schützen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
42	Fahrgäste vor der Witterung schützen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
43	Fahrgastraum überwachen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
44	Fahrgastraum lenken	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
45	Fahrgastwechsel ermöglichen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
46	Fahrgasteinnahmen generieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
47	Fahrplan einhalten	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
48	Fahrplanauskunft erstellen	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
49	Fahrtweg sichern	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
50	Fahrtweg überwachen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
51	Fahrtzeit minimieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser				
52	Fahrzeug abstellen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser				
53	Fahrzeug antreiben	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				
54	Fahrzeug bergen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne				

Ild. Nr.	IST-Funktion*	Wortwahl		Abstraktionsgrad			Funktionseart		Funktionssklassen			für FAST Diagramm						Ver-änderung
		Hauptwort quantifizierbar	Verb im Infinitiv mit aktivischer Bedeutung?	real	ikonisch	symbolisch	Gebrauchs-funktion	Geitungs-funktion	Hauptfunktion	Nebenfunktion	Basisfunktion	Parallelfunktion	Folgefunktion	Akzeptierte Funktionen	Spezifikationen	einmalige Funktionen	ständige Funktionen	
55	Fahrzeug bewegen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
56	Fahrzeug beschleunigen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
57	Fahrzeug kuppeln	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
58	Fahrzeug schützen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
59	Fahrzeug sichern	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
60	Fahrzeug verzögern	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
61	Fahrzeuge reinigen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
62	Fahrzeughalter informieren	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
63	Fahrzeugtüren öffnen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
64	Fahrzeugtüren schließen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
65	Fläche "verbrauchen"	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	besser
66	Flughafen anbinden	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
67	Fluss Lifey unterqueren	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
68	Fosterstown anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	besser
69	Gefahrenquelle sein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	ohne
70	Gefälle passieren	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
71	Gespäckminnahme ermöglichen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
72	Griffith Avenue anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
73	Immobilienwert beeinflussen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	ohne
74	Individualverkehr beeinflussen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	ohne
75	Informationen liefern	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
76	Informationen sammeln	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
77	Informationen verarbeiten	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
78	Innenstadt "freihalten"	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
79	Innenstadt anbinden	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
80	Innenstadt unterqueren	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
81	Instandhaltbarkeit ermöglichen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
82	Instandhaltungsaufwand erzeugen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
83	Instandhaltungspersonal informieren	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
84	Intermodale Umsteigepunkte schaffen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	schlechter
85	Interoperabilität mit Luas schaffen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
86	Intramodale Umsteigepunkte schaffen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
87	Investskosten verursachen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
88	Komfort bieten	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
89	Kommunikation ermöglichen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
90	Kosten verursachen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
91	Kundenwünsche berücksichtigen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	ohne
92	Kundenzufriedenheit erzeugen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
93	Kurven passieren	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
94	Lebenszykluskosten verursachen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
95	Lichttraumprofil einhalten	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
96	Lissenthal anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
97	Luas anbinden	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
98	Luftwiderstand überwinden	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
99	Mater anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
100	Metro West anbinden	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
101	Mobilität verbessern	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
102	Modal Split beeinflussen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
103	Monetäre Ströme verursachen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	ja	nein	nein	nein	ohne
104	Normen und Richtlinien einhalten	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
105	Northwood anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
106	Notruf ermöglichen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
107	O Connell Bridge anbinden	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	schlechter
108	OPNV vernetzen	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	s. FAST D.	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser

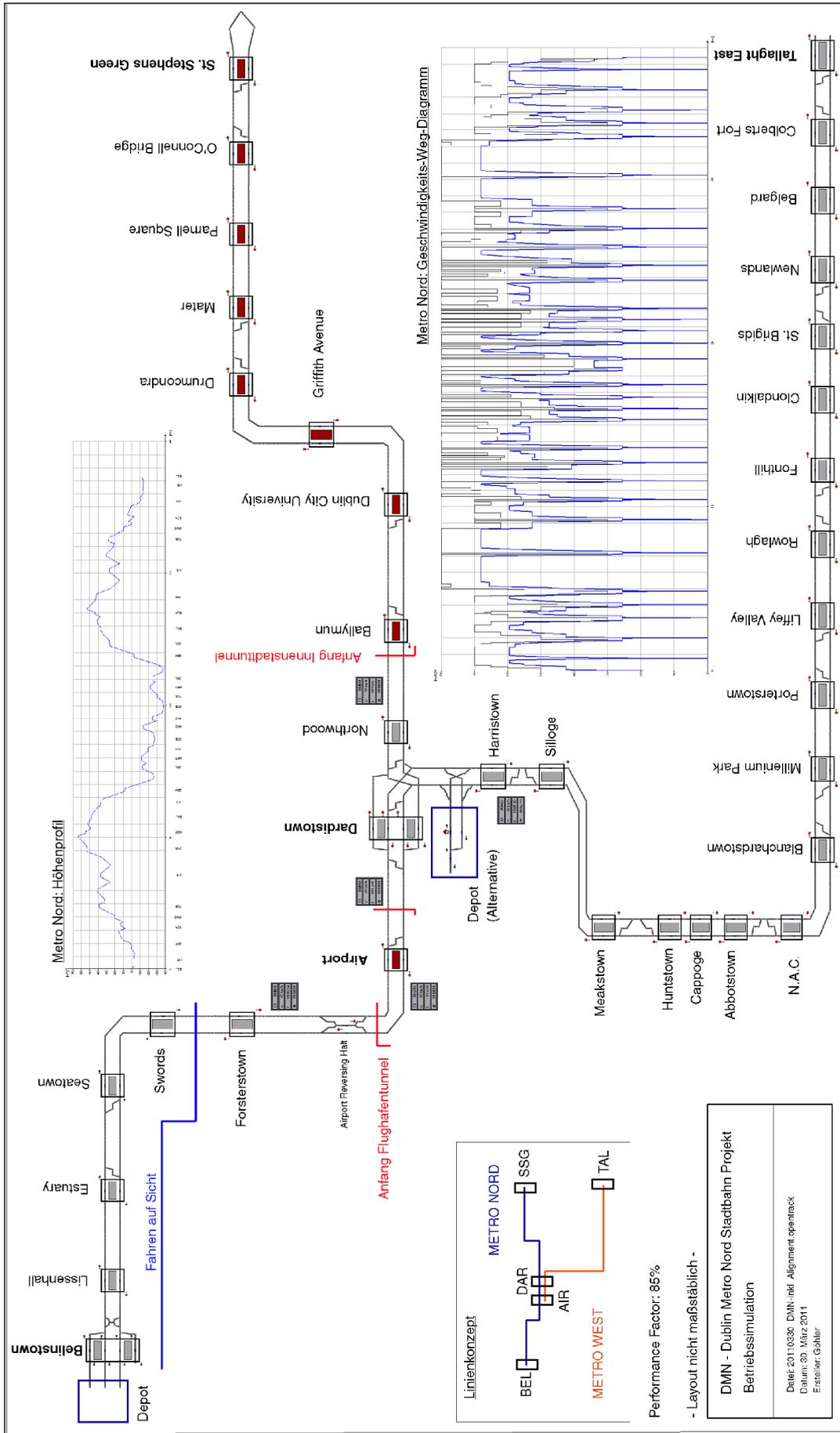
Ild. Nr.	IST-Funktion*	Wortwahl		Abstraktionsgrad			Funktionseart			Funktionenklassen					für FAST Diagramm					Ver-änderung
		Hauptwort quantifizierbar	Verb im Infinitiv mit aktivischer Bedeutung?	real	ikonisch	symbolisch	Gebrauchs-funktion	Geitungs-funktion	Hauptfunktion	Nebenfunktion	Basisfunktion	Parallelfunktion	Folgefunktion	Akzeptierte Funktionen	Spezifikation	einmalige Funktionen	ständige Funktionen	Auswirkung der Optimierung		
109	optimal beschleunigen	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
110	optimal verzögern	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
111	Ortsveränderung ermöglichen	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
112	Parkplätze anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
113	Parkplätze kontrollieren	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
114	Parkplätze sichern	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
115	Panell Square anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	schlechter	
116	Personal beschäftigen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	schlechter	
117	Personal entlohnen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
118	Personal informieren	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
119	Personal schützen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
120	Personalkosten verursachen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
121	positiven optischen Eindruck vermitteln	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
122	Radialen Verkehrskorridor schaffen	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
123	Recycling ermöglichen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
124	Regionatarm anbinden	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
125	Reibung überwinden	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
126	Ressourcen "verbrauchen"	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
127	Schall erzeugen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
128	Seatown anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
129	Service bieten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
130	Sicherheit gewährleisten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
131	Signalanlagen berücksichtigen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
132	Signale steuern	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
133	Sitzplätze anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
134	Sonstiges befördern	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
135	Spurführung gewährleisten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
136	Spurwechsel ermöglichen	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
137	Spurwechsellinien steuern	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
138	St. Stephens Green anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
139	Stadtbild beeinflussen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
140	Stand der Technik präsentieren	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
141	Station überwachen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
142	Stepplätze anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
143	Steigung passieren	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
144	Strassen überqueren	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
145	Strassenverkehr entlasten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
146	Sworbs anbinden	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
147	Trasseverlauf folgen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
148	Umland anbinden	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
149	Umwelt beeinflussen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
150	Umwelt schonen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
151	Umwelteinflussung ertragen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
152	Umfälle verhindern	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
153	urbane Attraktivität beeinflussen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
154	urbane Zentren anbinden	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
155	Verkebre vernetzen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
156	Verkehrsangebot ÖPNV verbessern	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
157	Verkehrsaufkommen bewältigen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
158	Verkehrsleistung erbringen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
159	Verkehrsraum "verbrauchen"	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	besser	
160	Verkehrssituation berücksichtigen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
161	Verkehrsteilnehmer beachten	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	
162	Verkehrsteilnehmer beeinflussen	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	ohne	

ifd. Nr.	Wortwahl	Abstraktionsgrad			Funktionenart		Funktionenklassen						für FAST Diagramm						Ver-änderung
		Hauptwort quantifizierbar	Verb im Infinitiv mit aktivischer Bedeutung?	real	ikonisch	symbolisch	Gebrauchsfunktion	Geleitungs-funktion	Hauptfunktion	Nebenfunktion	Basisfunktion	Parallelfunktion	Folgefunktion	Akzeptierte Funktionen	Spezifikationen	einmalige Funktionen	ständige Funktionen	Auswirkung der Optimierung	
163	Verkehrsteilnehmer informieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
164	Verkehrsteilnehmer schützen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
165	Verkehrsteilnehmer warnen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
166	Verzögerung regeln	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
167	vom Straßenverkehr unabhängig sein	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
168	Vorortbarn DART anbinden	ja	ja	ja	nein	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
169	Wartort abgeben	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
170	Wartebereich anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
171	Wartzeit minimieren	ja	ja	ja	nein	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
172	Werbeaktionen generieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	schlechter
173	Witterungsverhältnisse berücksichtigen	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
174	Wirtschaftlichkeit anstreben	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	besser
175	Zeit sparen	ja	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
176	Zugang ermöglichen	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
177	Zugänge kontrollieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
178	Zusammenstöße verhindern	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne
179	Zusatzmaßnahmen generieren	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	schlechter
180	Zweirichtungsbetrieb ermöglichen	ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	s. FAST D.	nein	nein	nein	nein	ohne

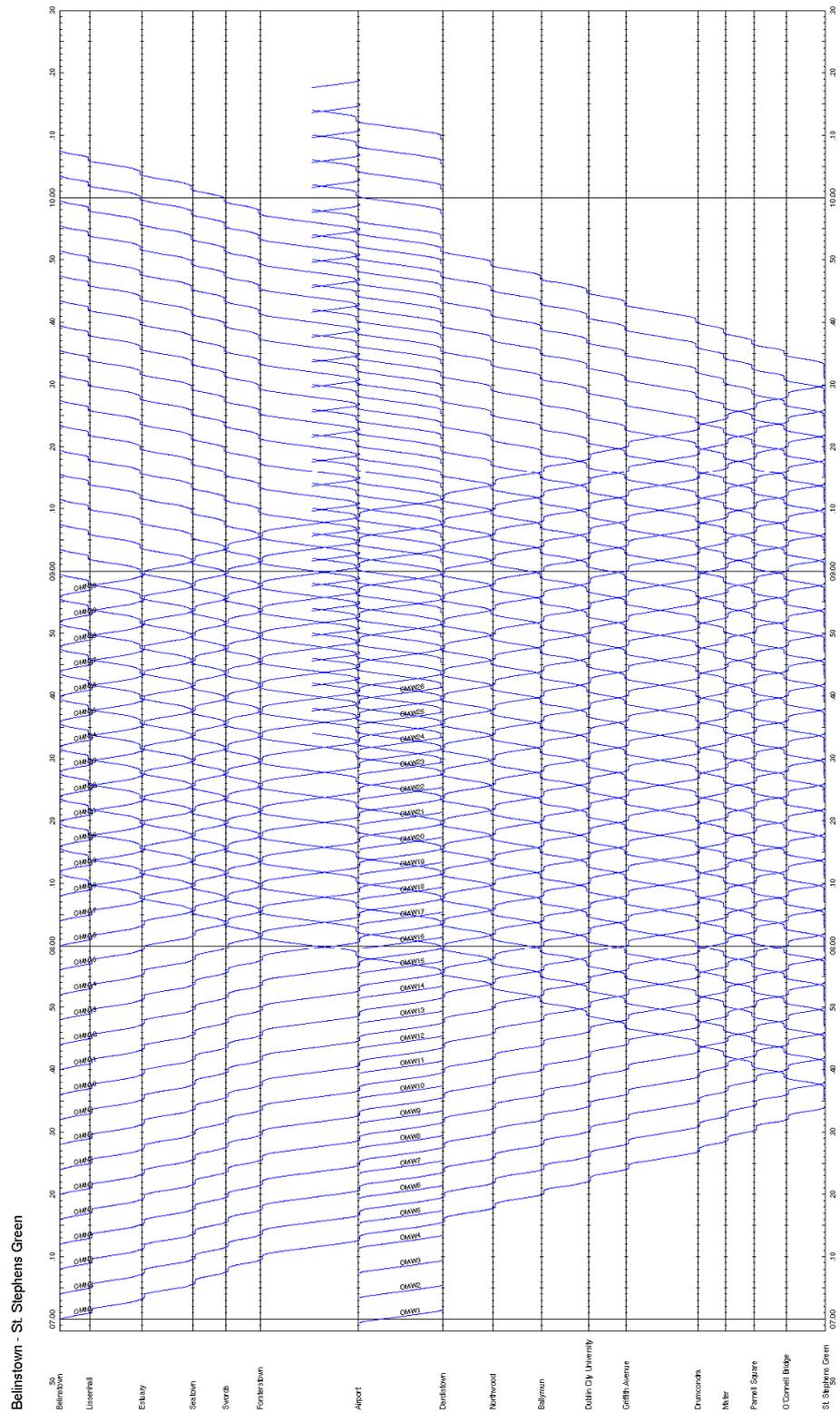


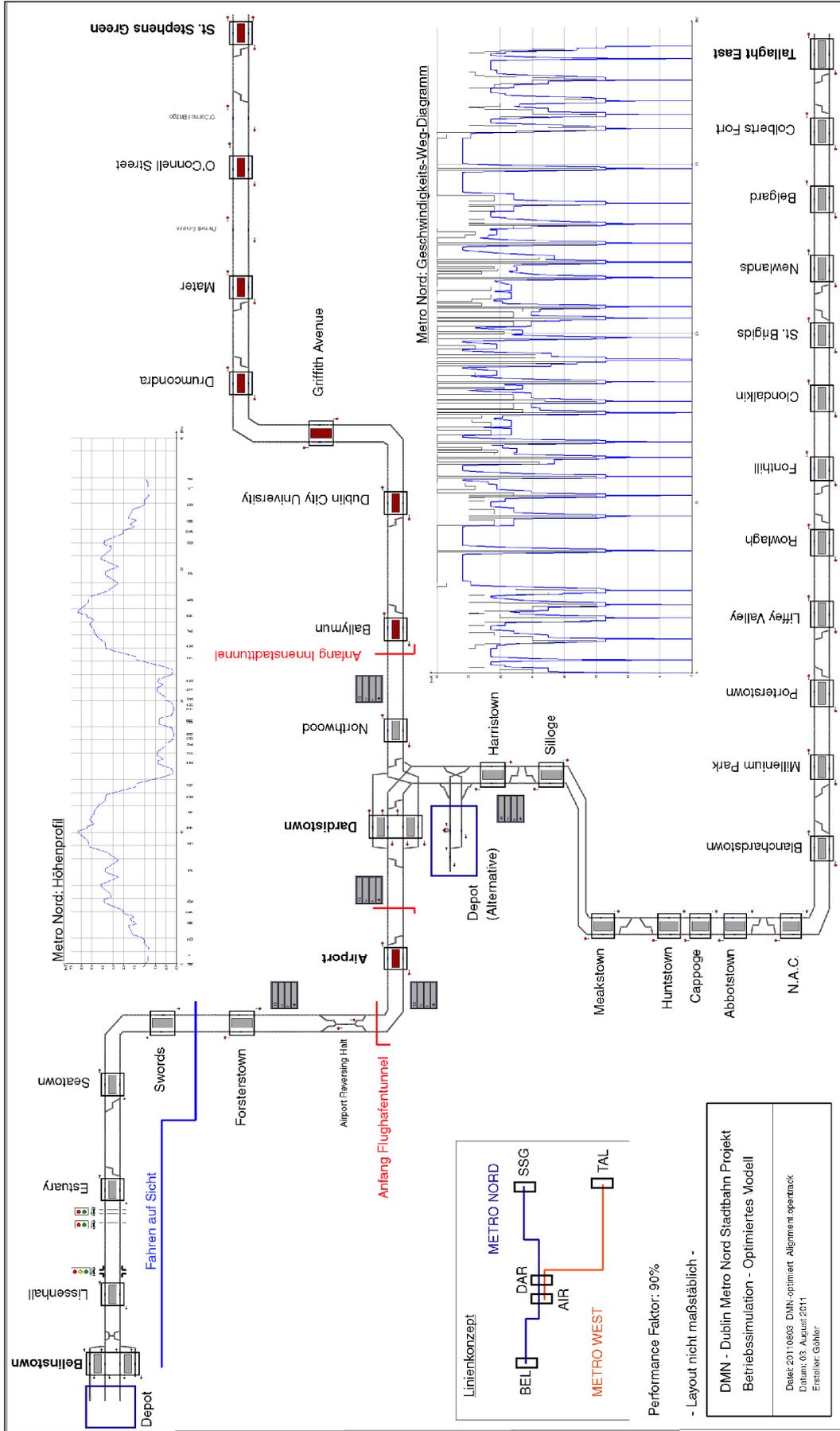


Anlage 3: Simulationsmodelle

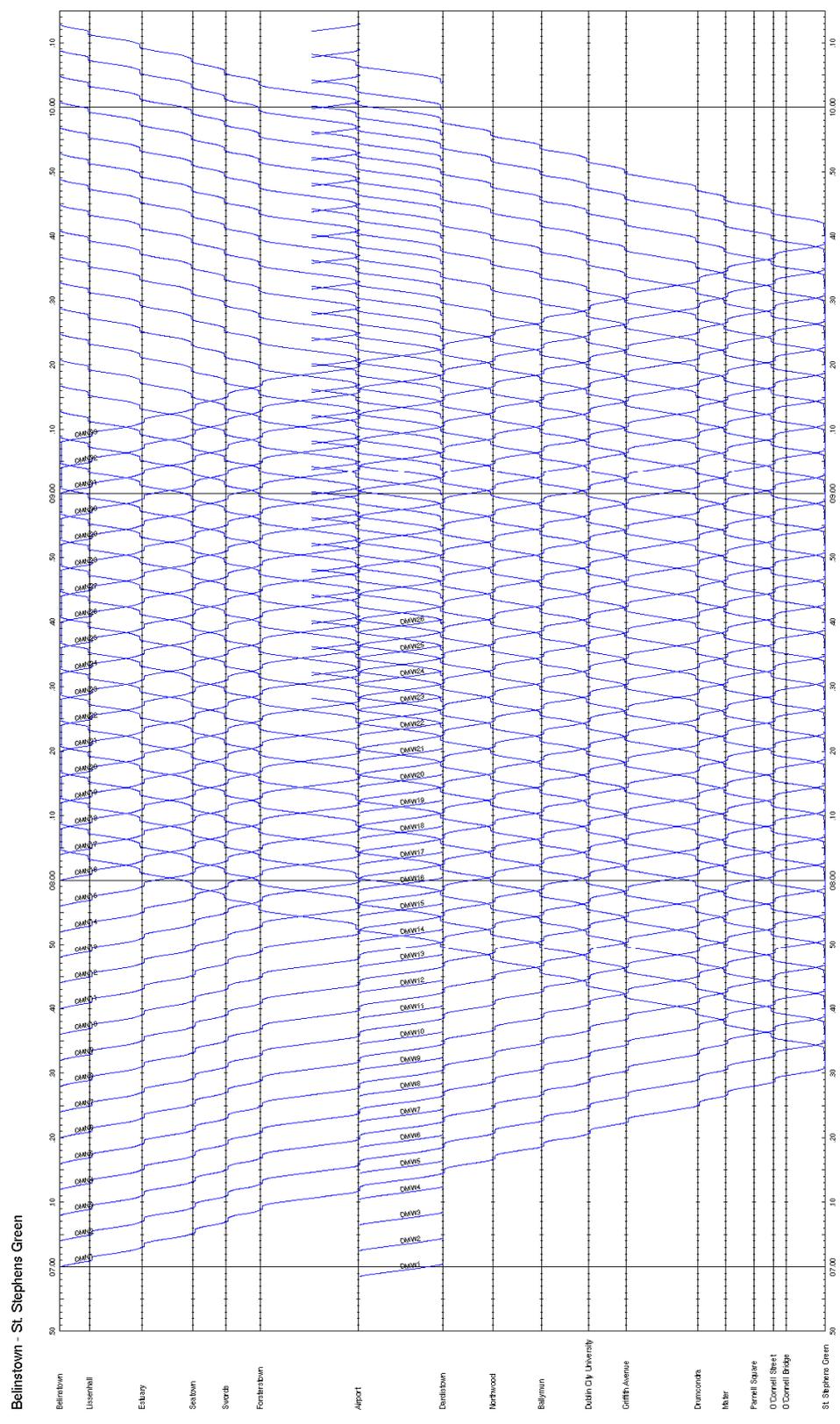


Bildfahrplan Metro Nord (4-Minutentakt; inkl. Verdichtung zum 2-Minutentakt zwischen Station Dardistown und Airport durch Überlagerung mit Metro West)

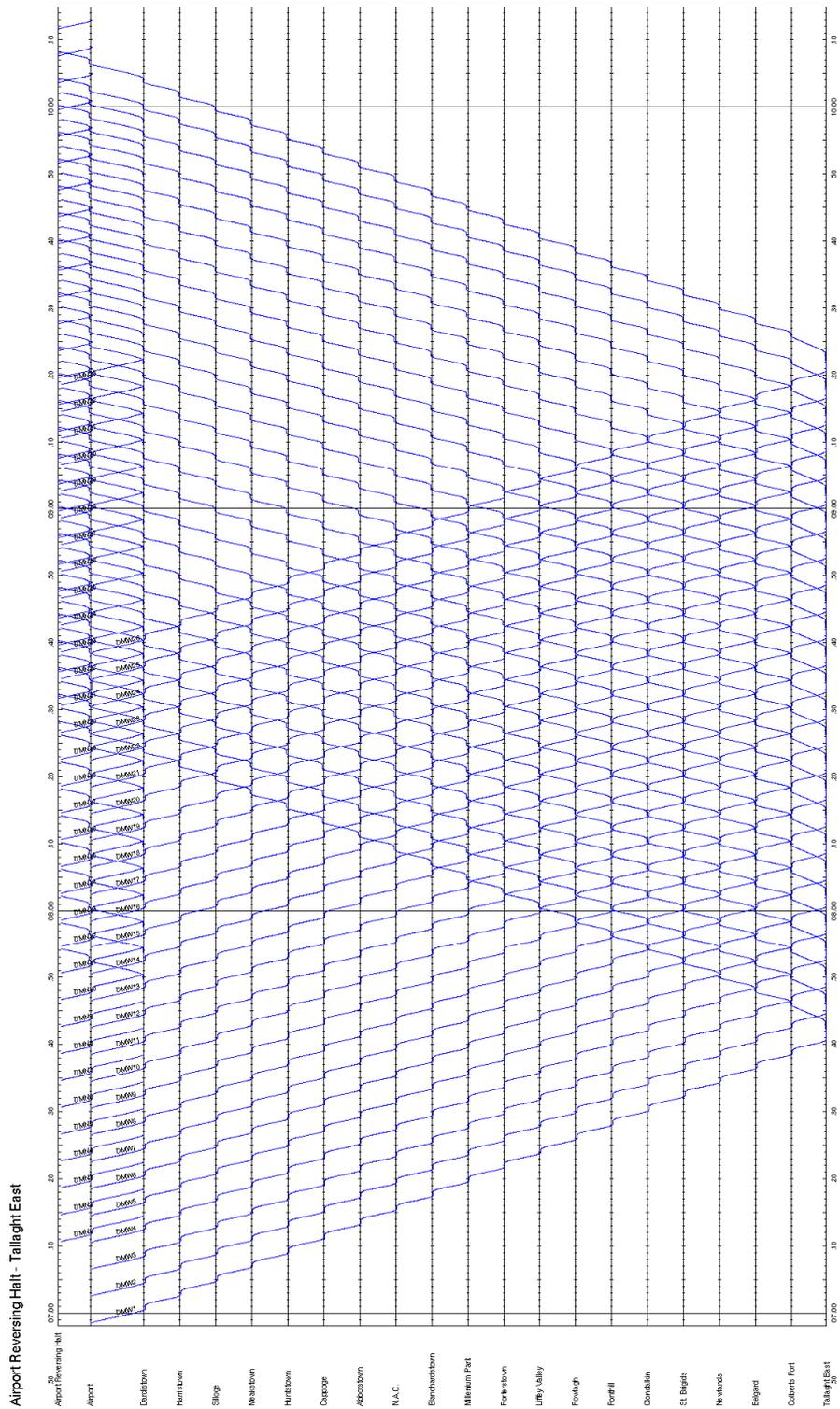




Bildfahrplan Metro Nord (4-Minutentakt; inkl. Verdichtung zum 2-Minutentakt zwischen Station Dardistown und Airport durch Überlagerung mit Metro West)



Bildfahrplan Metro West (4-Minutentakt; inkl. Verdichtung zum 2-Minutentakt zwischen Station Dardistown und Airport durch Überlagerung mit Metro Nord)



Anlage 4: Folienverzeichnis

Nr.	Inhalt
I - 1	Deckblatt Teil 1 Verkehrssysteme in Irland und Dublin
I - 2	Inhalt Teil 1
I - 3	1. Irland – Einleitung
I - 4	Bevölkerungsentwicklung nach Provinzen
I - 5	Arbeitsmarkt
I - 6	Wirtschaftsleistung im Vergleich (Euro-Zone und OECD)
I - 7	1.1 Irland – Basisdaten Basisdaten und Verkehr EU Vergleich (I)
I - 8	Basisdaten und Verkehr EU Vergleich (II)
I - 9	1.2 Irland – Verkehr Entwicklung Modal Split – Arbeits-/Schulwege 1991-2006
I - 10	Modal Split – Arbeitswege aktuell
I - 11	Verkehrssystem Straße 2008
I - 12	Entwicklung der PKW Zahlen je 1000 Einwohner seit 1990
I - 13	Verkehrssysteme Luft und Maritim 2008
I - 14	1.3 Irland – Schienenverkehr: Verkehrssystem Schiene 2008
I - 15	Entwicklung der Eisenbahninfrastruktur 2003-2008
I - 16	Irish Rail – Verkehrsdaten 2001-2008
I - 17	Irish Rail – Entwicklung der Passagierzahlen
I - 18	Irish Rail – Intercity Flotte und Lokomotiven
I - 19	Intercity
I - 20	Fotos: Intercity
I - 21	2. Dublin – Basisdaten und Verkehr: Dublin
I - 22	Vergleich mit Dresden und München
I - 23	Dublin Airport – Kennzahlen
I - 24	Prognose der Passagierzahlen Dublin Airport
I - 25	Dublin: Modal Split – Arbeitswege im Vergleich zum Umland
I - 26	2.1 Dublin – Schienenverkehr: Spurgeführte Verkehrsmittel
I - 27	Regionalbahnen (Commuter)
I - 28	Fotos: Regionalbahn
I - 29	Fotos: Regionalbahn
I - 30	Vorortbahn (DART)
I - 31	Fotos: Vorortbahn
I - 32	Fotos: Vorortbahn

Nr.	Inhalt
I - 33	Irish Rail – Regionalbahn und Vorortbahn Flotte
I - 34	Luas Basisdaten
I - 35	Luas Linien
I - 36	Luas Betriebszeiten und Zugfolgezeiten
I - 37	Luas Fahrzeuge
I - 38	Luas Betriebsdaten 2008
I - 39	Luas Fahrpreis und geschätzte Fahrgeldeinnahmen
I - 40	Luas - Passagieraufkommen
I - 41	Luas - Weitere Technische Daten soweit veröffentlicht
I - 42	Luas - Fotos
I - 43	Luas - Fotos
I - 44	Vergleich Nah- und Regionalverkehr
I - 45	3. „Transport 21“
I - 46	Zeitliche Einordnung im Kontext Irischer Strategien und Programme
I - 47	Basisunterlagen
I - 48	„Transport 21“ und der Nationale Entwicklungsplan (NDP)
I - 49	NDP: Geplante Investitionen im Bereich Wirtschaftliche Infrastruktur
I - 50	NDP: Geplante Investitionen im Teilbereich Transport
I - 51	Irlands Verkehrsnetz der Zukunft gem. der Nationalen Raumordnungsstrategie
I - 52	Dublin. gem. der Nationalen Raumordnungsstrategie
I - 53	Generelle Ziele
I - 54	Ziele überregional
I - 55	Ziele für Dublin und das Umland
I - 56	4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin - Entwicklungsstrategie gem. Dublin Transportation Office DTO (Platform for Change 2001) Strategy A
I - 57	Strategische Planung der Kapazität der Verkehrsträger
I - 58	Stadtbahnprojekte unter „Transport 21“
I - 59	Stadtbahnprojekte unter „Transport 21“
I - 60	Metro Nord
I - 61	Metro West
I - 62	Geplante Metrolinien
I - 63	Stadtbahnprojekte unter T21 - Datensammlung
I - 64	Entwicklungsmodell Stadtbahnnetz
I - 65	Neue Intramodale Umsteigepunkte
I - 66	Kennzahlen der Entwicklung
I - 67	Was wird erreicht? (Spiegelung an T21 Zielen)

Nr.	Inhalt
I - 68	Was wird erreicht? (Spiegelung an T21 Zielen)
I - 69	Was wird erreicht?
I - 70	5. Zusammenfassung (I)
I - 71	5. Zusammenfassung (II)
I - 72	Beginn Backup Bereich Teil 1
I - 73	B0 Begriffe/ Übersetzungen
I - 74	B1 Definition Straßenbahnen und Stadtbahnen
I - 75	B2 Dublin - Verkehr
I - 76	B2 Dublin - Entwicklung des Stadtbahnnetzes
I - 77	B3 „Heavy Rail Theme“ und Flughafenanbindung mit DART
II - 1	Deckblatt Teil 2 Projekt Dublin Metro Nord - Projektbeschreibung
II - 2	Inhalt Teil 2
II - 3	1. Einleitung
II - 4	2. Betriebsdaten
II - 5	3. Finanzierungsmodell/ PPP/ Allgemein
II - 6	3. Finanzierungsmodell Metro Nord
II - 7	4. Vertragsstruktur
II - 8	4. Infrastrukturvertrag - Geplante Vertragsinhalte
II - 9	4. Betreibervertrag - Geplante Vertragsinhalte
II - 10	5. Projektstruktur (I)
II - 11	5. Ortsstruktur
II - 12	5. Projektstruktur (II)
II - 13	6. Lieferstruktur Systeme (I)
II - 14	6. Lieferstruktur Systeme (II)
II - 15	6. Lieferstruktur Systeme (III)
II - 16	7. Interessengruppen/ Stakeholder
II - 17	8. Bietergruppen
II - 18	9. Projektstand - Historie
II - 19	9. Projektstand
II - 20	10. Vorschau
II - 21	Backup Bereich Teil 2
II - 22	B1 Fahrzeuge: Referenzen der RPA: Porto, Köln, Rotterdam - Porto
II - 23	B1 Fahrzeuge: Referenzen der RPA: Porto, Köln, Rotterdam - Köln
II - 24	B1 Fahrzeuge: Referenzen der RPA: Porto, Köln, Rotterdam – Rotterdam

Nr.	Inhalt
III - 1	Deckblatt Teil 3 Projekt Dublin Metro Nord Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung
III - 2	Inhalt Teil 3
III - 3	1. Inputdaten (I)
III - 4	1. Inputdaten (II)
III - 5	2. Errechnete Ausgangsgrößen
III - 6	3. Fahrzeugauswahl
III - 7	3. Fahrzeugauswahl – Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm
III - 8	4. Betriebsdaten
III - 9	4. Betriebsdaten – Simulationsmodell (vereinfachte Streckendarstellung)
III - 10	5. Betriebsdaten – Fahrzeit
III - 11	5. Betriebsdaten – Geschwindigkeit und Energiebedarf
III - 12	5. Systemkenngößen Invest /Erfahrungswerte
III - 13	6. Investitionskosten
III - 14	7. Systemkenngößen Betrieb und Instandhaltung
III - 15	8. Kosten Betrieb und Instandhaltung
III - 16	9. Ergebnis - Wirtschaftlichkeit
III - 17	Diskussion der Ergebnisse (I)
III - 18	Diskussion der Ergebnisse (II)
III - 19	Diskussion der Vorgehensweise
III - 20	Beginn Backup Bereich Teil 3
III - 21	B1 Systemauswahl
III - 22	B2 Erzielbarer Fahrpreis – Untersuchung anhand Luas
III - 23	B3 Preise Elektroenergie
III - 24	B4 Detaillierung Systemkenngößen Bau
III - 25	B4 Detaillierung Systemkenngößen für E&M Systeme
IV - 1	Deckblatt Teil 4 Projekt Dublin Metro Nord Funktionenanalyse Gesamtsystem und Value Engineering
IV - 2	Inhalt Teil 4
IV - 3	1. Einleitung - Allgemeines
IV - 4	1.1 Funktionen
IV - 5	2. Funktionenanalyse Gesamtsystem - 2.1 Sammlung von Funktionen
IV - 6	2.2 Prüfung der Formulierungen (I)
IV - 7	2.2 Prüfung der Formulierungen (II)
IV - 8	2.3 Einteilung der Funktionen – Funktionenarten
IV - 9	2.3 Einteilung der Funktionen – Funktionenklassen (I)

Nr.	Inhalt
IV - 10	2.3 Einteilung der Funktionen – Funktionenklassen (II)
IV - 11	2.3 Einteilung der Funktionen – Funktionenklassen (III)
IV - 12	2.3 Einteilung der Funktionen - Funktionentypen
IV - 13	2.4 Funktionenstruktur – FAST Diagramm (Function Analysis System Technique)
IV - 14	2.4 Funktionenstruktur – Prinzip FAST Diagramm
IV - 15	2.4 Funktionenstruktur – FAST Diagramm Dublin Metro Nord
IV - 16	2.5 Diskussion der Ergebnisse
IV - 17	3. Value Engineering in der Praxis - 3.1 Vorgehensweise
IV - 18	3.1 Vorgehensweise – Möglich Strukturierungsvorgabe
IV - 19	3.2 Konkrete Ansatzpunkte (I)
IV - 20	3.2 Konkrete Ansatzpunkte (II)
IV - 21	3.2 Konkrete Ansatzpunkte (III)
IV - 22	3.2 Konkrete Ansatzpunkte (IV)
IV - 23	3.2 Konkrete Ansatzpunkte (V)
IV - 24	3.2 Konkrete Ansatzpunkte (VI)
IV - 25	4. Ergebnis (I)
IV - 26	4. Ergebnis (II)
IV - 27	4. Ergebnis (III)
IV - 28	5. Zusammenfassung
IV - 29	Beginn Backup Bereich Teil 4
IV - 30	B1 Funktionenbenennung
IV - 31	B2 Einsparungspotentiale
IV - 32	B3 Analysen - Untersuchung der Kapazitäten (I)
IV - 33	B3 Analysen - Untersuchung der Kapazitäten (II)
IV - 34	B3 Analysen - Untersuchung der Kapazitäten (III)
IV - 35	B3 Analysen - Untersuchung der Kapazitäten (IV)
IV - 36	B3 Analysen - Untersuchung der Kapazitäten – Vergleich Luas, DART und Metro Nord
IV - 37	B4 Alternative Lösungen - Alternative 1 – Verlängerung “Green Line”
IV - 38	B4 Alternative Lösungen - Alternative 2 – Flughafenanbindung durch DART
IV - 39	B5 Analysen - Tiefe der geplanten Tiefstationen
IV - 40	B5 Analysen - Tiefstationen – Haltestellenabstände Stadtzentrum
IV - 41	B6 Analysen - Untersuchung der Fahrzeugbreiten – Vergleich Referenzprojekte
IV - 42	B7 Abschätzung möglicher Kosteneinsparungen (Entfall Schleife)
IV - 43	B7 Abschätzung möglicher Kosteneinsparungen (Entfall Tief-Station)

Nr.	Inhalt
V - 1	Deckblatt Zusammenfassung: Vorstellung des Promotionsvorhabens im Rahmen der Disputation am 30.09.2011
V - 2	Inhalt der Zusammenfassung
V - 3	1. Einleitung
V - 4	2. Problemstellung
V - 5	3. Methodik
V - 6	3. Methodik – Einbindung Betriebssimulation
V - 7	4. Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Rahmenbedingungen
V - 8	4. Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Rahmenbedingungen
V - 9	5. Projektdarstellung und -strukturierung
V - 10	5. Projektdarstellung und -strukturierung
V - 11	6. Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung
V - 12	6. Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung
V - 13	7. Funktionenanalyse und Value Engineering
V - 14	7. Funktionenanalyse und Value Engineering
V - 15	8. Abgrenzung
V - 16	9. Zusammenfassung und Ausblick
V - 17	Begin Backup Bereich
V - 18	B1 Projektstand
V - 19	B2 Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Randbedingungen
V - 20	B2 Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Randbedingungen
V - 21	B3.1 Bildfahrplan Metro Nord und West
V - 22	B3.2 Energiebedarf in Abhängigkeit vom Geschwindigkeitsprofil
V - 23	B4.1 Komplementäre Einflüsse
V - 24	B4.1 Komplementäre Einflüsse
V - 25	B4.1 Komplementäre Einflüsse

Anlage 5: Kurzfassungen (Foliensätze)

Verkehrssysteme in Irland und Dublin

als Teil des Promotionsvorhabens:
Systematik zur Analyse und Bewertung spurgeführter Verkehrssysteme
am Beispiel des Stadtbahnprojektes Dublin Metro Nord

14.09.2011

I - 1

Thomas Göhler

Verkehrssysteme in Irland und Dublin

Inhalt

1. Irland – Basisdaten, Verkehr, Schienenverkehr
2. Dublin – Basisdaten, Verkehr, Schienenverkehr
3. „Transport 21“
4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin
5. Zusammenfassung

14.09.2011

I - 2

Thomas Göhler

1. Irland - Einleitung

Republik Irland /002/

Insellage

Hauptstadt: Dublin

4 Provinzen

Einwohner: 4,2 Mio.

Fläche: 70.282 km²

Dichte: 59,8 P/km²

Mitglied der EU seit: 1973

Bruttoinlandsprodukt (2008):

181,9 Mrd. €

Pro Kopf:

41.115 €



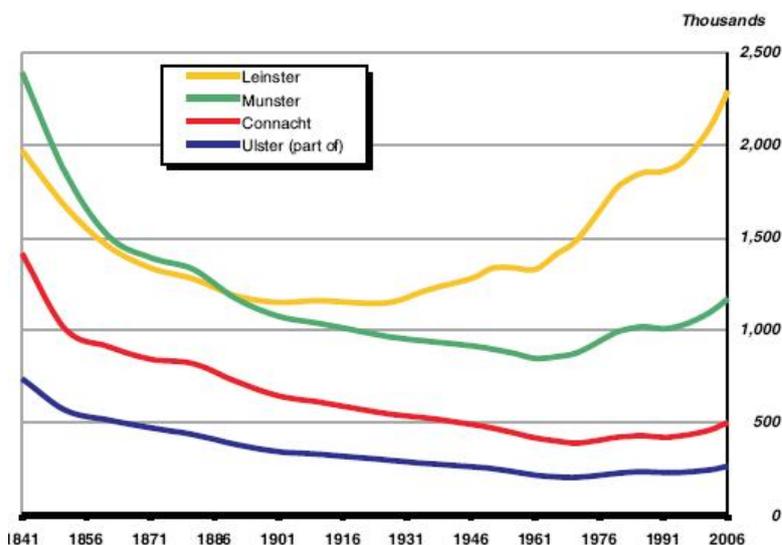
14.09.2011

I - 3

Thomas Göhler

1. Irland - Einleitung

Bevölkerungsentwicklung nach Provinzen /003 S.7/



Wachstum seit 2002-2006 (gesamt): 8,2%

größtes Wachstum in der Provinz Leinster

Hauptfaktoren:
Migration
Steigende Geburtenrate
Sinkende Sterberate

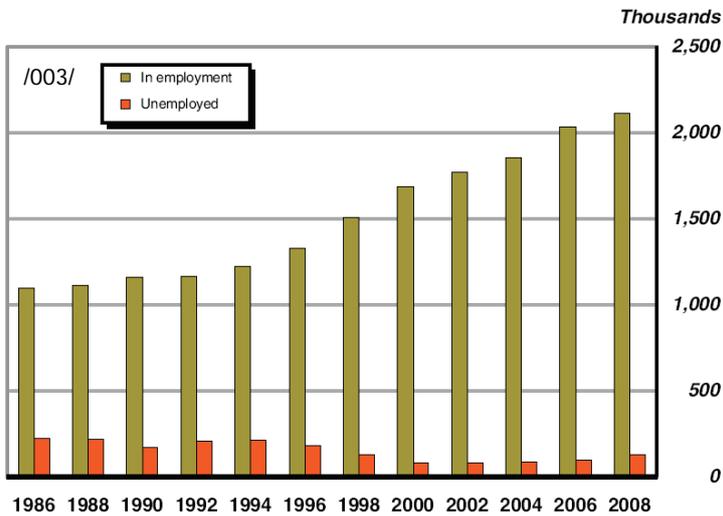
14.09.2011

I - 4

Thomas Göhler

1. Irland - Einleitung

Arbeitsmarkt /003 S.27 u. 28/



Anstieg der Anzahl Beschäftigungsverhältnisse zwischen 1986 und 2008 um ca. 1 Million

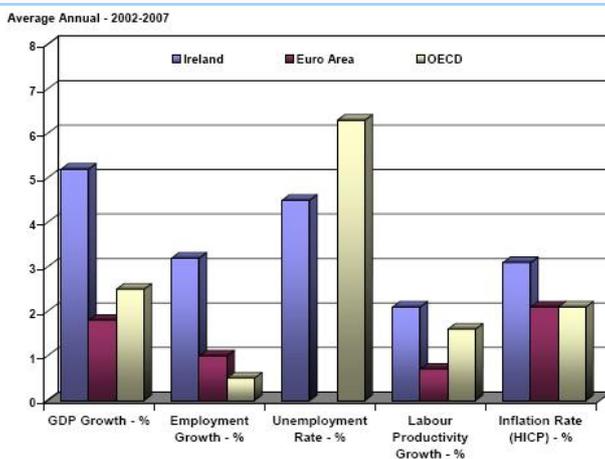
leichter Rückgang der Arbeitslosigkeit im selben Zeitraum; seit 1998 etwa konstant

Arbeitslosigkeit 2008 ca. 6,6 %

1. Irland - Einleitung

Wirtschaftsleistung im Vergleich (Euro-Zone und OECD)/004/

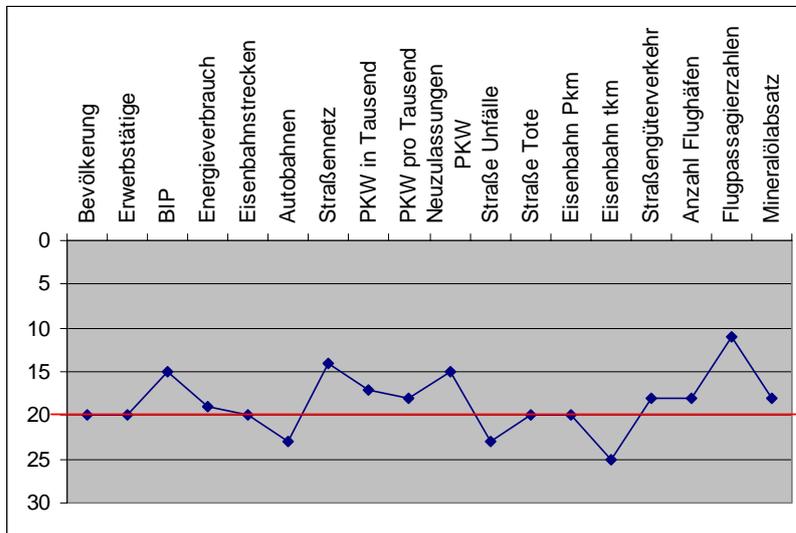
Irish Economic Performance in a Comparative Context



Source: Indecon analysis based on data from CSO and OECD

1.1 Irland – Basisdaten

Basisdaten und Verkehr EU Vergleich (I)



/005//064/

14.09.2011

I - 7

Thomas Göhler

1.1 Irland – Basisdaten

Basisdaten und Verkehr EU Vergleich (II)

Irland nimmt bei folgenden Kenngrößen Rang 20 innerhalb der EU ein:
Bevölkerung, Erwerbstätige, Tote im Straßenverkehr, Eisenbahnstrecken,
Eisenbahn Verkehrsleistung Pkm

Folgende Kenndaten werden als überdurchschnittlich bewertet:

Bruttoinlandprodukt (Rang 15), Energiebedarf (Rang 19), Länge des
Straßennetzes (Rang 14), Anzahl PKW absolut (Rang 17), Anzahl PKW pro
1000 Einwohner (Rang 18), Anzahl Neuzulassungen (Rang 15),
Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr (Rang 18), Anzahl Flughäfen
(Rang 18), Flugpassagierzahlen (Rang 11), Mineralölabsatz (Rang 18)

Folgende Kenndaten werden als unterdurchschnittlich bewertet:

Länge Autobahnen (Rang 23), Unfälle im Straßenverkehr (Rang 23),
Verkehrsleistung im Schienengüterverkehr tkm (Rang 25)

/005//064/

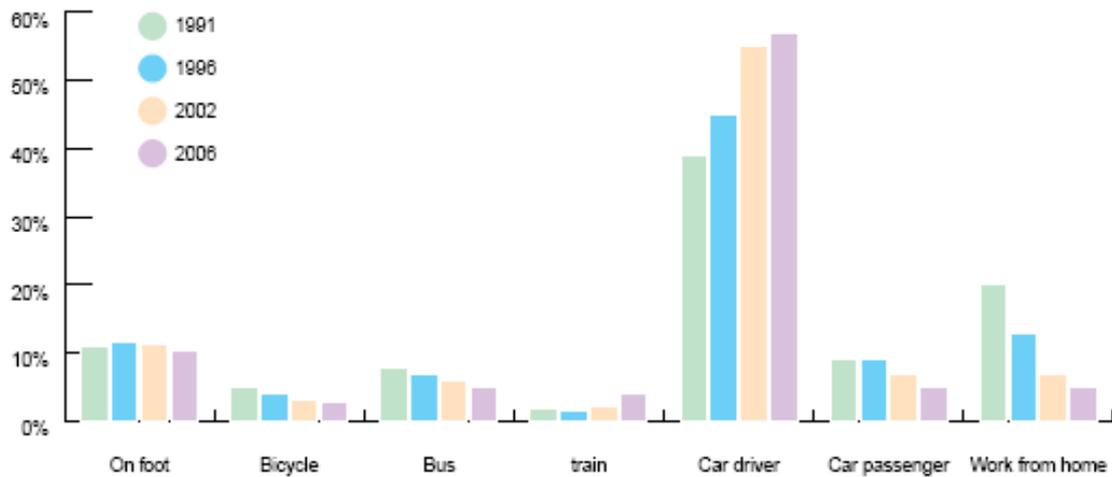
14.09.2011

I - 8

Thomas Göhler

1.2 Irland - Verkehr

Entwicklung Modal Split Arbeits-/Schulwege 1991-2006 /006/



14.09.2011

I - 9

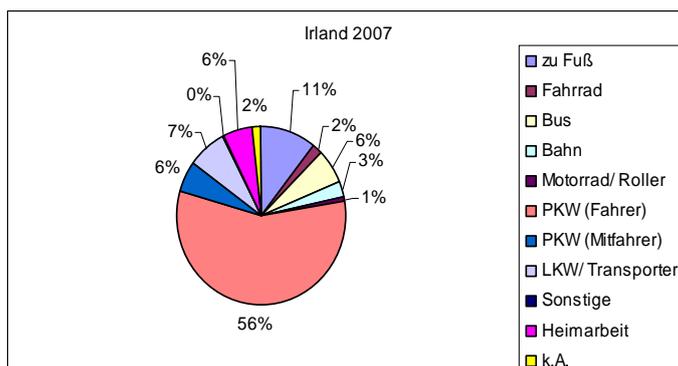
Thomas Göhler

1.2 Irland - Verkehr

Modal Split Arbeitswege aktuell /003 S.273/

Der Hauptverkehrssträger ist die Straße. Motorisierter Individualverkehr macht 70% des Aufkommens aus.

Nur ca. 3% der Arbeitswege werden mit der Bahn zurückgelegt.



14.09.2011

I - 10

Thomas Göhler

1.2 Irland - Verkehr

Verkehrssystem Straße 2008

Straßennetz

- 5.433 km Nationalstraßen, davon 427 km Autobahn (Anstieg 71% seit 2005)
/027 S.12/

PKW, Taxis, Busse, LKW

- 2,5 Mio. Zulassungen, davon 71% private PKW /027 S.75/
 - 27.440 Taxis (inkl. sonst. Fahrzeuge des öffentlichen Individualverkehrs)
/027 S.15/
 - Busgesellschaften (Irland und Dublin): /027 S.14/
 - Flotte 1.845 Busse; Aufkommen 237 Mio. Passagiere;
 - Distanz 164 Mio. km
 - Güterverkehr: Aufkommen 246 Mio. t (Anstieg 73% seit 1998)
Leistung 17.289 Mio. tkm (Anstieg 111% seit 1998) /027 S.13/
- > Die Straßen sind überlastet. Die Durchschnittsgeschwindigkeit im Berufsverkehr lag 2006 bei 13 km/h. Bis 2016 wird eine weitere Verschlechterung auf 8 km/h prognostiziert. /043/

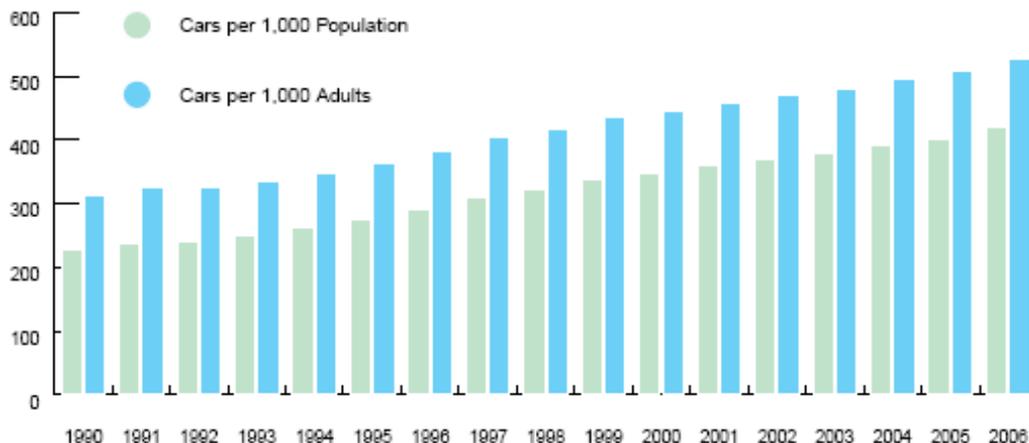
14.09.2011

I - 11

Thomas Göhler

1.2 Irland - Verkehr

Entwicklung der PKW Zahlen je 1000 Einwohner seit 1990 /006/



14.09.2011

I - 12

Thomas Göhler

1.2 Irland - Verkehr

Verkehrssysteme Luft und Maritim 2008

Flughäfen und Flugzeuge /027 S.13 u. 96/

- 9 Flughäfen
- 31,3 Mio. Fluggäste, davon 75% Dublin, 11% Shannon, 10% Cork (Verringerung um 1% gegenüber Vorjahr)
- Fracht: 112 000 t

Häfen und Schiffe /027 S.14 u. 131, 134/

- 21 Häfen
- Fracht: 51,08 Mio. t
- Anzahl ankommender Schiffe: 14.729 (Verringerung um 8,4% gegenüber Vorjahr)
- Ankommende Kreuzfahrtschiffe: 164 mit 146.000 Passagieren in 8 Passagierhäfen

14.09.2011

I - 13

Thomas Göhler

1.3 Irland - Schienenverkehr

Verkehrssystem Schiene 2008

Anzahl Bahnhöfe: 138

Gleislänge: ca. 2.347 km

davon elektrifiziert: 107,5 km

Spurweite: 1.600 mm

/027 S.125/

Betreiber:

Irish Rail (Iarnród Éireann)

Veolia Transport

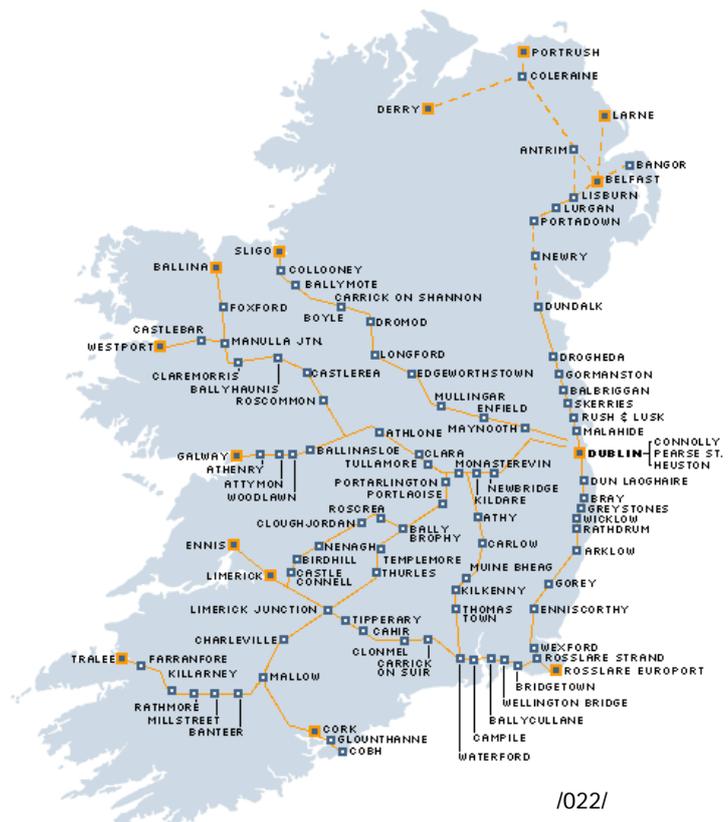
Aufkommen: 44,6 Mio. Passagiere

Leistung: $1,98 \times 10^9$ Pkm

Güteraufkommen: 717 000 t

Leistung: 103 Mio. tkm

/003 S.270/



/022/

14.09.2011

I - 14

Thomas Göhler

1.3 Irland - Schienenverkehr

Entwicklung der Eisenbahninfrastruktur 2003-2008

CIE, Ireland	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Length of lines, total [line km]	1,834.0	1,834.0	1,912.0	1,834.0	1,834.0	1,889.0
Length of lines, passenger [line km]	1,680.0	1,680.0	1,680.0	1,680.0	1,680.0	1,718.0
Length of lines in single track [line km]	1,399.0	1,399.0	1,399.0	1,196.0	1,196.0	1,340.2
Length of maintrack [main track km]	2,289.0	2,289.0	2,375.0	2,289.0	2,289.0	2,347.0
Length of electrified maintrack [main track km]	96.6	96.6	96.6	107.5	107.5	107.5
Number of passenger stations [passenger stations]	136	136	136	135	135	138

Source: *Iamród Éireann*

/027 S.125/

14.09.2011

I - 15

Thomas Göhler

1.3 Irland - Schienenverkehr

Irish Rail - Verkehrsdaten 2001-2008

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Passenger journeys								
Mainline and other services	9,972	10,438	10,406	10,511	11,068	8,917	10,537	10,324
Dublin suburban services	23,373	24,120	24,302	23,240	9,556	13,862	13,880	13,645
DART	*	*	*	*	16,256	19,689	20,244	19,865
International journeys	861	812	850	799	775	884	850	813
Total	34,206	35,370	35,558	34,550	37,655	43,352	45,511	44,647
Passenger kilometres	1,515,303	1,628,000	1,601,000	1,581,698	1,781,000	1,872,067	2,007,065	1,975,733
Freight traffic tonnes	2,612	2,246	2,251	2,140	1,820	1,090	825	717
Freight traffic tonnes kilometres	515,754	426,307	398,309	399,041	303,223	206,777	128,908	103,235

Source: *Iamród Éireann*

In Tausend /003 S.270/

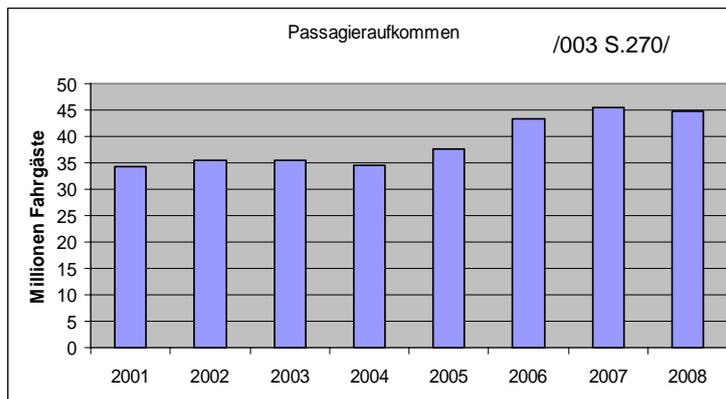
14.09.2011

I - 16

Thomas Göhler

1.3 Irland - Schienenverkehr

Irish Rail - Entwicklung der Passagierzahlen



Von 2001 bis 2008 haben sich die Passagierzahlen von Irish Rail um ca. 10 Mio. Fahrgäste erhöht.

Das ist eine Steigerung um ca. 23 %.

14.09.2011

I - 17

Thomas Göhler

1.3 Irland - Schienenverkehr

Irish Rail – Intercity Flotte und Lokomotiven /035/

Intercity	Lokomotiven
46 Garnituren Diesel Multiple Unit (DMU) 22000 Class, 6/3 teilig, Bj. 2006-2008 (Mitsui/Rotem), $v_{\max}=160$ km/h	79 Stück 071, 121, 141, 181, 201 Class, Bj. 1960-1995, 950-3200 PS (700-2350 kW)
200 Stück Reisezugwagen MK4, MK3, MK3 International, MK3 Push/Pull inkl. Steuer- und Generatorwagen, Bj. 1984-2005	
28 Stück Reisezugwagen De Dietrich* inkl. 4 Steuerwagen, Bj. 1996	

* owned by both Iarnród Éireann & Northern Ireland Railway

14.09.2011

I - 18

Thomas Göhler

1.3 Irland - Schienenverkehr



Intercity /036//037/

Bahnhöfe insgesamt: 87

Bahnhöfe in Dublin: Heuston Station und Connolly Station

Klassen: Superstandard und Standard (1. und 2. Klasse)

Rauchverbot: In allen Zügen und Bahnhöfen

Verbindungen von/ nach Dublin:

Belfast (126 min), Sligo (185 min), Ballina (216 min), Westport (218 min),
Galway (146 min), Limerick (101 min), Ennis (141 min), Tralee (243 min),
Cork (165), Waterford (143 min) and Rosslare Europort (168 min)

Sonstige Verbindungen:

von Rosslare Europort nach Limerick

von Cork nach Tralee

von Cork nach Limerick

von Mallow nach Cobh

14.09.2011

I - 19

Thomas Göhler

1.3 Irland - Schienenverkehr

Fotos: Intercity



DMU 22000 Class



De Dietrich Reisezugwagen

14.09.2011

I - 20

Thomas Göhler

2. Dublin - Basisdaten

Dublin

Status: Hauptstadt

Einwohnerzahlen:

Stadt Dublin: 506.211

Bezirk Dublin: 1,187 Mio.

Großraum: 1,661 Mio. Einwohner

/002/

Fläche*: 115 km²

/075/

* Vom City Council verwaltet



14.09.2011

I - 21

Thomas Göhler

2. Dublin – Basisdaten und Verkehr

Vergleich mit Dresden und München

	Dresden /063/	Dublin /002//075//058/	München /051//066//065/
Bevölkerung	512 234	506 211	1 330 000
Bevölkerung Großraum	1 638 111	1 661 000	k.A.
Bevölkerung Rep. Irland/ Bundesland	4 192 801	4 200 000	12 519 728
Bevölkerungsdichte [E/km ²]	1560	>4000**	4275
Entfernung Stadtzentrum Flughafen [km]*	ca. 10	ca. 10	ca. 30
Flugpassagierzahlen	1 856 390	23 467 711	34 552 189

• Ähnlichkeiten mit Dresden: Städtische Einwohnerzahl, Einwohnerzahlen Irlands und Bundesland Sachsen, Flughafen ca. 10 km außerhalb Stadtzentrum

• Ähnlichkeiten mit München: Bevölkerungsdichte, Flugpassagierzahlen

* /www.map24.de/

** Widerspruch zu /069/ David King „Metro North Oral Hearing – Proof of Evidence, Transport Model“ Seite 6

(1300 P/km²)

14.09.2011

I - 22

Thomas Göhler

2. Dublin - Verkehr

Dublin Airport – Kennzahlen

- Nach Angaben der Flughafenbehörde Dublin lag das Passagieraufkommen 2007 bei 23,29 Mio. (9% Wachstum gegenüber 2006). In 2008 verlangsamte sich das Wachstum auf 0,8%. Das Passagieraufkommen lag bei 23,47 Mio. Fahrgästen. /058 S.88/
- Transitpassagiere 64.000 pro Jahr /058 S.88/
- Angestellte Flughafen: 13.000 in ca. 120 Firmen /067/
- An- und Abreise Flughafen pro Jahr: 28 Mio.
- An- und Abreise Flughafen pro Tag: 78.700

14.09.2011

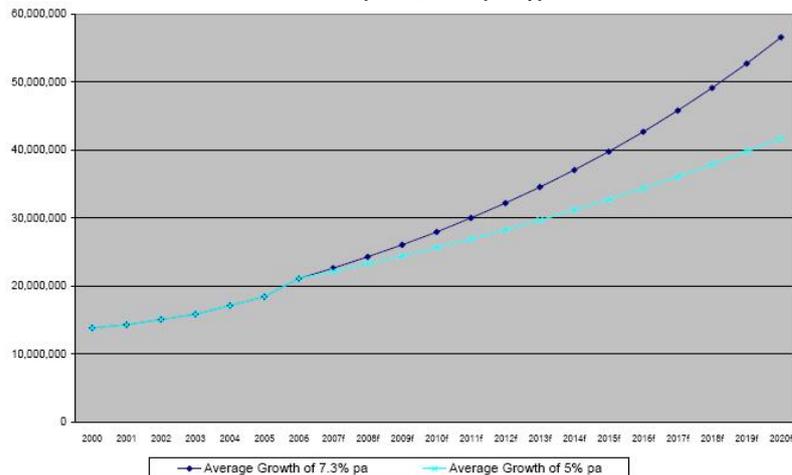
I - 23

Thomas Göhler

2. Dublin - Verkehr

Prognose der Passagierzahlen Dublin Airport /004/

Für den Flughafen in Dublin wird ein weiteres Wachstum der Passagierzahlen von durchschnittlich 5% pro Jahr prognostiziert.



14.09.2011

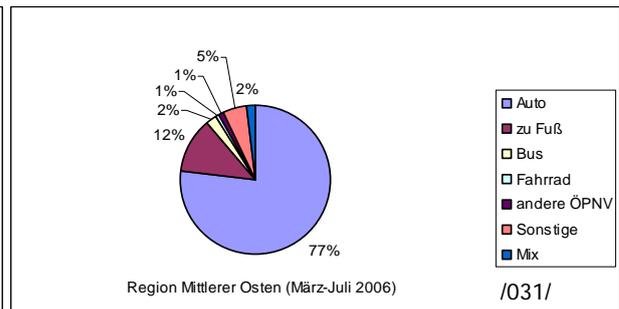
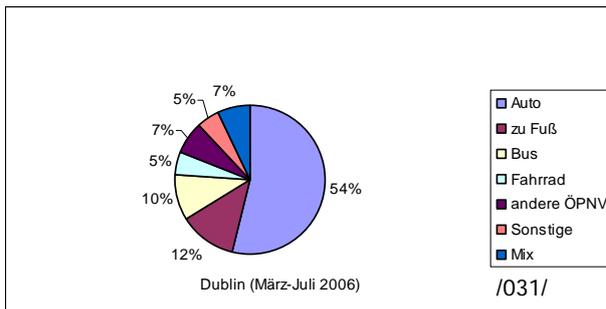
I - 24

Thomas Göhler

2. Dublin - Verkehr

Dublin: Modal Split - Arbeitswege im Vergleich zum Umland

- 54% der Arbeitswege wurden in Dublin mit dem Auto zurückgelegt, im Großraum Dublin waren es sogar 77% (München 43% /076 S.120/).
- Nur 7% der Arbeitswege wurden in Dublin mit anderem ÖPNV als Bus (d.h. ggf. Bahn) zurückgelegt. Im Großraum wurde die Bahn nahezu nicht für den Arbeitsweg benutzt.



14.09.2011

I - 25

Thomas Göhler

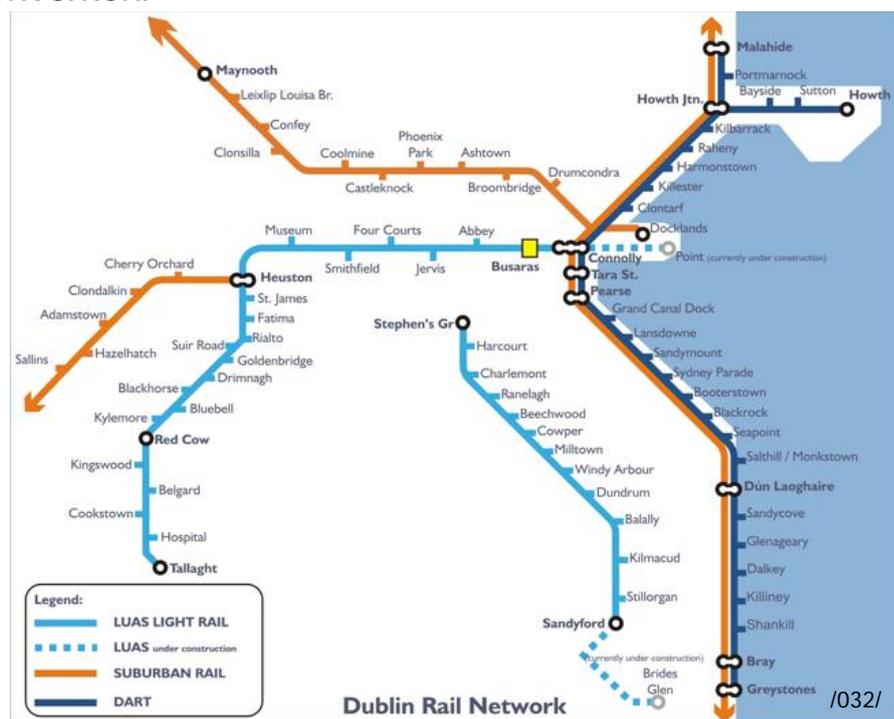
2. Dublin - Schienenverkehr

Spurgeführte Verkehrsmittel

Regionalbahn
(Commuter)

Vorortbahn
(Dublin Area Rapid
Transit; DART)

Straßenbahn
(Luas)



14.09.2011

I - 26

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr



Regionalbahnen (Commuter) /038/

Linie Süd-Ost

- Dublin Connolly - Rosslare Europort (Radial, 21 Stationen, 182 min., ca. 150 km**)

Linie Nord

- Dundalk - Bray (Diagonal, 21 Stationen, 122 min., ca. 120 km**)

Linie West (Maynooth Linie)

- Dublin Pearse - Longford (Radial, 19 Stationen, 148 min., 150 km**)

Kildare Linie

- Dublin Heuston - Portlaoise (Radial, 11 Stationen, 70 min, ca. 80 km**)

-> 3 Radiallinien, 1 Diagonallinie

-> mittl. Haltestellenabstand: ca. 7500 m

-> mittl. Reisegeschwindigkeit: ca. 60 km/h

14.09.2011 ** Schätzungen/ Straßenentfernung

I - 27

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Fotos: Regionalbahn



Regionalbahn DMU 2800 Class

14.09.2011

I - 28

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Fotos: Regionalbahn



Regionalbahn DMU 2800 Class

14.09.2011



Regionalbahn DMU - Fahrgastraum

I - 29

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Vorortbahn (DART)



- Greystones - Malahide (Howth)
- Länge: 33 km
- Anzahl Stationen: 30
- Fahrzeit: 75 min

- > 1 Diagonallinie
- > mittl. Haltestellenabstand: 1.100 m
- > mittl. Reisegeschwindigkeit: 26,4 km/h

14.09.2011

I - 30

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Fotos: Vorortbahn



DART EMU 81/8300 (l.) und 8520 (r.) Class

14.09.2011

I - 31

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Fotos: Vorortbahn



DART 8520 Class in Tara Street Station



DART 8520 Class - Fahrgastraum

14.09.2011

I - 32

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Irish Rail – Regionalbahn und Vorortbahn Flotte /035/

Regionalbahn (Commuter)	Vorortbahn (DART)
180 Stück Diesel Multiple Unit (DMU) 29000, 2750, 2700, 2800, 2600 Class, 260-340 kW (350-450 PS), Bj. 1994-2005 (Tokyu Car, Alstom, CAF)	60 Garnituren Electric Multiple Unit (EMU) 8520, 8510, 8500 8200/8400, 8100/8300 Class, 4/2 teilig, 520 kW (690 PS), Bj. 1983-2005 (LHB, Alstom, Tokyu Car)
1600 mm Spurweite, $V_{\max} = 120$ km/h	1600 mm Spurweite, $V_{\max} = 110$ km/h, Stromversorgung: 1500 V DC (Oberleitung), Depot in Fairview, Abstellanlage in Bray

14.09.2011

I - 33

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

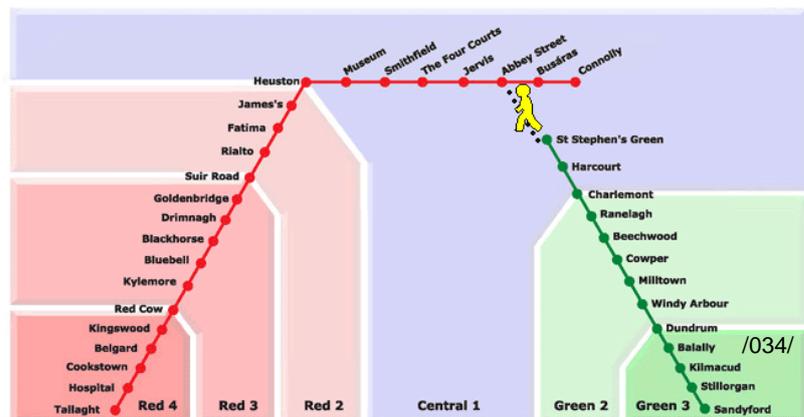
Luas Basisdaten

Betreiber: Veolia Transport Ireland (bis 2006: Connex Transport Ireland)*
 Instandhaltung: Alstom
 Linie A (Rot): Eröffnung: 28. September 2004
 Linie B (Grün): Eröffnung: 30. Juni 2005
 Fußweg zwischen St. Stevens Green und Abbey Street Station: ca. 15 min.

Anzahl Zonen: 6
 Separate Tickets, Smartcard

* Betreibervertrag wurde im Oktober 2008 bis 2014 verlängert /061/

LUAS



14.09.2011

I - 34

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas Linien /027 S.123/

LUAS

Linie A (Rot)

- Connolly - Tallaght (Radial, 23 Stationen, 48 min., 15,08 km)

Linie B (Grün)

- St. Stevens Green – Sandyford (Radial, 13 Stationen, 22 min., 8,91 km)

-> 2 Radiallinien

-> mittl. Haltestellenabstand: ca. 700 m

-> mittl. Reisegeschwindigkeit: ca. 22 km/h

14.09.2011

I - 35

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas Betriebszeiten und Zugfolgezeiten /059/

LUAS

- Montag-Freitag: 05.30 Uhr bis 00.30 Uhr -> 19 h
- Sonnabend: 06.30 Uhr bis 00.30 Uhr -> 18 h
- Sonntag/ Feiertag 07.00 Uhr bis 23.30 Uhr -> 16,5 h

-> Tagesdurchschnitt: 18,5 h

Zugfolgezeit 07.00-10.00 Uhr und 16.00-21.00Uhr:

- 4-5 Minutentakt

Sonst:

- 10-15 Minutentakt

14.09.2011

I - 36

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas Fahrzeuge /027//033//059/

Linie A (Rot)	Linie B (Grün)
26 Stück Citadis 301, 3-teilig*, 30 m, 4x140 kW = 560 kW, Bj. 2000-2004 (Alstom)	14 Stück Citadis 401, 5-teilig, 40 m, 4x140+2x120 kW = 800 kW, Bj. 2000-2004 (Alstom)
Spurbreite: 1435 mm, Stromversorgung: 750 V DC, $V_{\max} = 70$ km/h, Zweirichtungsfahrzeuge, Breite: 2,4 m, Höhe Wagenkasten: 3,27 m, Einstiegshöhen: 320/350 mm, Fußboden 350/600 mm, 70% Niederflur, Klimaanlage Fahrer, Heizung/Lüftung Passagiere	
Kapazität: 221 Plätze, Türen je Seite: 4x1300 mm + 2x800 mm, Depot in Red Cow	Kapazität: 310 Plätze, Türen je Seite: 5x1300 mm + 2x800 mm, Depot in Sandyford

*Umbau von 2007 bis 2008 auf 5-teilig, 40 m /060/

14.09.2011

I - 37

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas Betriebsdaten 2008 /027 S.123/

Linie A (Rot)	Linie B (Grün)
Passagieraufkommen: 14,9 Mio. Fahrzeugkilometer: 1,7 Mio. Passagierkilometer: 83,0 Mio.	Passagieraufkommen: 12,6 Mio. Fahrzeugkilometer: 1,0 Mio. Passagierkilometer: 58,0 Mio.
durchschnittliche Reiselänge: 5,6 km durchschnittliche Anzahl Stopps: 8 Pünktlichkeit: 99,72 %	durchschnittliche Reiselänge: 4,7 km durchschnittliche Anzahl Stopps: 6 Pünktlichkeit: 99,82 %

14.09.2011

I - 38

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas Fahrpreis und geschätzte Fahrgeldeinnahmen /Fahrpreiskalkulator www.luas.ie/

Linie A (Rot)	Linie B (Grün)
Passagieraufkommen: 14,9 Mio.	Passagieraufkommen: 12,6 Mio.
durchschnittliche Fahrpreis*: 1,65 €	durchschnittliche Fahrpreis**: 1,75 €
Geschätzte Fahrgeldeinnahmen: 24,6 Mio. €	Geschätzte Fahrgeldeinnahmen: 22,1 Mio. €
Geschätzte Fahrgeldeinnahmen insgesamt: 46,7 Mio. €	

* ½ Return Ticket Erwachsener 8 Stopps; ** ½ Return Ticket Erwachsener 5 Stopps

14.09.2011

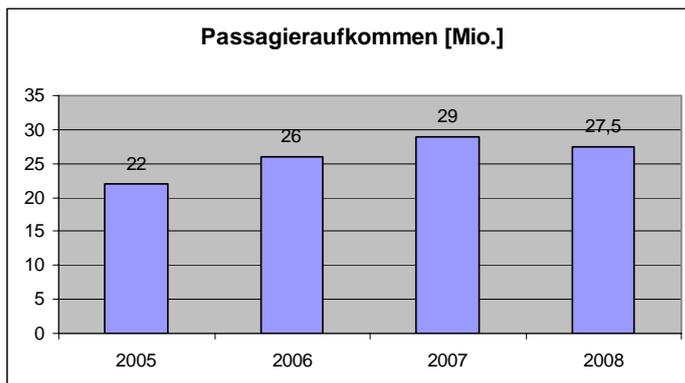
I - 39

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas - Passagieraufkommen /059/ /027/

- Mittleres tägliches Aufkommen: 90.000
- Aufkommen 2008: 27,5 Mio.
- Steigerung seit 2005: 20 %



14.09.2011

I - 40

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas - Weitere Technische Daten soweit veröffentlicht /059//062/

- Leitstand (CCR) für beide Linien befindet sich gemeinsam mit dem Depot der Linie A in *Red Cow*
- Leitstand kommuniziert mit Fahrern und dem Servicepersonal und ist rund um die Uhr besetzt
- Sicherung: Fahren auf Sicht, Fahrsignale
- Passagierinformation in der Station: Richtung und nächste Ankunftszeit
- Passagierinformation Onboard: visuell und akustisch
- Videoüberwachung/ CCTV: in Fahrzeugen und Stationen
- Notsprechstellen in den Zügen (mit Fahrer) und auf Stationen (mit CCR)
- Notbremsen an jeder Zugtür
- Fahrweg: Straßenraum (innerstädtisch), aber überwiegend besonderer Gleiskörper

14.09.2011

I - 41

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas - Fotos



Citadis 401 – Green Line



14.09.2011

I - 42

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Luas - Fotos



Citadis 401 – in Sandyford Station



Citadis 401 – Fahrgastraum

14.09.2011

I - 43

Thomas Göhler

2. Dublin - Schienenverkehr

Vergleich Nah- und Regionalverkehr

	Luas	DART	Commuter
Anzahl Linien	2	1	4
Linienlänge	24 km	33 km	500 km
Mittlerer Haltestellenabstand	700 m	1.100 m	7.500 m
Mittlere Reisegeschwindigkeit	22 km/h	26,4 km/h	60 km/h
Fahrgäste pro Jahr	29 Mio.	k.A.	k.A.

14.09.2011

I - 44

Thomas Göhler

3. „Transport 21“ /039//057/

- „Transport 21“ ist der umfassende Investitionsplan zur Entwicklung der irischen Verkehrssysteme im Zeitraum 2006-2015.
- Das Investitionsvolumen beträgt insgesamt 34 Mrd. €
- „Transport 21“ wurde im November 2005 veröffentlicht.
- Im Fokus steht die Optimierung der Bundesstraßen, der öffentlichen Verkehrsmittel sowie der regionalen Flughäfen.
- „Transport 21“ besteht aus den überregionalen Investitionsprogrammen und dem Programm für Dublin und Umgebung.
- Den Rahmen für „Transport 21“ bildet der nationale Entwicklungsplan 2007-2013.



14.09.2011

I - 45

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

Zeitliche Einordnung im Kontext Irischer Strategien und Programme

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
			Transport Statement of Strategy		Transport Statement of Strategy		Transport Statement of Strategy														
Outline of an Integrated Transportation Strategy for the Greater Dublin Area 2000-2016																					
National Spatial Strategy 2002-2020																					
National Development Plan 2007-2013																					
"Transport 21" 2006-2015																					
Programme for the Government 2007-2012																					
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	

14.09.2011

I - 46

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

Basisunterlagen /040/

„Transport 21“ basiert auf folgenden Strategien, Richtlinien und Studien:

- Nationale Raumordnungsstrategie 2002-2020
- Regionale Planungsrichtlinien inkl.
 - *Dublin Transportation Office's Long Term Strategy*
 - *Cork Area Strategic Plan*
 - *Limerick Planning Land Use and Transportation Study*
 - *Galway Transportation and Planning Study*
 - *Waterford Planning Land Use and Transportation Study*

„Transport 21“ ergänzt die folgenden Regierungsinitiativen im Transportsektor:

- Transportprogramm für den ländlichen Raum
- Plan für nachhaltigen Transport und nachhaltiges Reisen

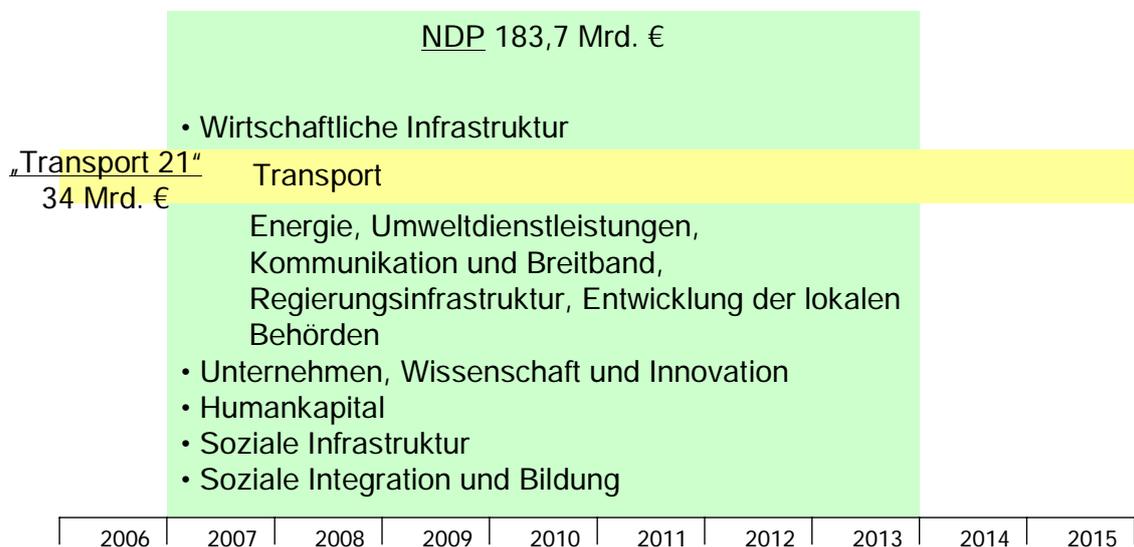
14.09.2011

I - 47

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

„Transport 21“ und der Nationale Entwicklungsplan (NDP) /25/



14.09.2011

I - 48

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

NDP: Geplante Investitionen im Bereich Wirtschaftliche Infrastruktur /025 S.129/

Programme	All figures in € million current prices					
	Exchequer	PPP	Local Auth.	State Bodies	Other	Total
Transport	19,858	7,035	0	2,221	3,800	32,914
Energy	276	0	0	8,250	0	8,526
Environmental Services	4,156	271	1,219	0	125	5,772
Communications and Broadband	435	0	0	0	0	435
Govt. Infrastructure	1,222	191	0	0	0	1,413
Local Authority Development Contributions	0	0	2,100	0	0	2,100
Unallocated Capital Reserve	1,534	1,966	0	0	0	3,500
Economic Infrastructure Total	27,482	9,463	3,319	10,471	3,925	54,660

Im Teilbereich Transport sind Investitionen in Höhe von 32,9 Mrd. € geplant. Davon sind 7,0 Mrd. € an Investitionen in Public Private Partnership Projekten geplant.

14.09.2011

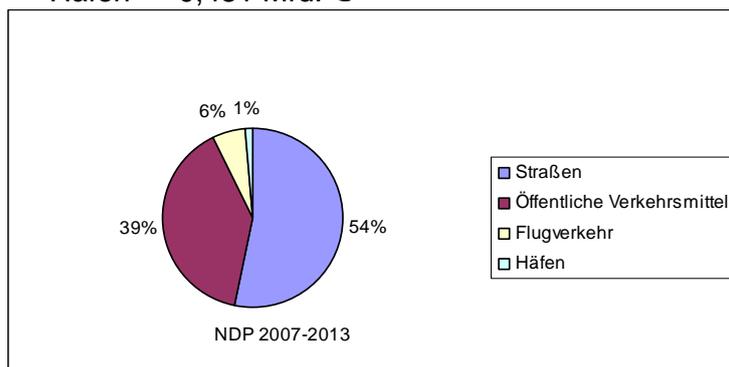
I - 49

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

NDP: Geplante Investitionen im Teilbereich Transport /025 S.130/

- Straßen — 17,6 Mrd. €
- Öffentliche Verkehrsmittel — 13,0 Mrd. €
- Flugverkehr — 1,9 Mrd. €
- Häfen — 0,481 Mrd. €



14.09.2011

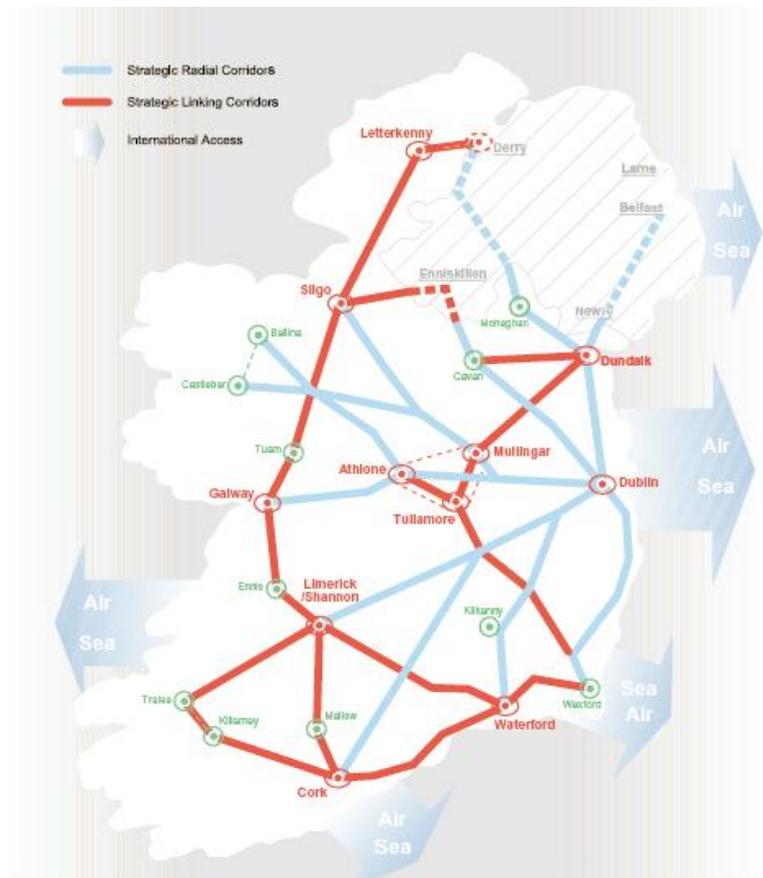
I - 50

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

Irlands Verkehrsnetz der Zukunft gem. der Nationalen Raumordnungsstrategie /041/

- Strategische Radialkorridore
- Strategische Verbindungskorridore
- Strategische Internationale Zugangspunkte



14.09.2011

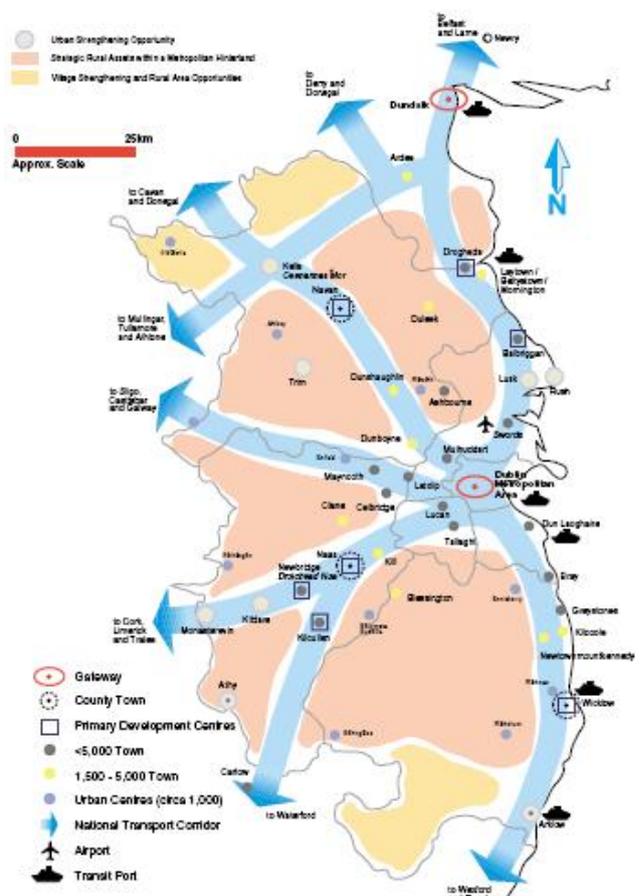
I - 51

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

Dublin. gem. der Nationalen Raumordnungsstrategie /041/

- Dublin ist internationaler Zugangspunkt (Hafen, Flughafen)
- In Dublin beginnen nationale Transportkorridore (Radialkorridore)



14.09.2011

I - 52

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

Generelle Ziele /040//057/

- Erreichbarkeit verbessern – Erleichterung der Hin- und Rückwege für jedermann zur Arbeit, Schule, Einkauf und zum Geschäft
- Nachhaltigkeit sichern – Verstehen, dass moderne Verkehrssysteme aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht zukunftsfähig sein müssen
- Kapazitäten erhöhen – Existierende Defizite aufdecken und Angebote für zukünftige Steigerungen liefern
- Benutzung erhöhen – Gezielte Entwicklung des Verkehrsnetzes mit dem Ziel der Steigerung der Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel
- Qualität verbessern – Verbesserung der Sicherheit, Erreichbarkeit, Integration, Zuverlässigkeit, Geschwindigkeit und des Komforts

14.09.2011

I - 53

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

Ziele überregional /040//057/

- Schaffung eines qualitativ hochwertigen und effizienten Netzes von Bundesstraßen und Bahnverbindungen in Übereinstimmung mit den Zielen der Nationalen Raumordnungsstrategie (*National Spatial Strategy*)
- Wesentliche Steigerung der Benutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln in den Kleinstädten
- Verbesserung der überregionalen, regionalen und lokalen Angebote öffentlicher Verkehrsmittel
- Verbesserung von Sicherheit und Schutzeinrichtungen auf den regionalen Flughäfen

14.09.2011

I - 54

Thomas Göhler

3. „Transport 21“

Ziele für Dublin und das Umland /040//057/

- Die Entwicklung von Metro Nord und Metro West
- Erweiterung des Luas Straßenbahnnetzes
- Der Bau einer Eisenbahnverbindung für die Vororte (*Suburban Rail Interconnector*) als Tunnelstrecke zwischen Heuston Station und dem Hafengebiet, via St. Stephen's Green und Verbindung mit Metro Nord
- Entwicklung des Busnetzes zur Schaffung eines Maschennetzes von Angeboten; Neuausrichtung an den Entwicklungen der Bahnverbindungen
- Aufbau eines Netzes von Umsteigepunkten im Gesamtverkehrsnetz zur Erleichterung des Umstiegs zwischen den Verkehrsmitteln
- Einführung eines integrierten Tickets zur Nutzung in allen öffentlichen Verkehrsmitteln (*Smartcard Integrated Ticket*)
- Entwicklung von *Park and Ride* Einrichtungen an ausgewählten Standorten
- Einführung eines in Phasen unterteilten Programms von geforderten Managementmaßnahmen
- Einführung eines integrierten Informationssystems für öffentliche Verkehrsmittel
- Fertigstellung der Ertüchtigung der Autobahn M50

14.09.2011

I - 55

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Entwicklungsstrategie gem.
Dublin Transportation Office DTO
(Platform for Change 2001)
Strategy A
/068 S.39/

DTO wurde 1995 durch die Regierung der Republik Irland mit dem Ziel der strategischen Verkehrsplanung für Dublin und Umgebung gegründet

Modal Split Strategy A:
PKW: 37%
Bus: 14%
Schiene: 49%



14.09.2011

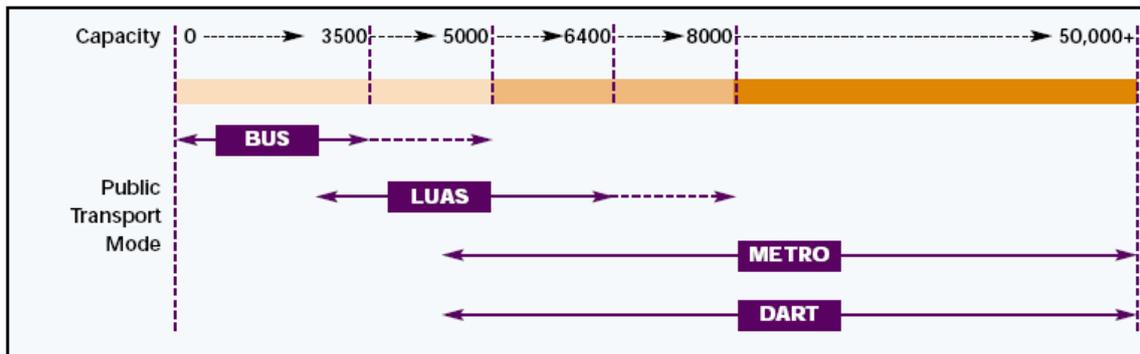
I - 56

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Strategische Planung der Kapazität der Verkehrsträger

/068 S.27/



14.09.2011

I - 57

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Stadtbahnprojekte unter „Transport 21“

Metro

- Dublin Metro Nord (MN) - St. Stephen's Green über Dublin Airport nach Swords/Belinstown
- Dublin Metro West (MW) - Tallaght über Liffey Valley und Blanchardstown nach Dardistown

Luas

- Luas A1 – Red Line Extension: Belgard - Citywest/ Saggart
- Luas B1 – Green Line Extension: Sandyford - Cherrywood/ Bride's Glen
- Luas B2 – Green Line Extension: Bride's Glen - Bray Area
- Luas BX – Green Line Extension: City Centre Link
- Luas C1 – Red Line: Docklands Extension
- Luas D – Green Line Extension: City Centre - Liffey Junction
- Luas F – Neue Luas Linie: City Centre - Lucan

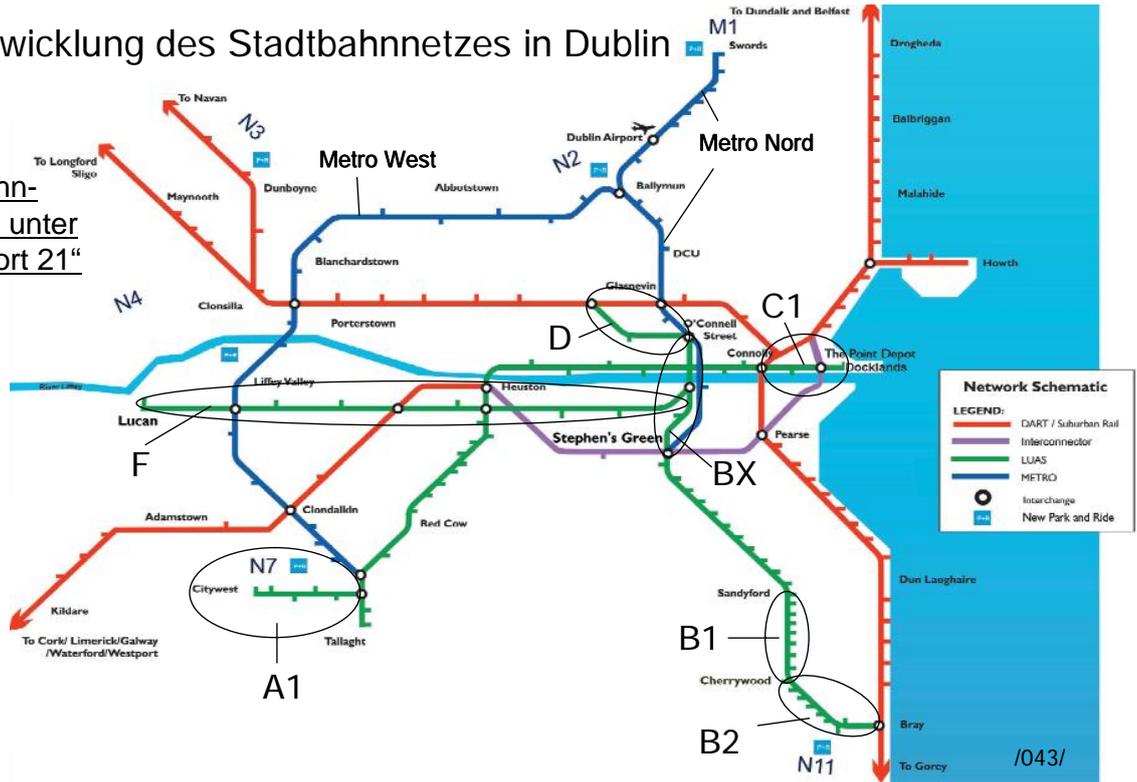
14.09.2011

I - 58

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Stadtbahn-
Projekte unter
„Transport 21“



14.09.2011

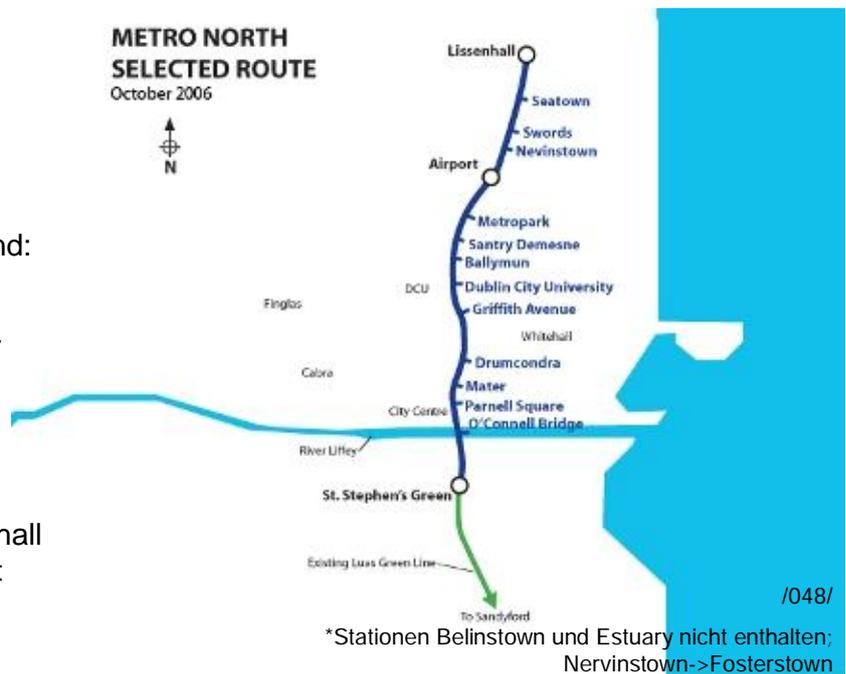
I - 59

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Metro Nord /050/

- Radiallinie
- Länge: 18 km
- 17 Stationen
- mittl. Haltestellenabstand: 1.125 m
- Kapazität: 34 Mio./a
- weitgehend besonderer Gleiskörper, 9 km Tunnel im Stadtzentrum und am Flughafen
- Mindesttakt: 4 min
- ein Depot hinter Lissenhall
- geplant als PPP Projekt
- Spurweite: 1435 mm



14.09.2011

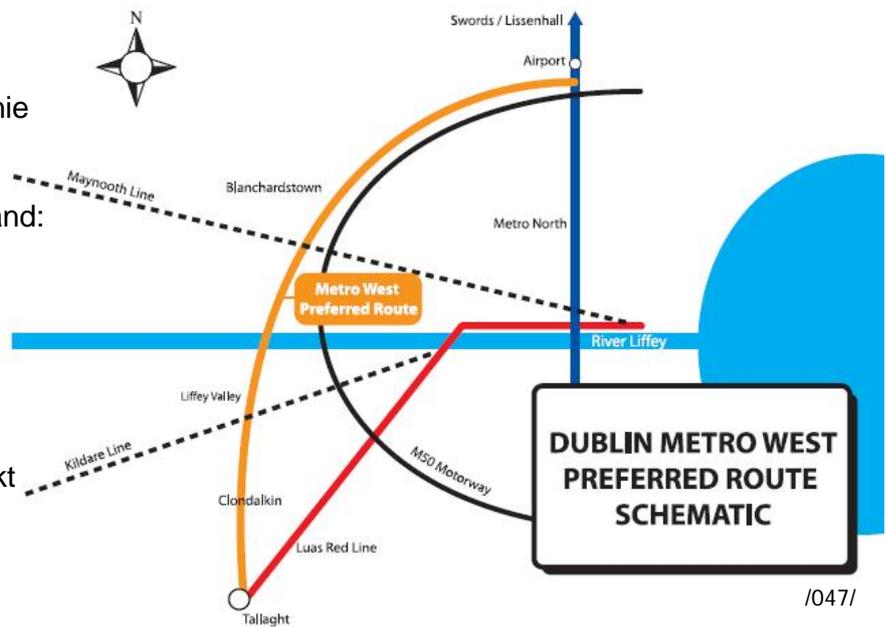
I - 60

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Metro West /046//050/

- orbitale Verbindungslinie
- Länge: ca. 26 km
- 20 Stationen
- mittl. Haltestellenabstand: 1.370 m
- Kapazität: 20 Mio./a
- weitgehend besonderer Gleiskörper, ohne Tunnelstrecken
- ein Depot
- geplant als PPP Projekt
- Spurweite: 1435 mm



14.09.2011

I - 61

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Geplante Metrolinien

Nord

- St. Stevens Green – Swords/Bellingstown (Radial, 17 Stationen, 30 min.*, 18 km)

West

- Tallaght – Dardistown (Orbital, 20 Stationen, ca. 35 min., 26 km)

-> 1 Radiallinie, 1 orbitale Verbindungslinie

-> mittl. Haltestellenabstand: ca. 1.260 m

-> mittl. Reisegeschwindigkeit: ca. 40 km/h

* St. Stevens Green – Flughafen: 20 min

14.09.2011

I - 62

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Stadtbahnprojekte unter T21 – Datensammlung /040 u.a./

Projekt	Länge [km]	Anzahl Stationen neu	Fertigstellung
Metro Nord	18	17	2013 (?)
Metro West	26	20	2014 (?)
A1 Red Line Extension	4	5	2010
B1 Green Line Extension	7,5	11	2010
B2 Green Line Extension	9	9	2015
BX Green Line Extension	3 (?)	6	?
C1 Red Line Extension	1,5	4	2009
D Green Line Extension	4 (?)	5	?
F Yellow Line (new)	15	22	2013
Summe	88 (44*+44**)	99 (37*+62**)	

* Metro ** Luas

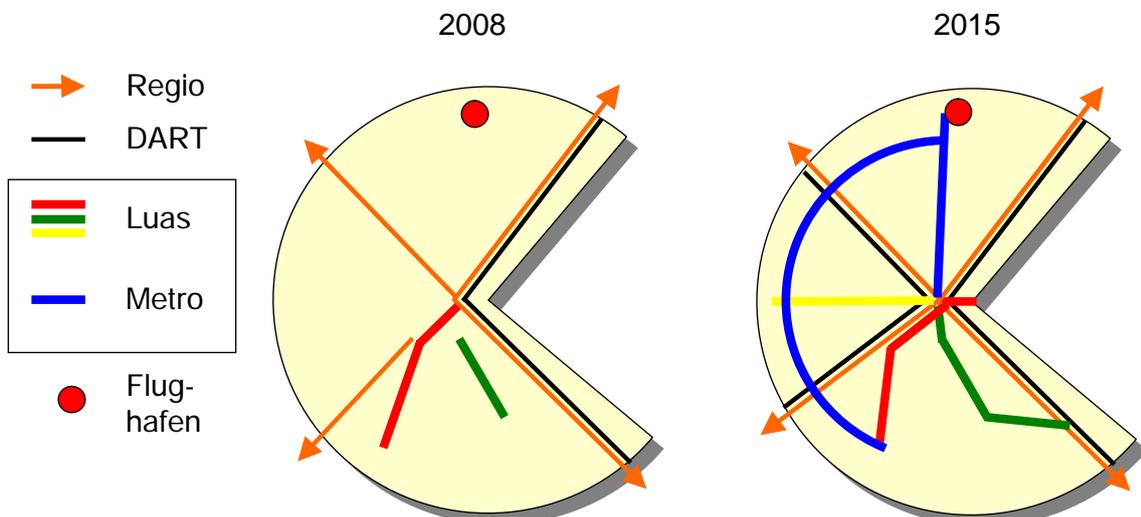
14.09.2011

I - 63

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Entwicklungsmodell Stadtbahnnetz



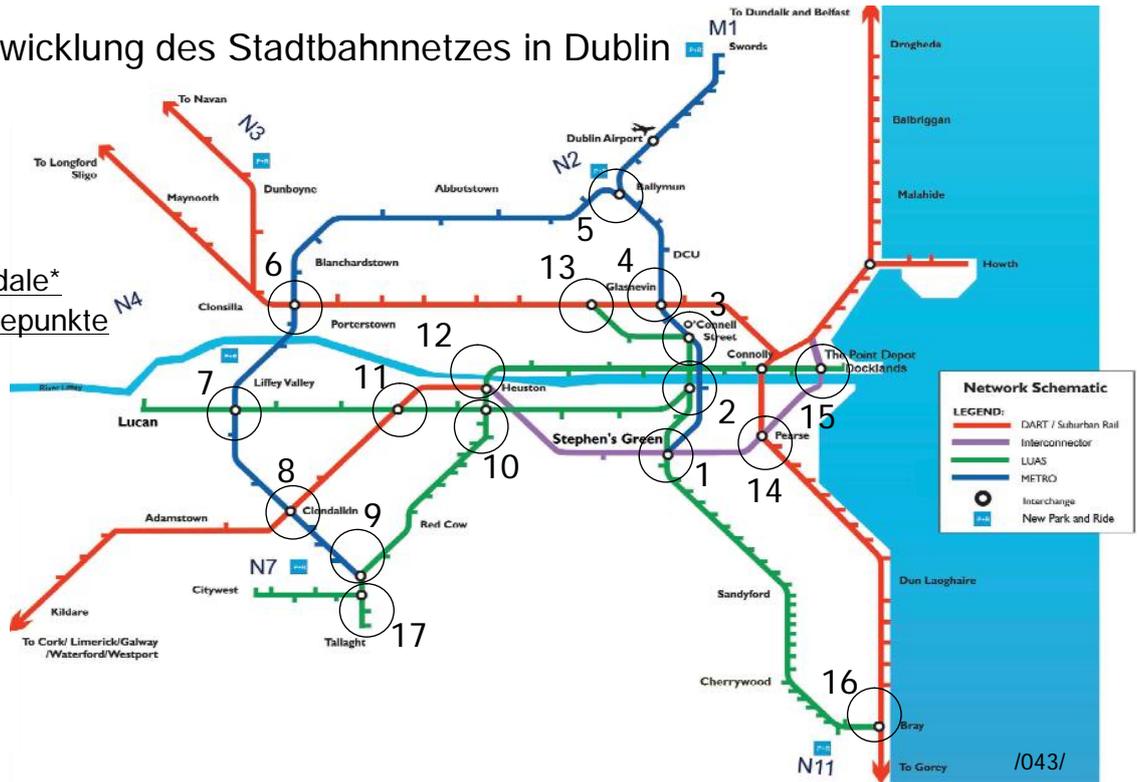
14.09.2011

I - 64

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Neue
Intramodale*
Umsteigepunkte



* SPNV

14.09.2011

I - 65

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Kennzahlen der Entwicklung

	2008	2015
Anzahl intramodaler Umsteigepunkte	2*	19
Anzahl Linien	2	5
Linienlänge [km]	23	111
Anzahl Stationen	36	135
Index Stationen je 100.000 Einw.**	7,2	27,0
Anzahl Fahrzeuge	40	116***
Aufkommen [Mio. Fahrgäste]	29	80

* Umstiege DART/Regio als 1 gewertet

** Für Dublin Stadt 500.000 Einwohner ohne Bevölkerungswachstum

*** grober Schätzwert: heute ca. 27,5 Mio. Fahrgäste mit 40 Fahrzeugen; Metro geplant für Kapazität 54 Mio. Fahrgäste, d.h. für 2015 Anzahl Fahrzeuge für ca. 80 Mio. Fahrgäste; Schätzung gilt für Fahrzeuge mit Kapazität Luas (310 Plätze)

14.09.2011

I - 66

Thomas Göhler

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Was wird erreicht? (Spiegelung an T21 Zielen)

Erreichbarkeit: Durch zusätzliche/ neue Angebote im SPNV werden Arbeits- und Schulwege deutlich erleichtert. Heute gibt es ca. 7 Straßenbahnstationen auf 100.000 Einwohner, zukünftig werden es ca. 27 Stadtbahnstationen auf 100.000 Einwohner sein.

Nachhaltigkeit: Durch den Ausbau der Angebote im ÖPNV wird dem Nachhaltigkeitsaspekt Rechnung getragen und Individualverkehr auf der Straße zurückgedrängt.

Kapazität: Die Beförderungskapazitäten des SPNV werden deutlich erhöht. Das Liniennetz wächst von derzeit 23 km auf 111 km. 99 Stationen und Haltepunkte werden neu gebaut. Die Anzahl der Fahrzeuge steigt von heute 40 auf über 110.

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Was wird erreicht? (Spiegelung an T21 Zielen)

Benutzung: Das Stadtbahnnetz wird deutlich attraktiver. Allein Metro Nord und West werden für eine Kapazität von > 50 Mio. Passagieren ausgelegt. Da auf diesen Korridoren bisher keine SPNV Angebote existieren, wird der Verkehrsträger Straße um dieses Aufkommen entlastet.

Qualität: Der Integrationsgrad steigt insbesondere durch 17 neue intramodale Umsteigepunkte und 6 neue *Park and Ride* Einrichtungen. Weitere wesentliche intermodale Umsteigepunkte am Flughafen und am Hafen entstehen. Die mittlere Reisegeschwindigkeit der geplanten Metrolinien liegt bei ca. 40 km/h, die der existierenden Straßenbahnlinien bisher nur bei ca. 22 km/h.

4. Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

Was wird erreicht? Bewertungskomponenten gem. /018/

Bewertungskomponente	Bewertung	Begründung
Beförderungskosten	0	Luas und DART als Maßstab; „ <i>Integrated Ticketing</i> “
Erhaltung der Verkehrswege	0	Neubau
Verkehrssicherheit	+	SPNV ist sicherer als PKW
Erreichbarkeit	++	z.B. Steigerung Index Stationen je Einwohner
Räumliche Wirkungen	++	Schaffung Orbitalkorridor und Stärkung radialer Korridore
Umwelteffekte	++	z.B. Verringerung CO ₂ Ausstoß
Induzierter Verkehr	+	<i>Park and Ride</i> Einrichtungen
Anbindung von See- und Flughäfen	++	Anbindung Flughafen und Hafen
Investitionskosten	-	Gegenüber Erhalt Status Quo

++ sehr positiv, + positiv, 0 neutral, - negativ, -- sehr negativ

14.09.2011

I - 69

Thomas Göhler

5. Zusammenfassung (I)

- Die Bevölkerung der Republik Irland ist in den vergangenen Jahren gewachsen. Die Anzahl der Beschäftigungsverhältnisse ist gestiegen und das BIP pro Kopf ist in der Republik Irland um ca. 50% höher als in Deutschland.
- Der Hauptverkehrsträger in der Republik Irland ist der Straßenverkehr. Die Anzahl Zulassungen und der Index PKW/1000 Einwohner sind gestiegen. Arbeits- und Schulwege werden überwiegend mit dem PKW zurückgelegt. Die Straßen sind überlastet.
- Während der Güterverkehr auf der Straße stark wächst, ist er auf der Schiene stark eingebrochen.
- Trotz wachsender Passagierzahlen der irischen Bahnen spielt im Modal Split diese Transportart kaum eine Rolle (<5 %).
- Zur Optimierung der Verkehrssysteme hat die Regierung im November 2005 das Investitionsprogramm „Transport 21“ (T21) aufgelegt. Über einen Zeitraum von 2006-2015 werden 34 Mrd. € in die Verkehrssysteme der Republik Irland investiert. Das sind täglich 9,3 Mio. €.

5. Zusammenfassung (II)

- Für Dublin und das Umland hat in T21 die Entwicklung der Metrolinien Nord und West sowie die Erweiterung des Straßenbahnnetzes hohe Priorität.
- Metro Nord wird mit Tunnelstrecken eine schnelle Radiallinie zur Verbindung des Stadtzentrums mit dem Flughafen und darüber hinaus herstellen. Metro West bildet eine orbitale Verbindungslinie.
- Metro und Luas werden gemeinsam ein modernes Stadtbahnnetz bilden. Aus den derzeit nicht verbundenen Straßenbahnlinien (23 km) wird auf diese Weise ein Nahverkehrsnetz mit 5 Linien entstehen (111 km). 17 intramodale Umsteigepunkte werden dadurch neu geschaffen.
- Die Anzahl an Stadtbahnstationen und Haltepunkten wird von derzeit 36 auf 135 wachsen. Das bedeutet für den Index Stationen pro 100.000 Einwohner ein Wachstum von 7,2 auf 27,0.
- Seehafen und Flughafen werden an das Stadtbahnnetz angebunden.
- Die gesteckten Ziele hinsichtlich Erreichbarkeit, Nachhaltigkeit, Kapazität, Benutzung und Qualität können damit erreicht werden.

Backup

Backup - Bereich

B0 Begriffe/ Übersetzungen

Begriffe Englisch

Commuter – Pendler, Pendlerzüge, Regionalbahn

Light Rail – Straßenbahn

Environmental Impact Study – Planfeststellungsverfahren

Patronage Risk – Risiko dafür, dass das erwartete Fahrgastaufkommen nicht eintritt

Chamber of Commerce – Handelskammer

Railway Order – eine Art Bauantrag

Begriffe Irisch

Iarnród Eireann – Irish Rail

An Bord Pleanála – Irische nationale Planungskommission

14.09.2011

I - 73

Thomas Göhler

B1 Definition Straßenbahnen und Stadtbahnen

Straßenbahn /045/	Stadtbahn /044/
<ul style="list-style-type: none">• sind Schienenbahnen• benutzen den Verkehrsraum öffentlicher Straßen und passen sich mit baulichen und betrieblichen Einrichtungen sowie in ihrer Betriebsweise der Eigenart des Straßenverkehrs an oder• haben einen besonderen Bahnkörper und gleichen oder ähneln in der Betriebsweise den o.g. Bahnen• dienen ausschließlich oder überwiegend der Beförderung von Personen im Orts- oder Nachbarschaftsbereich	<ul style="list-style-type: none">• zählen zu den Nahverkehrsbahnen in Städten• werden streckenweise vom Straßenverkehr völlig unabhängig als U-Bahnen geführt• in Außenbereichen der Städte oberirdisch auf besonderem Bahnkörper• höhengleiche Kreuzungen mit dem Straßenverkehr sind dort üblich, dabei kein absoluter Vorrang der Stadtbahn• Trassierung erfolgt nach BOStrab (in D)• sind keine Stadtschnellbahnen (S-Bahnen)

14.09.2011

I - 74

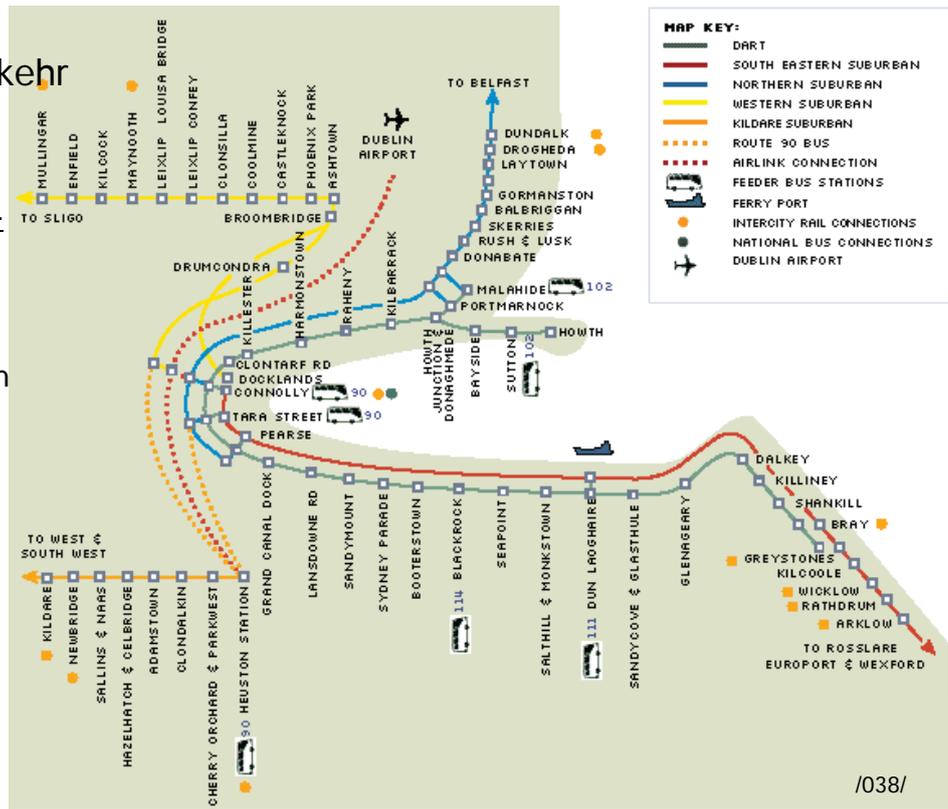
Thomas Göhler

B2 Dublin - Verkehr

Liniennetz Regionalbahn und DART

4 Regionalbahnlinien

1 DART Linie

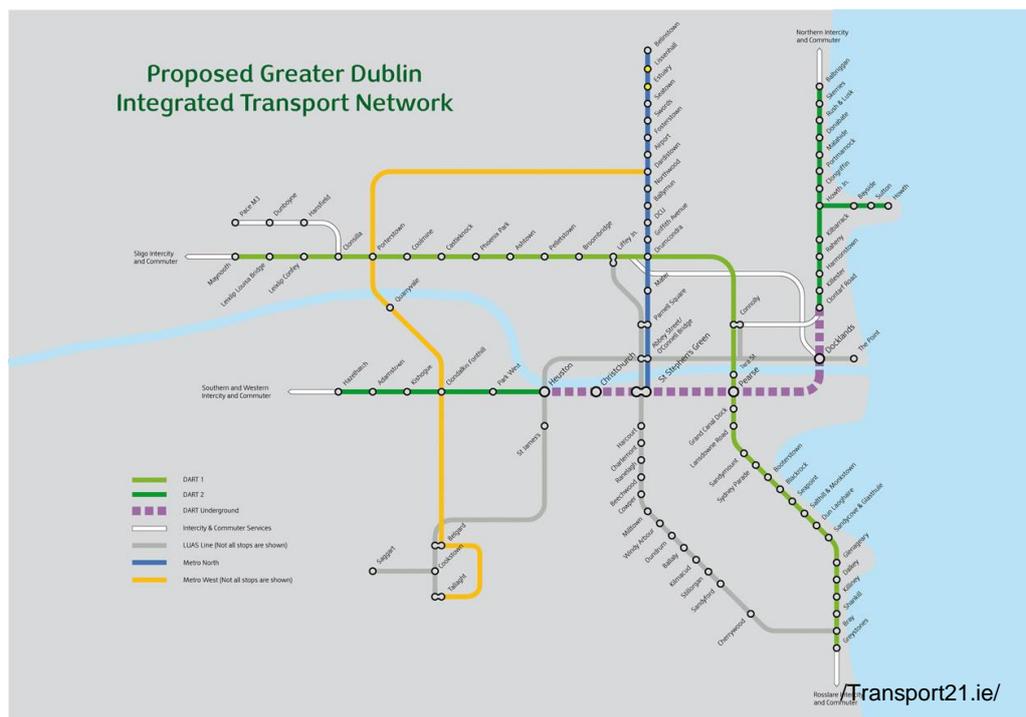


14.09.2011

I - 75

Thomas Göhler

B2 Dublin - Entwicklung des Stadtbahnnetzes



14.09.2011

I - 76

Thomas Göhler

B3 Entwicklung des Stadtbahnnetzes in Dublin

„Heavy Rail Theme“ und Flughafenanbindung mit DART /068 S.32/

Gem. DTO (2001) wäre für eine östliche Flughafenanbindung mit DART ein sehr geringes Verkehrsaufkommen zu erwarten

Diese Anbindung ist daher keine bevorzugte Option.



14.09.2011

I - 77

Thomas Göhler

Projekt Dublin Metro Nord

Projektdarstellung

als Teil des Promotionsvorhabens:
Systematik zur Analyse und Bewertung spurgeführter Verkehrssysteme
am Beispiel des Stadtbahnprojektes Dublin Metro Nord

14.09.2011

II - 1

Thomas Göhler

Projektdarstellung

Inhalt

1. Einleitung
2. Betriebsdaten
3. Finanzierungsmodell
4. Vertragsstruktur
5. Projektstruktur
6. Lieferstruktur Systeme
7. Interessengruppen/ *Stakeholder*
8. Bietergruppen
9. Projektstand
10. Vorschau

14.09.2011

II - 2

Thomas Göhler

Projektdarstellung

1. Einleitung /050//026/

- Projektumfeld (s. separate Informationssammlung)
- Prognostiziertes Fahrgastaufkommen: 34 Mio./a
- Radiallinie zur Verbindung des Stadtzentrums mit dem Umland, inkl. Anbindung des Flughafens
- Realisierung und Betrieb als *Public Private Partnership* (PPP) Projekt
- Spurweite: 1435 mm
- Länge: 18 km, 17 Stationen, mittl. Haltestellenabstand: 1.125 m
- weitgehend besonderer Gleiskörper, 9 km Tunnel im Stadtzentrum und am Flughafen
- Mindesttakt: 4 min
- Interoperabilität mit Luas
- ein Depot in Belinstown

14.09.2011

II - 3

Thomas Göhler

Projektdarstellung

2. Betriebsdaten /050//069/

für das Jahr 2016:

- Kapazität: 34 Mio. Fahrgäste pro Jahr
- Kapazität Spitzenstunde: 10 000 Fahrgäste pro Richtung
- Zugfolgezeit Spitzenlast: 4 min
- Spitzenlast morgens: 7:30 Uhr - 9:30 Uhr
- Spitzenlast nachmittags: 13:30 Uhr - 15:30 Uhr
- Durchschnittliche Betriebszeit: 20 h*
- Zugfolgezeit Nebenverkehrszeit: 8 min**

für das Jahr 2040:

- Kapazität Spitzenstunde: 20 000 Fahrgäste pro Richtung
- Zugfolgezeit Spitzenlast: 2 min

* Schätzung/ Vergleich Luas 18,5 h

** Schätzung/ Vergleich Luas 10-15 Minuten

14.09.2011

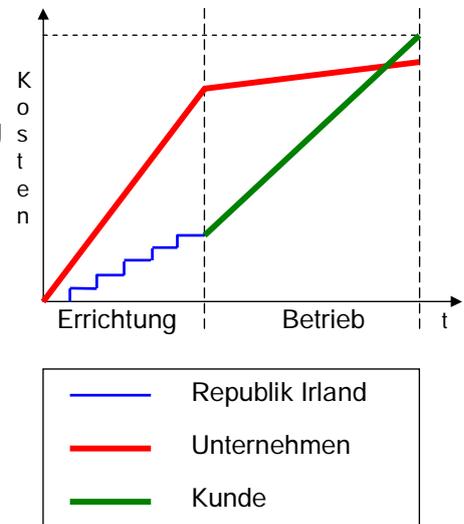
II - 4

Thomas Göhler

Projektdarstellung

3. Finanzierungsmodell/ PPP/ Allgemein

- Die beteiligten Unternehmen übernehmen zunächst einen Teil der Baukosten durch private Finanzierung
- Staatliche Unterstützung während der Errichtung
- Rückfluss an die Unternehmen erfolgt aus Fahrgeldeinnahmen bzw. anhand von Leistungsparametern (z.B. Verfügbarkeit)
- Seit ca. 15 Jahren Errichtung von SPNV Systemen weltweit als *Private Public Partnership* Projekte (PPP) /056/
- Pro: Kosten und Bauzeit werden meist eingehalten
- Kontra: bei Rückfluss aus Fahrgeldeinnahmen sind Erfolge meist schlechter als erwartet



Darstellung stark vereinfacht, nicht maßstäblich, ohne Zinsen etc.

Thomas Göhler

14.09.2011

II - 5

Projektdarstellung

3. Finanzierungsmodell Metro Nord

- publizierte Gesamtkosten zwischen 2,4 und 6,0 Mrd. € (!)
- Errechnete Investitionskosten gesamt ca. 3,24 Mrd. €
- Errechnete Kosten Betrieb und Instandhaltung jährlich ca. 61 Mio. €
- das Risiko für das Fahrgastaufkommen liegt voraussichtlich nicht bei den beteiligten Unternehmen /054/
- es ist also davon auszugehen, dass die Rückzahlung an die privaten Investoren anhand definierter Leistungsparameter erfolgen wird (*Service Charge/ Availability Charge*)

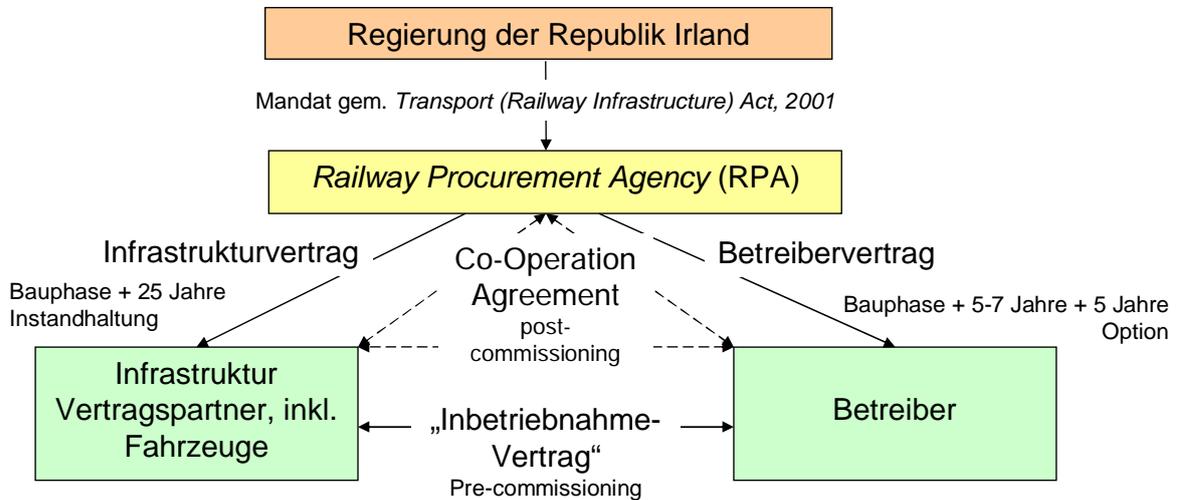
14.09.2011

II - 6

Thomas Göhler

Projektdarstellung

4. Vertragsstruktur /053//054/



14.09.2011

II - 7

Thomas Göhler

Projektdarstellung

4. Infrastrukturvertrag - Geplante Vertragsinhalte /053//054/

- Detailplanung und Ausführung, in Übereinstimmung mit der „Railway Order“ (der Baugenehmigung), inklusive der Lieferung der Fahrzeuge
- Inbetriebnahme, Testbetrieb und Betriebsaufnahme, inklusive Erlangung der erforderlichen Sicherheitsnachweise (*Safety cases Section 46(1) of the Railway Safety Act 2005*)
- Instandhaltung und Erneuerung von Infrastruktur und Fahrzeugen und Sicherstellung der Verfügbarkeit für den Passagierbetrieb des Betreibers
- Finanzierung der Projektes

14.09.2011

II - 8

Thomas Göhler

Projektdarstellung

4. Betreibervertrag - Geplante Vertragsinhalte /019/

- Unterstützung des Infrastrukturvertragspartners bei der Planung und Errichtung des Stadtbahnsystems
- Unterstützung des Infrastrukturvertragspartners bei der Erlangung der relevanten Erlaubnisse und Abnahmen gem. Railway Safety Act 2005
- Betriebsführung, inklusive Stationen, Fahrzeuge, Leitstand und Parkplätze
- Ticket Service und Fahrgeldeinnahmen
- Personal für den Ticket Service, Schulung
- Kundendienst
- Verantwortlichkeit für Strategien gegen das „Schwarzfahren“

14.09.2011

II - 9

Thomas Göhler

Projektdarstellung

5. Projektstruktur (I)

Aspekte	Ausprägung
Phasenstruktur	Machbarkeitsstudie, Referenzdesign, Planfeststellungsverfahren, Präqualifikation, Angebot, Vertragsverhandlung, Errichtung inkl. Detailplanung, Bau/ Herstellung, Versand, Installation, Inbetriebsetzung, Inbetriebnahme, Test- und Probebetrieb, (Abnahme, Gewährleistung,) Betrieb, Instandhaltung, Übertragung
Ortsstruktur	MN101: Belinstown to Swords Stop MN102: South of Swords Stop to Airport North Portal MN103: Dublin Airport MN104: Dublin Airport South Portal to South of Northwood MN105: South of Northwood to Dublin City University MN106: Dublin City University to Mater Stop MN107: Mater Stop to St. Stephen's Green Ortsstruktur Fahrzeug

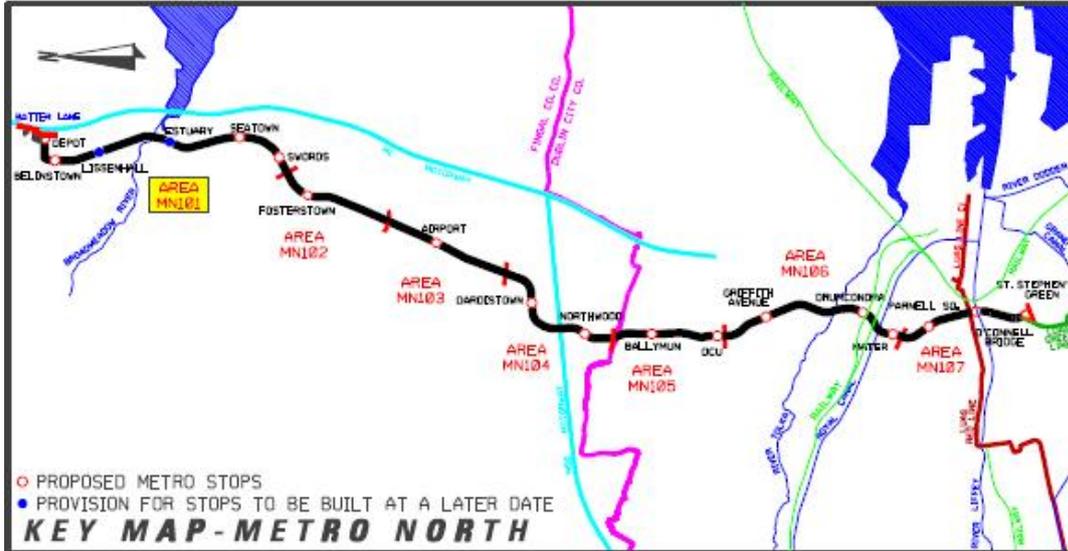
14.09.2011

II - 10

Thomas Göhler

Projektdarstellung

5. Ortsstruktur /052/



14.09.2011

II - 11

Thomas Göhler

Projektdarstellung

5. Projektstruktur (II)

Aspekte	Ausprägung
Leistungsstruktur	Projektmanagement, kaufmännisches Projektmanagement, Systemengineering, Baustellenmanagement, Qualitätsmanagement, Betrieb und Instandhaltung
Lieferstruktur*	Fahrzeuge; Fahrweg, Tunnel, Stationen, Depot, <i>Park and Ride</i> Einrichtungen; Systeme: Leitstand, <i>Local Control Rooms</i> , Signaltechnik, Energieversorgung, Informations- und Kommunikationseinrichtungen, Fahrgeldmanagementsystem

* Funktionsstruktur/ Produktstruktur bzw. *Work/ Object Breakdown Structure*

14.09.2011

II - 12

Thomas Göhler

Projektdarstellung

6. Lieferstruktur Systeme (I) /023/

Teilsystem	Planung
Leitstand	Arbeitsplätze mit Computer- und CCTV- Bildschirmen zur Verfolgung von Fahrzeug- und Passagierbewegungen, Funkkommunikation mit Fahrzeugführern, Ansagen und Meldungstexte, Annahme von Notrufen, direkte Telefonverbindungen zu Notfalldiensten, lokalen Behörden und Einrichtungen wie <i>Irish Rail, Dublin Airport Authority</i> etc., zentrale Koordinierungsstelle im Notfall
<i>Local Control Rooms</i>	in den Untergrundstationen, besetzt zu den Betriebszeiten, CCTV Bildschirme zur Verfolgung der Passagierbewegungen, Ansagen und Meldungstexte können abgegeben werden, lokale Koordinierungsstelle im Notfall

14.09.2011

II - 13

Thomas Göhler

Projektdarstellung

6. Lieferstruktur Systeme (II) /023/

Teilsystem	Planung
Signaltechnik	„Fahren auf Sicht“ nördlich des Flughafens, sonst Blocksignalisierung, <i>Automatic Train Protection System</i> zur Überwachung der Fahrer (Signale, Geschwindigkeit), <i>Automatic Vehicle Location System</i> zur Erfassung und Anzeige aller Fahrzeugpositionen – interoperabel mit Luas
Energieversorgung	750 V DC Stromversorgung via Oberleitung und Pantograph, im Tunnel: Deckenstromschiene, 3 Unterwerke mit Einspeisungen auf 110 kV Ebene und Ausgängen zum 20 kV Ring, Mittelspannungsunterwerke transformieren 20 kV auf 750 V DC „Fahrstrom“ bzw. liefern den „Servicestrom“, Redundanzen und UPS

14.09.2011

II - 14

Thomas Göhler

Projektdarstellung

6. Lieferstruktur Systeme (III) /023/

Teilsystem	Planung
Informations- und Kommunikations-einrichtungen	<i>Closed Circuit Television (CCTV)</i> Kameraüberwachung, <i>Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA)</i> Informationsnetzwerk, Funksystem – mit Luas interoperabel (auch zur Datenübertragung), Notruf Telefonsystem, Telefonsystem (Information), Fahrgastinformationssystem, Ansagensystem, Gebäudeservice-Managementsystem zur Überwachung und Steuerung von Aufzügen, Fahrtreppen, Beleuchtung, Lüftung
Fahrgeldmanagement-system	Volle Kompatibilität zu dem für Dublin derzeit entwickelten Integrierten Ticket Service (ITS), ebenerdige Stationen: freier Zugang zu den Bahnsteigen, Untergrundstationen: an den Eingängen befinden sich Gates, diese können mit Ticket passiert werden, Tickets werden an den Gates (Ausgänge) entwertet.

14.09.2011

II - 15

Thomas Göhler

Projektdarstellung

7. Interessengruppen/ Stakeholder

- Anwohner, zukünftige Nutzer und deren Interessenvertretungen (z.B. Berufspendler)
- Wirtschaftsunternehmen und ihre Repräsentanten (z.B. Unternehmen im Korridor, Projektbeteiligte, Handelskammer)
- Ministerien der Regierung (z.B. Verkehrsministerium, Finanzministerium)
- Lokale Administration (z.B. RPA, Verkehrsbüro Dublin [DTO])
- Regulierungsbehörden (z.B. Kommission für Sicherheit im Eisenbahnverkehr [RSC])
- Bildungswesen (z.B. Universität Dublin [DCU])
- Gesundheitswesen (z.B. Krankenhaus Mater)
- Verkehrsanbieter (*Irish Rail, Veolia, Dublin Airport Authority*)
- Versorgungsunternehmen (z.B. lokaler Energieversorger)
- Organe der öffentlichen Ordnung und Sicherheit (Polizei, Feuerwehr)

14.09.2011

II - 16

Thomas Göhler

Projekt Dublin Metro Nord

8. Bietergruppen /049/

Bietergruppe/ Infrastruktur Kandidat	Teilnehmer	Fahrzeuge	Betreiber
Cathró	1. Fluor Ireland Ltd. 2. Siemens Project Ventures GmbH 3. BAM PPP 4. Strabag AG	Siemens Ltd.	Veolia Transport Ireland Limited
Celtic Metro Group*	1. Mitsui & Co. Ltd. 2. Grupo Soares da Costa S.G.S S.A. 3. Obrascon Huarte Lain 4. Barclays Private Equity Limited 5. Iridium Concesiones de Infraestructuras, S.A	Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles S.A	MTR Corporation Limited
Dublin Express Link	1. Acciona S.A. 2. Alstom Transport SA 3. HSBC Infrastructure Fund Management Limited 4. Bouygues Travaux Publics 5. Meridiam Infrastructure Finance SARL 6. SIAC Construction Ltd.	Alstom Transport SA	Keolis S.A
Metro Express*	1. Global via Infraestructuras S.A. 2. Macquarie Capital Group Limited 3. Bombardier Transportation (Holdings) UK Ltd. 4. Allied Irish Banks p.l.c.	Bombardier Transportation (Holdings) UK Limited	Transdev RATP

* Qualifiziert für „Final Stage“ gem. /016/ (Best and Final Offer Phase)

14.09.2011

II - 17

Thomas Göhler

Projektdarstellung

9. Projektstand – Historie /024/

- 2003/04 - Machbarkeitsstudie
- 2005 - Wieder-Mobilisierung des RPA Projektteams
- 2006 - Bekanntgabe öffentlicher Konsultationen
 - Beginn der Bearbeitung des Referenzdesigns
 - Routenauswahl
 - Auswahl des Finanzierungsmodells (PPP)
- 2007 - Abschluß des Referenzdesigns
 - Beginn der Bearbeitung des Bauantragsdesigns
 - Beginn Bearbeitung „Umweltverträglichkeitsstudie“ (EIS)
 - Bekanntmachung im EU Amtsblatt
 - Präqualifikation der Bietergruppen

14.09.2011

II - 18

Thomas Göhler

Projektdarstellung

9. Projektstand /055/

13. 05. 2008	RPA gibt bekannt, dass die Ausschreibung an die 4 Bietergruppen versandt wurde
18. 09. 2008	Antrag auf „Railway Order“ durch RPA eingereicht
27. 02. 2009	Abgabe der 1. Runde von Angeboten
02. 03. 2009	Vorbereitungsmeeting der Planungsaufsichtsbehörde (<i>An Bord Pleanála</i>) zum Anhörungsverfahren
01. 04. 2009	Beginn des mündlichen Anhörungsverfahrens
29. 04. 2009	Aussetzung des mündlichen Anhörungsverfahrens
30. 06. 2009	RPA gibt bekannt, dass sich die Bietergruppen Metro Express and Celtic Metro Group für die 2. Angebotsrunde qualifiziert haben
01.10. 2009	Abgabe von zusätzlichen Unterlagen durch RPA zur Umweltbeeinflussung durch das Projekt
30.11. 2009	Wiedereröffnung des mündlichen Anhörungsverfahrens
18.12. 2009	RPA schlägt Änderungen am Design der Stationen Mater, Seatown und Ballymun vor
20.01. 2010	Erneute Vertagung des mündlichen Anhörungsverfahrens

14.09.2011

II - 19

Thomas Göhler

Projekt Dublin Metro Nord

10. Vorschau /024/

2010	Erhalt der Bauerlaubnis
2010	Beginn der Bauvorbereitungsarbeiten (<i>Enabling Works</i>)
2010	„ <i>Best and Final Offer</i> “ Phase
2010	Vertragsabschluß
2010	„ <i>Financial Close</i> “
2010	Baubeginn
2012	Abschluss Kernzeit „Bau“
2012	Beginn Kernzeit „Systeme“
2014	Abschluss Inbetriebnahme, Testbetrieb
2014/15	Abschluss Probetrieb
2014/15	Beginn Betrieb und Instandhaltung*

Vergleiche Bauzeit Luas Linien A/B ca. 4 Jahre /061/

14.09.2011

II - 20

Thomas Göhler

Backup

Backup - Bereich

14.09.2011

II - 21

Thomas Göhler

B1 Fahrzeuge: Referenzen der RPA: Porto, Köln, Rotterdam/050/

Porto /urbanrail.net/

Eurotram
Bombardier
Transportation



14.09.2011

II - 22

Thomas Göhler

B1 Fahrzeuge: Referenzen der RPA: Porto, Köln, Rotterdam/050/

Köln /Lennart Bolks: GNU/

K4500 Flexity-Swift
Bombardier
Transportation



14.09.2011

II - 23

Thomas Göhler

B1 Fahrzeuge: Referenzen der RPA: Porto, Köln, Rotterdam/050/

Rotterdam /urbanrail.net/

5300-5500
Bombardier
Transportation



14.09.2011

II - 24

Thomas Göhler

Projekt Dublin Metro Nord

Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung

als Teil des Promotionsvorhabens:
Systematik zur Analyse und Bewertung spurgeführter Verkehrssysteme
am Beispiel des Stadtbahnprojektes Dublin Metro Nord

14.09.2011

III - 1

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Vorgehensweise

1. Inputdaten
2. Errechnete Ausgangsgrößen
3. Fahrzeugauswahl
4. Betriebsdaten
5. Systemkenngößen Invest
6. Investitionskosten
7. Systemkenngößen Betrieb und Instandhaltung
8. Kosten Betrieb und Instandhaltung
9. Ergebnis

Vorgehensweise in Anlehnung an z.B. Shi /029/

14.09.2011

III - 2

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

1. Inputdaten (I)

Verkehrsaufkommen pro Jahr	34 Mio. Fahrgäste
Verkehrsaufkommen Spitzenstunde	10 000 Fahrgäste pro Stunde und Richtung
System	Stadtbahn mit 50% Tunnelstrecke
Streckenlänge (Gesamt)	18 km
Streckenlänge (Tunnel)	9 km
Anzahl Stationen	17
Anzahl Endstationen	2
Anzahl Zwischenstationen	15
Anzahl Depots	1
Betriebszeit	20 h
Hauptverkehrszeit/ Takt	4 h/ Zugfolgezeit 4 min
Nebenverkehrszeit/ Takt	16 h/ Zugfolgezeit 8 min

14.09.2011

III - 3

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

1. Inputdaten (II)

Haltezeit Endstationen; inkl. Kehrzeit	3 min
Haltezeit Zwischenstationen	0,5 min
Erzielbarer Fahrpreis	1,70 €
Grundpreis Elektroenergie	3041,91 €/a /070/
Arbeitspreis Elektroenergie	0,17 €/kWh /070/
Durchschnittliche Kosten pro Mitarbeiter Betrieb pro Woche (Irland)	913,07 € /071/; für „skilled operatives“
Durchschnittliche Wochenarbeitszeit	43,0 h /071/; für „skilled operatives“

14.09.2011

III - 4

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

2. Errechnete Ausgangsgrößen

<i>Ausgangsgröße</i>	<i>Errechneter Wert</i>
Mittleres Fahrgastaufkommen pro Stunde und Richtung	2329 Fahrgäste pro Stunde
Anzahl Fahrten pro Tag und Richtung	181
Anzahl Fahrten pro Tag	362
Zugkilometer pro Jahr	2,38 Mio./a
Verkehrsleistung	612 Mio. Pkm/a
Erforderliche Kapazität je Zug	667 Fahrgäste
erforderliche Kapazität je Zug im Jahresmittel	257 Fahrgäste

14.09.2011

III - 5

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

3. Fahrzeugauswahl

Fahrzeugauswahl: Siemens Combino; 2 Fünfteilige Fahrzeuge in Doppeltraktion bilden einen Zug /072//Angaben SAG/

<i>Kriterium</i>	<i>Wert</i>
Auslegungskriterium/-lastfall	5 Personen/m ²
Fahrzeugmasse	87 t
Fahrzeuglänge	45 m
Höchstgeschwindigkeit	80 km/h
Max. Beschleunigung	1,45 m/s ²
Max. Bremsverzögerung	1,6 m/s ²
Max. Zugkraft	140 kN
Fahrgastkapazität pro Zug	670
Anzahl Fahrzeuge Reserve	6
Anzahl Fahrzeuge je Zug	2

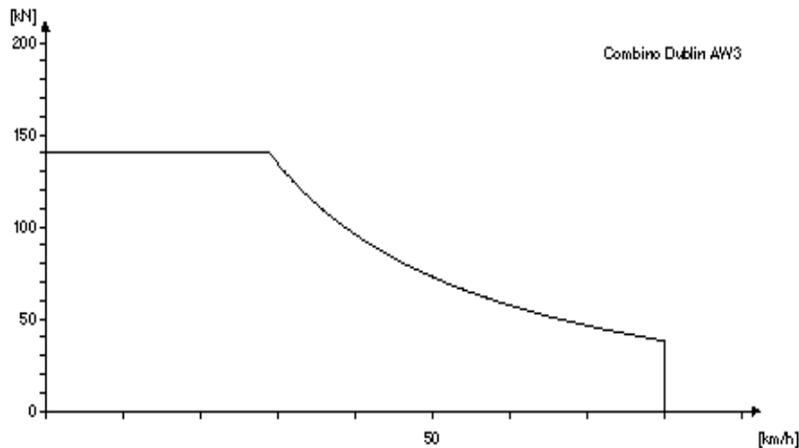
14.09.2011

III - 6

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

3. Fahrzeugauswahl – Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm



14.09.2011

III - 7

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

4. Betriebsdaten

Betriebskennziffer	Ergebniswert
Fahrzeit pro Richtung	32 min*
Fahrzeit pro Umlauf Gesamtstrecke	70 min
Anzahl Züge mindestens erforderlich	18
Anzahl Züge empfohlen	21
Anzahl Fahrzeuge empfohlen	42
Traktionsenergiebedarf pro Fahrt und Richtung	250 kWh**

*Output aus Simulation, inkl. 6 % Fahrzeitreserve

** Output aus Simulation, inkl. Aufstellfahrt, Kehre

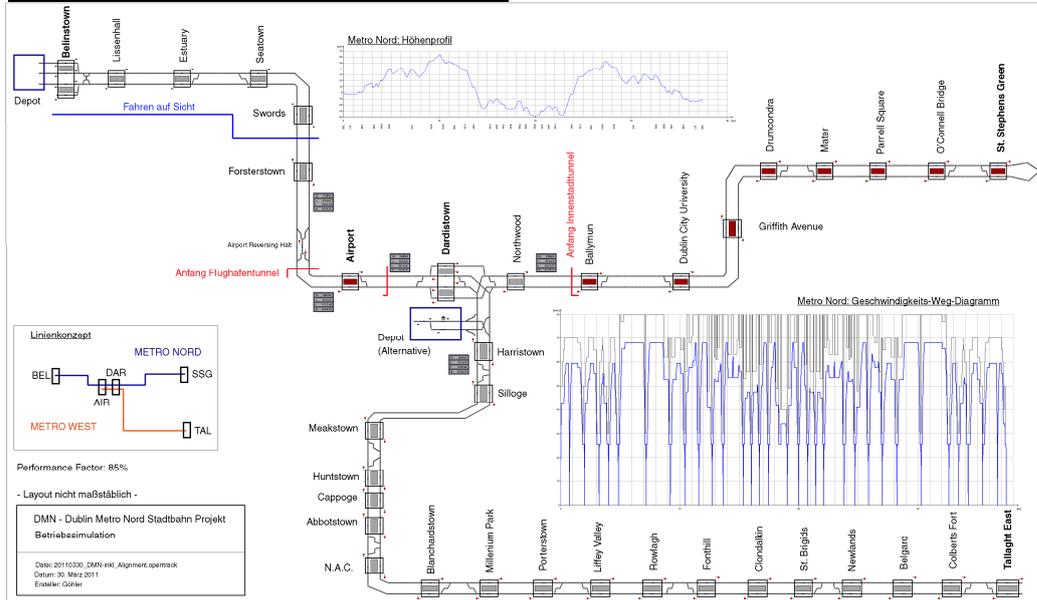
14.09.2011

III - 8

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

4. Betriebsdaten – Simulationsmodell



14.09.2011

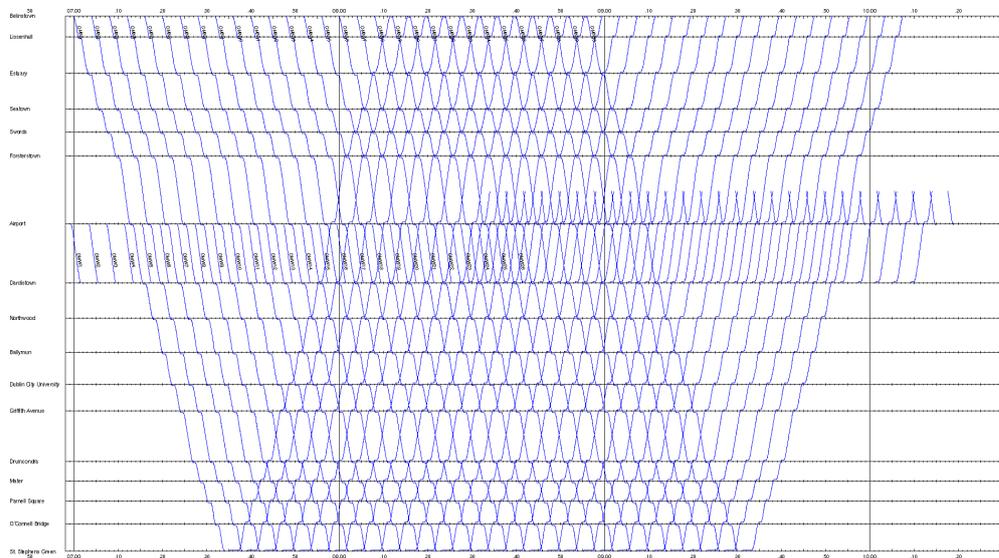
III - 9

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

5. Betriebsdaten – Fahrzeit (Bildfahrplan)

Beinstown - St. Stephens Green



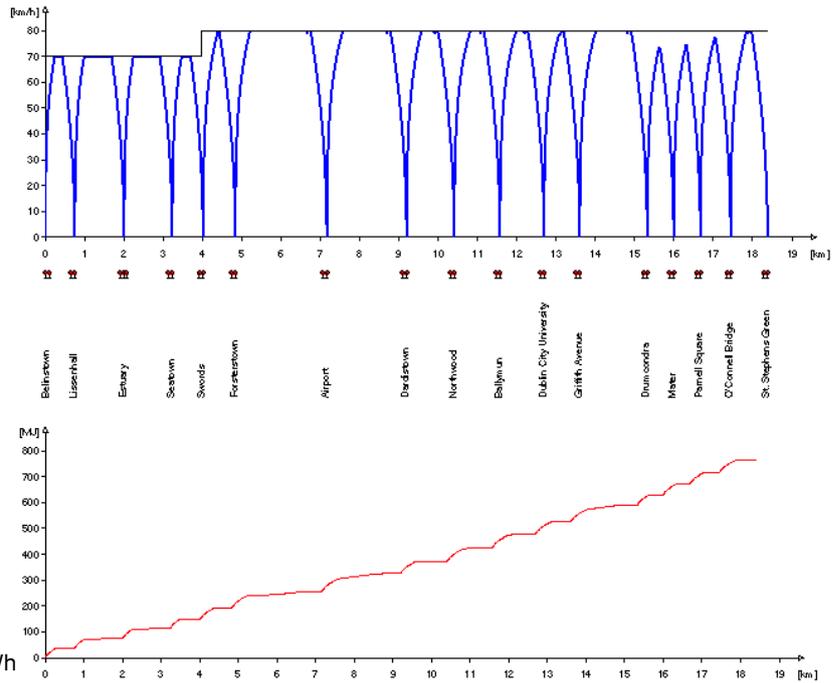
14.09.2011

III - 10

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

5. Betriebsdaten – Geschwindigkeit und Energiebedarf



14.09.2011

III - 11

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

5. Systemkenngrößen Invest /Erfahrungswerte/

<i>Investitionen</i>	<i>Erfahrungswerte bzw. Input</i>
Gesamtkosten je Doppelkilometer, inkl. Tunnel	180 Mio. €
Anteil Bau an Gesamtkosten	60 %
Systeme	17,5 %
Fahrzeuge	5 %
Depot	5 %
Projekt- und Inbetriebnahmemanagement	5 %
Sonstiges	7,5 %

14.09.2011

III - 12

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

6. Investitionskosten

<i>Kostenposition</i>	<i>Ergebniswert</i>
Gesamtkosten inkl. Tunnel	3 240 Mio. €
Kosten Bau	1 944 Mio. €
Kosten Systeme	567 Mio. €
Kosten Fahrzeuge	162 Mio. €
Kosten je Fahrzeug	3,86 Mio. €
Kosten Depot	162 Mio. €
Kosten Projekt- und Inbetriebnahmemanagement	162 Mio. €
Sonstige Kosten	243 Mio. €

14.09.2011

III - 13

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

7. Systemkenngrößen Betrieb und Instandhaltung /Erfahrungswerte/

<i>Kostenposition</i>	<i>Erfahrungswerte bzw. Input</i>
Instandhaltung Bau	0,1 % von Invest Bau pro Jahr
Instandhaltung Systeme	2,5 % von Invest Systeme pro Jahr
Instandhaltung Fahrzeuge	2,5 % von Invest Fahrzeuge pro Jahr
Anzahl Betriebspersonal	10 Personen je Zug
Nebenenergiebedarf Gesamtsystem	30 % des Gesamtenergiebedarfes
Versicherungen	2 % p.a.
Sonstiges	2 % p.a.

14.09.2011

III - 14

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

8. Kosten Betrieb und Instandhaltung

<i>Kostenposition</i>	<i>Ergebniswert</i>
Instandhaltung Bau pro Jahr	1,94 Mio. €
Instandhaltung Systeme pro Jahr	14,18 Mio. €
Instandhaltung Fahrzeuge pro Jahr	4,05 Mio. €
Instandhaltungskosten gesamt pro Jahr	20,17 Mio. €
Anzahl Mitarbeiter Betrieb pro Jahr	210
Kosten Mitarbeiter Betrieb pro Jahr	10,16 Mio. €
Energiebedarf Traktion	33 033 MWh
Energiebedarf Gesamt pro Jahr	47 189 MWh
Energiekosten pro Jahr	8,03 Mio. €
Kosten Betrieb, Instandhaltung, Energie pro Jahr	58,53 Mio. €
Versicherungen pro Jahr	1,22 Mio. €
Sonstiges pro Jahr	1,22 Mio. €

14.09.2011

III - 15

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

9. Ergebnis - Wirtschaftlichkeit

<i>Kostenposition</i>	<i>Ergebniswert</i>
Kosten Betrieb und Instandhaltung Gesamt [Mio. €/a]	60,96
Erlöse [Mio. €/a]	57,80
Faktor Wirtschaftlichkeit	0,95

Unter den dargestellten Randbedingungen lässt sich das System nicht wirtschaftlich betreiben (Zwischenergebnis!).

14.09.2011

III - 16

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Diskussion der Ergebnisse (I)

Wirtschaftlichkeit könnte erreicht werden z.B. durch:

	<i>Startwert</i>	<i>Modifizierter Wert</i>	<i>Erforderliche Veränderung</i>
Erzielbarer Fahrpreis	1,70 €	1,80 €	↑ 6 %
Traktionsenergiebedarf pro Fahrt und Richtung	250 kWh	164 kWh	↓ 34,4 %
Instandhaltung Systeme	2,5 % von Invest p.a	2,25 % von Invest p.a.	↓ 10 %
Instandhaltung Fahrzeuge	2,5 % von Invest p.a	1,6 % von Invest p.a.	↓ 36 %
Anzahl Betriebspersonal	10 MA pro Zug	7 MA pro Zug	↓ 30 %
Zusätzliche Einnahmen (Werbung, Veranstaltungen etc.)	0,00 €	3,16 Mio. €/a	n.a.

14.09.2011

III - 17

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Diskussion der Ergebnisse (II)

Große Sensitivität besteht hinsichtlich des erzielbaren Fahrpreises pro Fahrgast sowie der Instandhaltungskosten der Systeme. Wirtschaftlichkeitsfaktor 1,00 ist durch eine geringe Veränderung ($\leq 10\%$) dieser Startwerte erreichbar.

Geringe Sensitivität besteht hinsichtlich der erforderlichen Traktionsenergie, der Instandhaltungskosten Fahrzeuge sowie der Anzahl Betriebspersonal/ Mitarbeiter je Zug. Bei diesen Werten ist eine große Veränderung ($\geq 30\%$) der Startwerte erforderlich, um Wirtschaftlichkeitsfaktor 1,00 zu erreichen.

14.09.2011

III - 18

Thomas Göhler

Wirtschaftlichkeitsabschätzung

Diskussion der Vorgehensweise

Die Vorgehensweise stellt eine sehr vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung dar.

Systemkenngrößen Invest sowie Betrieb und Instandhaltung sind Erfahrungswerte und unterliegen breiten Streuungen.

Systemkenngrößen Instandhaltung als Werte in % von Invest berücksichtigen nicht den Sachverhalt, dass höhere Investitionskosten geringere Instandhaltungskosten erreichen müssten und umgekehrt.

Backup

Backup - Bereich

B1 Systemauswahl

Systemauswahl

- Systemauswahl erfolgte durch RPA
- Stadtbahn, d.h. „Straßenbahnsystem“ mit hoher Kapazität durch weitgehend besonderen Gleiskörper (niedrige Zugfolgezeiten, hohe Geschwindigkeit, lange Fahrzeuge)
- Systemdaten: siehe Projektdarstellung
- Rahmenbedingung: weitgehende Kompatibilität zu Luas gefordert, d.h. insbesondere Spurweite, Lichtraum (Niederflur, Fahrzeugbreite), Stromversorgungssystem, z.T. Leittechnik, *Ticketing*

14.09.2011

III - 21

Thomas Göhler

B2 Erzielbarer Fahrpreis

Untersuchung anhand Luas

<u>Grüne Linie:</u>	mittlere Anzahl Stationen:	5
	Fahrpreis 5 Stationen:	1,75 € (1/2 Returnticket Erwachsener)*
	Fahrgäste pro Jahr (2007)	12,1 Mio.
	Einnahmen:	<u>21,175 Mio. €</u>
<u>Rote Line:</u>	mittlere Anzahl Stationen:	8
	Fahrpreis 8 Stationen:	1,65 € (1/2 Returnticket Erwachsener)*
	Fahrgäste pro Jahr (2007)	13,7 Mio.
	Einnahmen:	<u>22,605 Mio. €</u>
<u>Gesamt:</u>	Fahrgäste:	25,8 Mio.
	Einnahmen:	43,87 Mio. €

Erzielter Fahrpreis Luas: 1,70 € pro Fahrgast

* Quelle: Fahrpreiskalkulator unter www.luas.ie

14.09.2011

III - 22

Thomas Göhler

B3 Preise Elektroenergie ^{1070/}

- Die Tarife für Elektroenergie in Irland sind reguliert.
- Verantwortlich: *CER – Commission for Energy Regulation*
- Anzuwendender Tarif: *MV STOD (Medium Voltage 10/20 kV; Seasonal, Time of Day)*
- Grundpreis: 3041,91 €/Jahr
- Arbeitspreis: 0,17 €/kWh (Winter, Wochentags, nicht Spitzenstunde)

14.09.2011

III - 23

Thomas Göhler

B4 Detaillierung Systemkenngößen Bau

Investitionskosten bezogen auf die Gesamtkosten Bau

- Stationen ca. 40 %*
- Fahrweg ca. 50 %
- *Park und Ride* Einrichtungen ca. 1,5 %
- Tunnelbohrmaschinen ca. 1,5 %
- Sonstiges ca. 7 %

*Es wird davon ausgegangen, dass das Verhältnis der Kosten tief/ebenerdig ca. 3:1 beträgt.

Kosten Betrieb und Instandhaltung bezogen auf Gesamtkosten Bau

- Stationen ca. 45 %
- Fahrweg ca. 32,5 %
- *Park und Ride* Einrichtungen ca. 2,5 %
- Entwässerungssystem ca. 5 %
- Landschaftsbauliche Maßnahmen ca. 10 %
- Sonstiges ca. 5 %

14.09.2011

III - 24

Thomas Göhler

B4 Detaillierung Systemkenngrößen E&M Systeme

Investitionskosten bezogen auf die Gesamtkosten E&M Systeme

- Signalisierungstechnik ca. 20 %
- Stromversorgungssystem ca. 25 %
- Informations- und Kommunikationssysteme ca. 15 %
- Fahrgeldmanagementsystem ca. 7,5 %
- Sonstiges ca. 32,5 %

Kosten Betrieb und Instandhaltung bezogen auf Gesamtkosten E&M Systeme

- Signalisierungstechnik ca. 12,5 %
- Stromversorgungssystem ca. 25 %
- Informations- und Kommunikationssysteme ca. 12,5 %
- Fahrgeldmanagementsystem ca. 25 %
- Sonstiges ca. 25 %

Projekt Dublin Metro Nord

Funktionenanalyse Gesamtsystem und Value Engineering

als Teil des Promotionsvorhabens:
Systematik zur Analyse und Bewertung spurgeführter Verkehrssysteme
am Beispiel des Stadtbahnprojektes Dublin Metro Nord

14.09.2011

IV - 1

Thomas Göhler

Funktionenanalyse Gesamtsystem und *Value Engineering*

Inhalt

1. Einleitung
2. Funktionenanalyse Gesamtsystem
 - Sammlung von Funktionen
 - Prüfung der Formulierungen
 - Einteilung der Funktionen
 - Funktionenstruktur – FAST Diagramm
 - Diskussion der Ergebnisse
3. *Value Engineering* in der Praxis
 - Vorgehensweise
 - Konkrete Ansatzpunkte
4. Ergebnis
5. Zusammenfassung

14.09.2011

IV - 2

Thomas Göhler

1. Einleitung

Allgemeines

Mr. Lawrence D. Miles begründete 1947 die Wertanalyse. Er definierte Wertsteigerung wie folgt:

Verbesserung des Produktwertes, d.h. Wertsteigerung bedeutet, Verbesserung der Produktfunktion bei gleichzeitiger Kostensenkung. /007/

Die Wertanalyse (*value analysis, value engineering*) versteht sich als ein Wirksystem zum Lösen komplexer Probleme, für die weder eindeutige Lösungen bekannt, noch Lösungen mit Hilfe numerischer Verfahren, wie z.B. durch Rechnereinsatz, möglich sind.

Einheitliche Grundsätze für die Durchführung der Wertanalyse sind in DIN 69 910 /008/ definiert.

Die Methoden des *Value Engineering* basieren auf den Grundideen der Wertanalyse.

Die Funktionenanalyse bildet den Kern der Wertanalyse. Die VDI Richtlinie 2806 /009/ liefert einen Leitfaden für die Durchführung von Funktionenanalysen.

14.09.2011

IV - 3

Thomas Göhler

1. Einleitung

Funktionen

Gem. DIN 69 910/008/ wird jede einzelne Wirkung des Wertanalyseobjektes als Funktion bezeichnet.

Gem. DIN 25002-2/011/ bezeichnet eine Funktion die charakteristische Wirkung oder den Zweck einer Betrachtungseinheit im Zusammenhang mit anderen Betrachtungseinheiten. Eine Hauptfunktion ist dabei eine maßgebliche Funktion eines Systems, Produkts oder einer Baugruppe.

Nach Miles wird eine klar verstandene Funktion durch ein quantifizierbares Substantiv und ein transitives* Verb beschrieben.

Zur Benennung von Funktionen schreibt Miles/012/:

„Obwohl das Benennen der Funktionen einfach erscheinen mag, ist genau das Gegenteil der Fall. Ihr deutliches Benennen ist so schwierig und erfordert so viel Exaktheit im Denken, dass man sich wirklich davor hüten muss, die Aufgabe aufzugeben bevor sie erfüllt ist.“

*zielend (z.B. sehen, hören)

14.09.2011

IV - 4

Thomas Göhler

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.1 Sammlung von Funktionen

Zur Sammlung der Funktionen wurde eine Datenbank angelegt (MS Excel, siehe Anlage 1).

Die Sammlung der Funktionen erfolgte bewusst unsystematisch, u.a. um frei von Konventionen zu sein und den Untersuchungsrahmen nicht einzuschränken.

Die Funktionen wurden alphabetisch sortiert und erhielten eine laufende Nummer. Auf diese Weise wurden 180 Funktionen ermittelt.

1	„auf Sicht“ fahren		178	Zusammenstöße verhindern
2	am Straßenverkehr teilnehmen	...	179	Zusatzeinnahmen generieren
3	Antrieb regeln		180	Zweirichtungsbetrieb ermöglichen

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.2 Prüfung der Formulierungen (I)

Wortwahl

- Ist das Hauptwort ein quantifizierbares Substantiv?
- Wurde das Verb im Infinitiv verwendet? Ist es transitiv/ hat es aktivische Bedeutung?

Abstraktionsgrad

- Real
- Ikonisch
- Symbolisch

(Abstraktionsgrad an der Grenze zwischen Ikonischem und symbolischem Bereich wurde angestrebt)

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.2 Prüfung der Formulierungen (II)

Hinsichtlich der Formulierungen wurden Ausnahmen zugelassen z.B.

110	Optimal beschleunigen	Hauptwort kein Substantiv
123	Recycling ermöglichen	Verb ist nicht aktivisch
138	St. Stephens Green anbinden	sehr real
111	Ortsveränderung ermöglichen	sehr symbolisch

Die Ausnahmen erweitern den Rahmen der Untersuchung und führten nicht zu Schwierigkeiten!

14.09.2011

IV - 7

Thomas Göhler

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.3 Einteilung der Funktionen - Funktionenarten

Gebrauchsfunktionen:

der sachlichen Nutzung dienende, objektiv quantifizierbare Wirkungen, z.B.

39	Fahrgäste befördern
----	---------------------

168 der 180 Funktionen sind Gebrauchsfunktionen!

Geltungsfunktionen:

nur subjektiv wahrnehmbare, ausschließlich personenbezogen zu gewichtende Wirkungen, z.B.

5	Ästhetik bieten
---	-----------------

14.09.2011

IV - 8

Thomas Göhler

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.3 Einteilung der Funktionen – Funktionenklassen (I)

Hauptfunktion:

Übergeordnete Aufgabe, übergeordneter Zweck

157	Verkehrsaufkommen bewältigen
-----	------------------------------

Nebenfunktionen:

Durch die Hauptfunktion bedingte, übergeordnete Aufgaben und Wirkungen

92	Kundenzufriedenheit erzeugen	150	Umwelt schonen
102	Modal Split beeinflussen	153	Urbane Attraktivität beeinflussen
130	Sicherheit gewährleisten	174	Wirtschaftlichkeit anstreben

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.3 Einteilung der Funktionen – Funktionenklassen (II)

Akzeptierte Funktionen:

Voraussetzungen und Rahmenbedingungen, die für das „Funktionieren“ des Systems erforderlich und akzeptiert sind

29	Energie „verbrauchen“	91	Kundenwünsche berücksichtigen
65	Fläche „verbrauchen“	103	Monetäre Ströme verursachen
69	Gefahrenquelle sein	129	Ressourcen „verbrauchen“
73	Immobilienwert beeinflussen	149	Umwelt beeinflussen

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.3 Einteilung der Funktionen – Funktionenklassen (III)

Spezifikationen:

104	Normen und Richtlinien einhalten
-----	----------------------------------

Einmalige Funktionen: keine

Ständige Funktionen: z.B.

11	Bedienbarkeit sicherstellen
----	-----------------------------

140	Stand der Technik präsentieren
-----	--------------------------------

34	Erweiterbarkeit ermöglichen
----	-----------------------------

151	Umweltbeeinflussung ertragen
-----	------------------------------

Den ständigen Funktionen wurden auch solche Funktionen zugeordnet, bei denen die Einordnung im Diagramm ansonsten nicht gelang.

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.3 Einteilung der Funktionen - Funktionentypen

Funktionentypen entstehen aufgrund der Anordnung von Funktionen in den Ebenen bzw. Hierarchiestufen der Funktionenstruktur.

Funktionentypen können nicht unabhängig von der Funktionenstruktur zugeordnet werden. Die Kenntnis der Wechselwirkungen der Funktionen untereinander ist erforderlich.

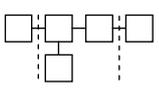
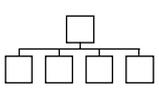
Funktionentypen sind:

- Basisfunktionen (Funktionen in der Ebene/ der Hierarchiestufe unterhalb von Haupt- und Nebenfunktionen)
- Folgefunktionen (Funktionen in der jeweils niedrigeren Ebene/ Hierarchiestufe)
- Parallelfunktionen (Funktionen auf gleicher Ebene/ Hierarchiestufe)

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.4 Funktionenstruktur – FAST Diagramm (*Function Analysis System Technique*)

Auswahl der Strukturierungstechnik

	<u>FAST Diagramm</u>	<u>Funktionsbaum</u>
		
Logik	Wie? - Warum?	Zweck - Mittel
Komplexität	hoch	niedrig
Übersichtlichkeit	sehr gut	weniger gut
Untersuchungsrahmen	umfassend	eingeschränkt
Eignung zur Analyse des Gesamtsystems	geeignet	ungeeignet

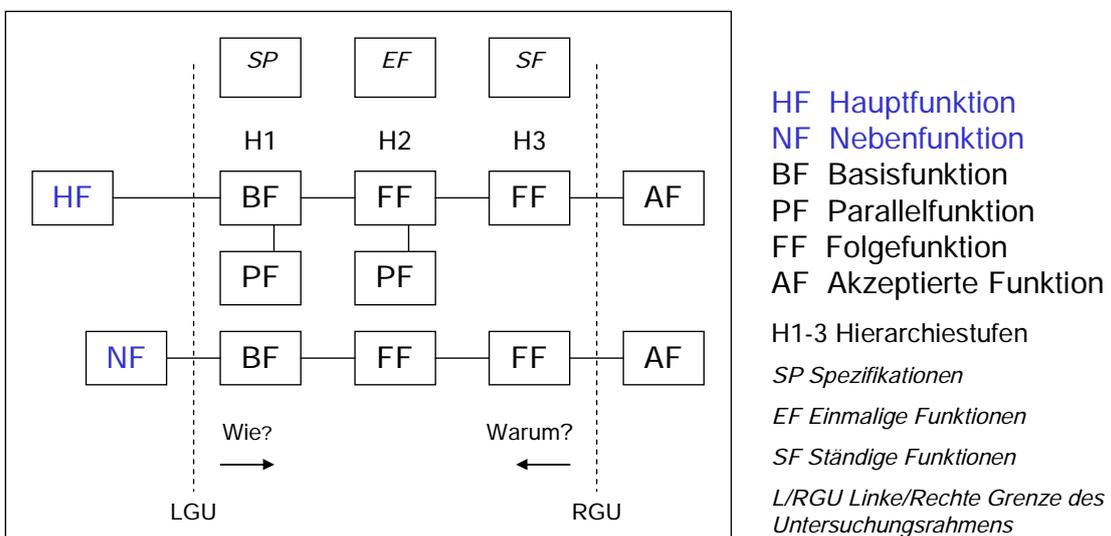
14.09.2011

IV - 13

Thomas Göhler

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.4 Funktionenstruktur – Prinzip FAST Diagramm



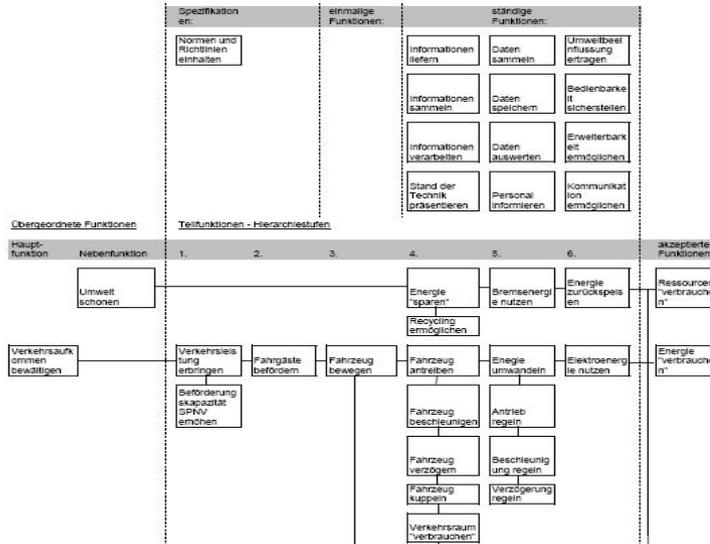
14.09.2011

IV - 14

Thomas Göhler

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.4 Funktionenstruktur – FAST Diagramm Dublin Metro Nord



siehe Anlage 1

14.09.2011

IV - 15

Thomas Göhler

2. Funktionenanalyse Gesamtsystem

2.5 Diskussion der Ergebnisse

Die Datenbank der für das Projekt Dublin Metro Nord ermittelten Funktionen lässt sich zur generellen Darstellung spurgeführter Verkehrssysteme verwenden.* Das FAST Diagramm eignet sich zur Analyse und Darstellung des Gesamtsystems. Aus der Kenntnis der Systemfunktionen in Verbindung mit den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsschätzung lassen sich z.B. besonders kostenintensive Funktionen ermitteln:

67	Fluss Liffey unterqueren
80	Innenstadt unterqueren

Daraus wiederum lassen sich Ansatzpunkte für Wertsteigerungsmaßnahmen ableiten, die es in einem weiteren Analyseschritt zu konkretisieren gilt.

* Geringe Modifikationen erforderlich (z.B. Stationsnamen, Tunnel)

14.09.2011

IV - 16

Thomas Göhler

3. *Value Engineering* in der Praxis

3.1 Vorgehensweise

- Gesamtsystem in Teilsysteme zerlegen
- Teilsysteme den Projektpartnern zuordnen
- Strukturierungsvorgaben durch die Projektleitung
- Ideenfindung in interdisziplinären Teams
- Vorbewertung und Auswahl von Ideen durch Experten auf Teilsystemebene
- Bewertung und Auswahl durch Projektleitung
- Weiterleitung der ausgewählten Vorschläge an den Auftraggeber

Die Vorgehensweise folgt organisatorischen Projekterfordernissen.

3. *Value Engineering* in der Praxis

3.1 Vorgehensweise – Mögliche Strukturierungsvorgabe

- Kurzbeschreibung des Vorschlags
- Betroffene Teilsysteme
- Mögliche positive Auswirkungen
- Mögliche negative Auswirkungen

3. *Value Engineering* in der Praxis

3.2 Konkrete Ansatzpunkte (I)

Kurzbeschreibung des Vorschlags

- Alternatives Verkehrskonzept: Bau Flughafenanbindung auf Metro Nord Trasse als „Heavy Metro“/074/ (Hochflur*, Kapazität wie DART, erweiterbarer und breiter Innentunnel)

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- Erweiterbarkeit und höhere Transportkapazität

Mögliche Negative Auswirkungen

- Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits zu weit fortgeschritten; Kosten für Umplanung

* z.B. s. Metro Oslo

14.09.2011

IV - 19

Thomas Göhler

3. *Value Engineering* in der Praxis

3.2 Konkrete Ansatzpunkte (II)

Kurzbeschreibung des Vorschlags

- Alternatives Verkehrskonzept: Verlängerung der Luas-Linie „Grün“ (Innenstadt oberirdisch) bzw. Flughafenanbindung durch DART

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- Einsparung von Investitionskosten
- Interoperabilität
- schrittweise Erweiterbarkeit
- „überschaubare“ Investitionen

Mögliche negative Auswirkungen

- Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits zu weit fortgeschritten; Kosten für Umplanung
- keine Anbindung des Vorortes Swords

14.09.2011

IV - 20

Thomas Göhler

3. Value Engineering in der Praxis

3.2 Konkrete Ansatzpunkte (III)

Kurzbeschreibung des Vorschlags

- Entfall der Tunnel-Schleife unter St. Stevens Green*, stattdessen Verlängerung der geraden Tunnelröhren um ca. 200 m

Betroffene Teilsysteme

- insbesondere Bau (Tunnel, Tunnelausrüstung, Fahrweg), Elektrifizierung, Betrieb

Mögliche positive Auswirkungen

- Vereinfachung des Bauablaufs
- Einsparung von Investitionskosten
- Erweiterbarkeit in Richtung Süden
- ggf. Schaffung zusätzlicher Abstellflächen

Mögliche negative Auswirkungen

- Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits zu weit fortgeschritten; Kosten für Umplanung

* Radius ca. 55 m -> Länge ca. 350 m

14.09.2011

IV - 21

Thomas Göhler

3. Value Engineering in der Praxis

3.2 Konkrete Ansatzpunkte (IV)

Kurzbeschreibung des Vorschlags

- Zusammenlegung der Tief-Stationen O'Connell Bridge (-24 m) und Parnell Square (-16 m)*

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- Einsparung Investitionskosten durch Entfall einer Tief-Station
- Verkürzung der Fahrzeit durch Entfall eines Stopps
- Verbesserung der Anbindung von Luas

Mögliche negative Auswirkungen

- Projekt Dublin Metro Nord und angrenzende Planungen bereits zu weit fortgeschritten; Kosten für Umplanung
- Verlängerung der Haltestellenabstände (Erreichbarkeit)

* Alternative Station mit verbesserter Anbindung Luas (Stopp Abbey Street)

14.09.2011

IV - 22

Thomas Göhler

3. *Value Engineering* in der Praxis

3.2 Konkrete Ansatzpunkte (V)

Kurzbeschreibung des Vorschlags

- Fahrzeugbreite (2,40 m) erweitern

Betroffene Teilsysteme

- besonders Fahrzeug, Bau

Mögliche positive Auswirkungen

- Erhöhung der Transportkapazität

Mögliche negative Auswirkungen

- Eingeschränkte Interoperabilität mit Luas

3. *Value Engineering* in der Praxis

3.2 Konkrete Ansatzpunkte (VI)

Kurzbeschreibung des Vorschlags

- Effektives Projektmanagement; insbesondere durch flache Hierarchiestufen und klare Aufgabenverteilung (*Special Purpose Company, Engineering Procurement Construction Company, O&M Company*)

Betroffene Teilsysteme

- alle

Mögliche positive Auswirkungen

- Verringerung Personaleinsatz
- Verkürzung der Bauzeit
- Einsparung von Investitionskosten
- Einsparung von Betriebskosten

Mögliche negative Auswirkungen

- Einschränkung der Risikoverteilung

4. Ergebnis

Zur Wertsteigerung wird für das Projekt Dublin Metro Nord insbesondere vorgeschlagen:

1) Entfall der Tunnel-Schleife unter St. Stevens Green

Verbesserte Funktionen, u.a.:

34	Erweiterbarkeit ermöglichen	87	Investitionskosten verursachen
52	Fahrzeuge abstellen	139	Stadtbild beeinflussen
65	Fläche verbrauchen	150	Umwelt schonen

Geschätzte mögliche Kostensenkung, ca.: 35 Millionen € (Investitionskosten)

4. Ergebnis

Zur Wertsteigerung wird für das Projekt Dublin Metro Nord insbesondere vorgeschlagen:

2) Zusammenlegung der Tief-Station O'Connell Bridge und Parnell Square

Verbesserte Funktionen, u.a.:

51	Fahrzeit minimieren	87	Investitionskosten verursachen
65	Fläche verbrauchen	97	Luas anbinden
86	Intramodale Umsteigepunkte schaffen	139	Stadtbild beeinflussen

Geschätzte mögliche Kostensenkung: 67 Millionen € (Investitionskosten)

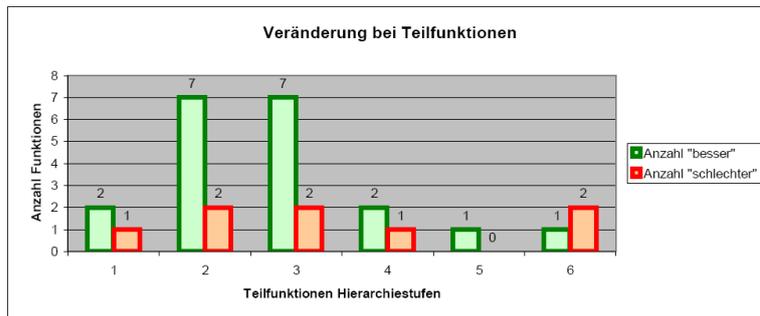
4. Ergebnis

Die Umsetzung der o.g. Vorschläge hat auf die Funktionen des Gesamtsystems insgesamt folgende Auswirkungen:

Absolut werden 26 Funktionen als verbessert und nur 8 Funktionen als verschlechtert bewertet (Details s. FAST Diagramm modifiziert, Anlage 1)

Verbesserte Teilfunktionen sind eher in höheren Hierarchiestufen zu finden, verschlechterte Teilfunktionen hingegen sind gleichmäßiger verteilt

Fazit: Quantitative und Qualitative Funktionsverbesserung (gesamt)



14.09.2011

IV - 27

Thomas Göhler

5. Zusammenfassung

Wertsteigerung wird durch Verbesserung von Funktionen bei gleichzeitiger Kostensenkung erreicht.

Die ermittelte Hauptfunktion der geplanten Stadtbahn Dublin Metro Nord lautet: „Verkehrsaufkommen bewältigen“. Diese Hauptfunktion beschreibt die Verkehrsaufgabe.

Die ermittelten Nebenfunktionen lauten: „Kundenzufriedenheit erzeugen“, „Modal Split beeinflussen“, „Sicherheit gewährleisten“, „Umwelt schonen“, „Urbane Attraktivität beeinflussen“, „Wirtschaftlichkeit anstreben“. Diese Funktionen beschreiben die an die Erfüllung der Verkehrsaufgabe geknüpften, übergeordneten Anforderungen.

Function Analysis System Technique (FAST) Diagramme eignen sich zur Analyse von Verkehrssystemen, auf der Gesamtsystemebene.

Aus dem FAST Diagramm lassen sich Ansatzpunkte für Wertsteigerungen ableiten.

Konkrete Maßnahmen können anhand der Kenntnis des Projektfeldes, der Projektstrukturen, der Wirtschaftlichkeitsabschätzung sowie der Funktionenanalyse effektiv bewertet werden.

14.09.2011

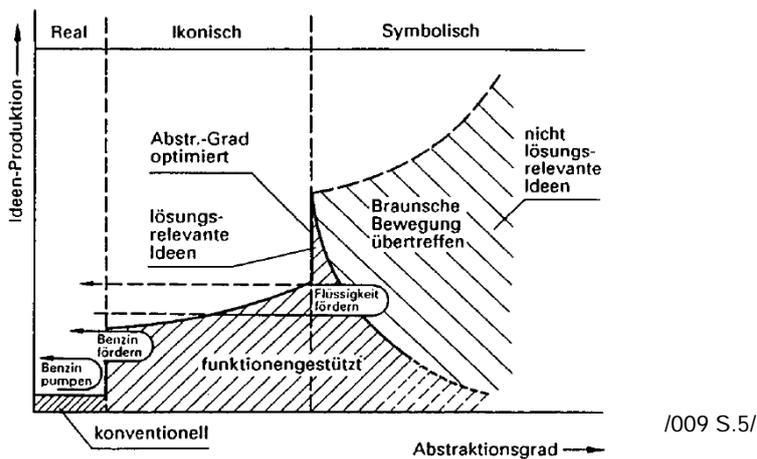
IV - 28

Thomas Göhler

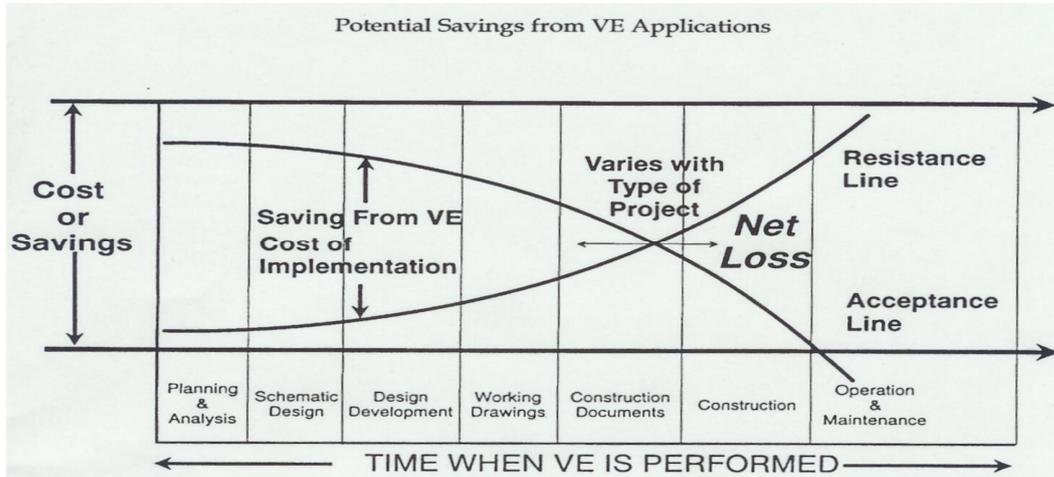
Backup Bereich

B1 Funktionenbenennung

Gem. VDI 2803/009 S.5/ sollte "die Benennung von Funktionen ... keinesfalls im realen Bereich bleiben (dann wäre sie keine Funktion, sondern verbale Beschreibung der Realität), sondern sie sollte an der Grenze zwischen ikonischem und symbolischem Bereich liegen".



B2 Einsparungspotentiale



www.magillconstruction.com/projectdel.html/

14.09.2011

IV - 31

Thomas Göhler

B3 Analysen

Untersuchung der Kapazitäten

Max. Kapazität Metro 50 000 pphpd gem. *Dublin Transportation Office* /068 S.27/

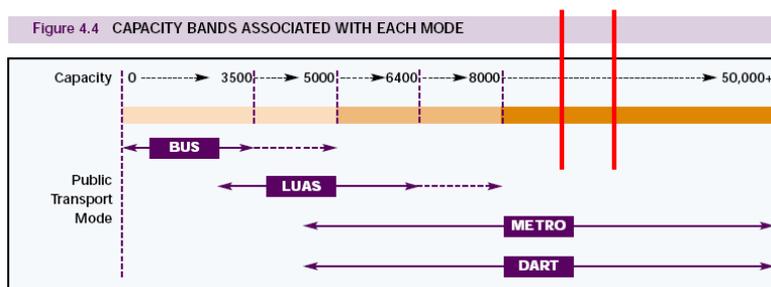
Das würde bedeuten:

Takt 4 min /050/ -> 15 Züge pro Stunde -> max. Kapazität Zug: 3 334 P/ Zug

Takt 2 min -> 30 Züge pro Stunde -> max. Kapazität Zug: 1 667 P/ Zug

Dies ist mit einer Stadtbahn mit den geplanten Systemeigenschaften kaum erreichbar. Die folgende Forderung ist realistischer:

Forderung RPA: Kapazität 10 000 - 20 000 pphpd /z.B. 026/



/068 S.27/

14.09.2011

IV - 32

Thomas Göhler

B3 Analysen

Untersuchung der Kapazitäten

Erreichbar gem. SAG (Combino; interne Angaben):

(für 4/5/6/7/8 P/m²: (2x) 284/335/386/421/488;
Stehplatzfläche Zug 2*5-teilig: ca. 102 m²; Breite 2,40; Länge 91 m)

Dichte [P/m ²]	4	5	6	7	8
C pro FZ [P]	284	335	386	421	488
C pro Zug [P]	568	670	772	842	976
C 4 min Takt [pphpd]	8520	10050	11580	12630	14640
C 2 min Takt [pphpd]	17040	20100	23160	25260	29280

14.09.2011

IV - 33

Thomas Göhler

B3 Analysen

Untersuchung der Kapazitäten

Luas: (Alstom Ctadis 401 /033/ Stehplatzfläche: errechnet 46 m²; Breite 2,40 m;
Länge 41 m)

Dichte [P/m ²]	4	5	6	7	8
C _{Sitz} pro FZ [P]	80	80	80	80	80
C _{Steh} pro FZ [P]	184	230	276	322	368
C pro FZ [P]	264	310	356	402	448
C pro Zug [P]	264	310	356	402	448
C 4 min Takt [pphpd]	3960	4650	5340	6030	6720

14.09.2011

IV - 34

Thomas Göhler

B3 Analysen

Untersuchung der Kapazitäten

(DART Tokyu EMU 8520 /073/ Takt: Conolly->Tara Street: 6 min

<http://www.irishrail.ie/home/>

Stehplatzfläche Zug (2*4-teilig) 383 m²; Breite 2,90 m; Länge >160 m)

Dichte [P/m ²]	4	5	6	7	8
C _{Sitz} pro FZ [P]	120	120	120	120	120
C _{Steh} pro FZ [P]	766	837,5	1029	1220,5	1412
C pro FZ [P]	886	957,5	1149	1340,5	1532
C pro Zug [P]	1772	1915	2298	2681	3064
C _{6 min Takt} [pphpd]	17720	19150	22980	26810	30640

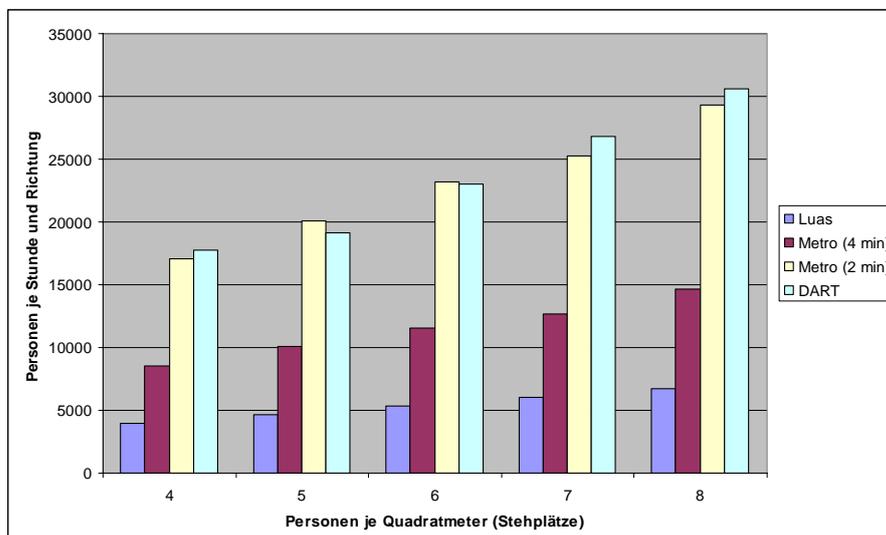
14.09.2011

IV - 35

Thomas Göhler

B3 Analysen

Untersuchung der Kapazitäten – Vergleich Luas, DART und Metro Nord



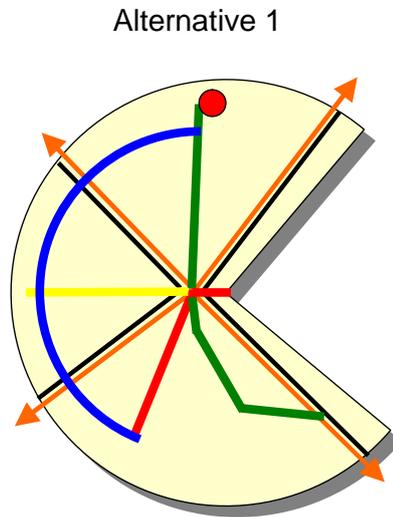
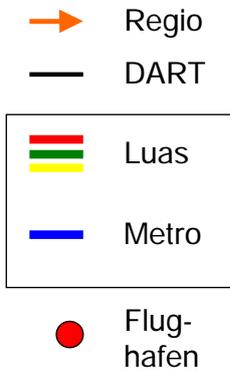
14.09.2011

IV - 36

Thomas Göhler

B4 Alternative Lösungen

Alternative 1 – Verlängerung “Green Line”



Merkmale:

- Verlängerung der Luas Linie “Green Line” über Flughafen nach Belinstown
- Entfall der Metro-Tunnelstrecke in der Innenstadt
- Verzicht auf den neuen Verkehrsträger “Metro”

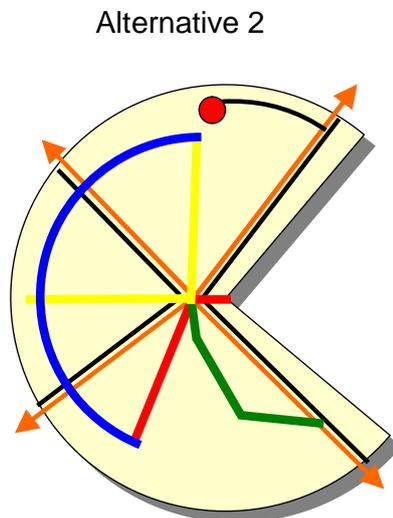
14.09.2011

IV - 37

Thomas Göhler

B4 Alternative Lösungen

Alternative 2 – Flughafenanbindung durch DART



Merkmale:

- Flughafenanbindung durch DART*
- Verlängerung der “Yellow-Line” bis Ballymun
- Entfall der Metro-Tunnelstrecke in der Innenstadt

* Fahrzeit von St. Stephens Green zum Flughafen: via Interconnector und Flughafenzubringer ca. 25 min; Vergleichswert: heute DART von Grand Canal Dock to Malahide: 25 min (11 Stationen)

14.09.2011

IV - 38

Thomas Göhler

B5 Analysen

Tiefe der geplanten Tiefstationen

No.	Stop	Top of rail level [m]
1	St. Stevens Green	-10,2
2	O'Connell Bridge	-24,0
3	Parnell Square	-16,3
4	Mater	-8,3
5	Drumconda	-9,4
6	Griffith Avenue	-11,7
7	Dublin City University	-10,4
8	Ballymun	-10,0
9	Airport	-21,5
average		-13,53333333

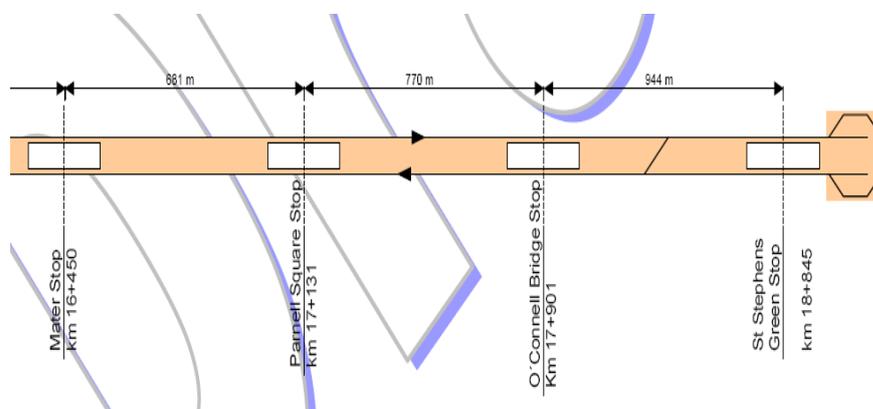
14.09.2011

IV - 39

Thomas Göhler

B5 Analysen

Tiefstationen – Haltestellenabstände Stadtzentrum



14.09.2011

IV - 40

Thomas Göhler

B6 Analysen

Untersuchung der Fahrzeugbreiten – Vergleich Referenzprojekte

Dublin: Luas -> DMN: 2,40 m
DART: 2,90 m

Edinburgh: CAF (Niederflur): Breite: 2,65 m

Rotterdam: Bombardier Flexity Swift (Hochflur): Breite: 2,65 m

Köln: Bombardier Flexity Swift (Niederflur/ Hochflur): 2,65 m

Porto: Bombardier (Niederflur): Breite: 2,65 m

Die Fahrzeuge in den von RPA genannten Referenzsystemen sind breiter als 2,40 m.

14.09.2011

IV - 41

Thomas Göhler

B7 Abschätzung möglicher Kosteneinsparungen

Zu 1) Entfall Wendeschleife:

Eingesparte Länge Tunnel (L_{Schleife}): 350m (Verlängerung gerade Röhre ist Vorweg-Maßnahme für die geplante Erweiterung nach Süden)

Als Tunnelpreis (K_{Tunnel}) können angesetzt werden: 100 T€/m (Innenstadtlage, aufwendige Bauweise, vgl. Dublin Port Twin Tunnel 100 T€/m bzw. Stadtbahn Köln 125 T€/m)

$$K_{\text{einspar 1}} = K_{\text{Tunnel}} * L_{\text{Schleife}}$$

-> damit ergibt sich eine mögliche Einsparung von ca. 35 Millionen €

14.09.2011

IV - 42

Thomas Göhler

B7 Abschätzung möglicher Kosteneinsparungen

Zu 2) Entfall einer Tief-Station:

Baukosten (K_{Bau}): ca. 1944 Mio. €

Anteil Kosten für Stationen an Baukosten (J_{Station}): ca. 40%

Anzahl Tief-Stationen ($n_{\text{Stationtief}}$): 9

Anzahl ebenerdige Stationen ($n_{\text{Stationeben}}$): 8

Kostenverhältnis Tief-Station zu ebenerdige Station ($v_{\text{KStationen}}$): 3/1

$$K_{\text{einspar2}} = K_{\text{Stationtief}} = \frac{K_{\text{Bau}} * J_{\text{Station}}}{\left(n_{\text{Stationtief}} + \frac{n_{\text{Stationeben}}}{v_{\text{KStationen}}}\right)}$$

-> damit ergibt sich eine mögliche Einsparung von ca. 67 Millionen €

Systemanalyse
zur Bewertung spurgeführter Verkehrssysteme
am Beispiel des Stadtbahnprojektes
Dublin Metro Nord

Vorstellung des Promotionsvorhabens
im Rahmen der Disputation am 30.09.2011

18.10.2011

V - 1

Thomas Göhler

Inhalt

1. Einleitung
2. Problemstellung
3. Methodik
4. Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeographische Rahmenbedingungen
5. Projektdarstellung und -strukturierung
6. Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung
7. Funktionenanalyse und Value Engineering
8. Abgrenzung
9. Zusammenfassung und Ausblick

18.10.2011

V - 2

Thomas Göhler

1. Einleitung

- Siemens AG Mobility Division beteiligt sich an der Ausschreibung für das Stadtbahnprojekt Dublin Metro Nord (05/2008 – 06/2009)
- Verkehrswissenschaftliche Informationen zur Republik Irland und insbesondere zum geplanten Stadtbahnprojekt Dublin Metro Nord liegen nur in geringem Umfang vor
- Bewährte Verfahren zur Durchführung ganzheitlicher, vergleichbarer Systemanalysen für spurgeführte Verkehrssysteme liegen nicht vor

Ansätze liefern u.a.:

- Vorlesung „Aktuelle Vorhaben in der Bahntechnik“ an der TU Berlin (Prof. Mnich)
- Diplomarbeit „Integration chinesischer Flughäfen in das Streckennetz des Bahnverkehrs am Beispiel der Flughafenbindung in Nanjing“ (Yuanfei Shi), Werner von Siemens Excellence Award 2008

18.10.2011

V - 3

Thomas Göhler

2. Problemstellung

- Erarbeitung eines systematischen Ansatzes zur strukturierten Darstellung aktueller Vorhaben in der Bahntechnik
- Weiterentwicklung der Vorgehensweise zur vereinfachten Wirtschaftlichkeits-schätzung nach /Shi 2007/
- Integration der Betriebssimulation als zentralen Bestandteil der Systemanalyse
- Wissenschaftliche Aufarbeitung des Begriffs Value Engineering und Einbindung der Funktionenanalyse in den Gesamtansatz
- Anwendung der Systematik auf das Stadtbahnprojekt Dublin Metro Nord

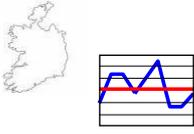
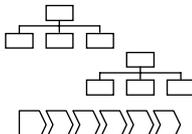
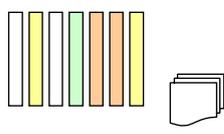
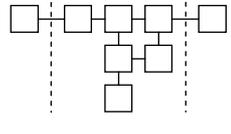
18.10.2011

V - 4

Thomas Göhler

3. Methodik

Methodik der Systemanalyse

<u>Projektumfeld</u>	<u>Projekt</u>	<u>Wirtschaftlichkeits- abschätzung</u>	<u>Funktionenanalyse und Value Engineering</u>
Analyse des Projektumfeldes anhand wirtschaftspolitischer, verkehrsgeografischer Kenngrößen	Projektdarstellung und -strukturierung durch Methoden des Projektmanagements und Systemengineering	Schrittweise Herleitung relevanter Systemmerkmale und Ermittlung des Wirtschaftlichkeitsfaktors	Aufbau der Funktionenstruktur und Bewerten von Möglichkeiten zur Wertsteigerung, Systemoptimierung
			

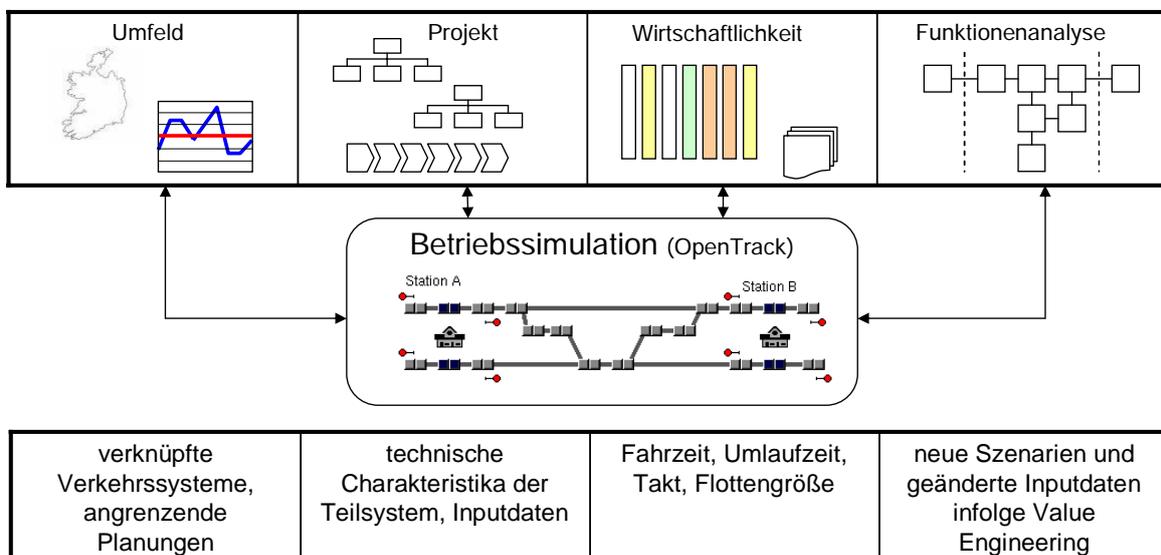
18.10.2011

V - 5

Thomas Göhler

3. Methodik

Betriebssimulation als zentraler Bestandteil der Systemanalyse



18.10.2011

V - 6

Thomas Göhler

4. Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Rahmenbedingungen

Analyseinhalte

- Geographische Gegebenheiten
- Bevölkerungsstruktur
- Politische Rahmenbedingungen
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen
- Strategien zur Raumordnung
- Existierende Verkehrssysteme
- Modal Split
- Vergleich/ *Bench Marking*
- Historische Entwicklung
- Prognose
- Angrenzende Planungen

18.10.2011

V - 7

Thomas Göhler

4. Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Rahmenbedingungen



18.10.2011

V - 8

Thomas Göhler

5. Projektdarstellung und -strukturierung

Analyseinhalte

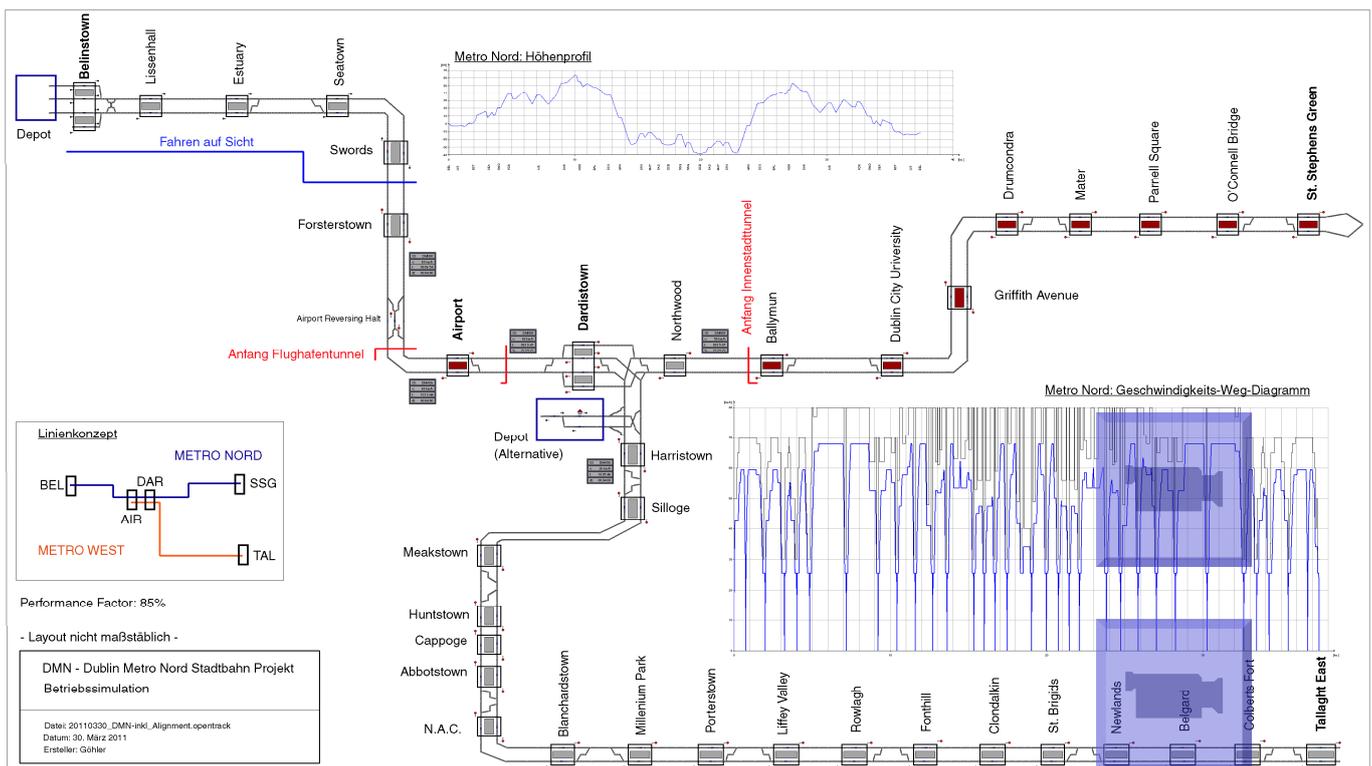
- Betriebsdaten
- Finanzierungsmodell
- Vertragsstruktur
- Projektstruktur
 - Phasenstruktur
 - Ortsstruktur
 - Leistungsstruktur
 - Lieferstruktur
- Interessengruppen/ Stakeholder
- Bietergruppen
- Projektstand
- Vorschau

18.10.2011

V - 9

Thomas Göhler

5. Projektdarstellung und -strukturierung



18.10.2011

V - 10

Thomas Göhler

7. Funktionenanalyse und Value Engineering

Begriffe und Vorgehensweise

Gem. DIN 69 910 wird jede einzelne Wirkung des Wertanalyseobjektes als Funktion bezeichnet.

Vorgehensweise zur Funktionenanalyse:

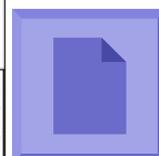
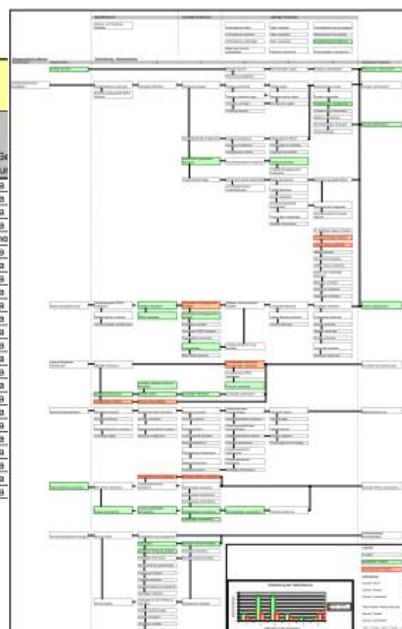
- Sammlung von Funktionen
- Prüfung der Formulierungen
- Einteilung der Funktionen
- Funktionenstruktur – FAST Diagramm
- Optimierungspotentiale analysieren
- Diskussion der Ergebnisse

Wertsteigerung wird durch Verbesserung von Funktionen bei gleichzeitiger Kostensenkung erreicht.

7. Funktionenanalyse und Value Engineering

FAST Datenbank und Diagramm

Fkt. Nr.	IST-Funktion*	Wortwahl		Abstraktionsgrad			Gut
		Hauptwort quantifizierbar	Verb im Infinitiv mit aktivischer Bedeutung?	real	ikonisch	symbolisch	
1	"auf Sicht" fahren	nein	ja	ja	nein	nein	ja
2	am Straßenverkehr teilnehmen	ja	ja	nein	ja	nein	ja
3	Antrieb regeln	ja	ja	nein	ja	nein	ja
4	Arbeitsplätze schaffen	ja	ja	nein	nein	ja	ja
5	Ästhetik bieten	ja	ja	nein	ja	nein	nein
6	attraktive Fahrzeit anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	ja
7	attraktiven Fahrpreis anbieten	ja	ja	nein	ja	nein	ja
8	Ausstieg ermöglichen	ja	nein	nein	ja	nein	ja
9	Balken anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja
10	Barrierefreiheit gewährleisten	ja	nein	nein	ja	nein	ja
11	Bedienbarkeit sicherstellen	ja	ja	nein	nein	ja	ja
12	Beförderungskapazität SPNV erhöhen	ja	ja	nein	ja	nein	ja
13	Begegnungsverkehr zulassen	ja	nein	nein	ja	nein	ja
14	Belinstöwe anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja
15	Bergung ermöglichen	ja	nein	nein	ja	nein	ja
16	Beschleunigung regeln	ja	ja	nein	ja	nein	ja
17	Betriebskosten verursachen	ja	ja	nein	ja	nein	ja
18	Bremsenergie nutzen	ja	ja	nein	ja	nein	ja
19	Dardistöwe anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja
20	Daten auswerten	ja	ja	nein	nein	ja	ja
21	Daten sammeln	ja	ja	nein	nein	ja	ja
22	Daten speichern	ja	ja	nein	nein	ja	ja
23	Drumondra anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja
24	Dublin City Universität anbinden	nein	ja	ja	nein	nein	ja



8. Abgrenzung

Systemanalyse im Vergleich

Methode	Kostenvergleichsrechnung, Kapitalwertmethode, Kosten-Erlösrechnung; Nutzen-Kosten-Analyse, Nutzwertanalyse, Kosten-Wirksamkeits-Analyse /017/	Systemanalyse
Fragestellung	Ist es volkswirtschaftlich sinnvoll, das Verkehrsprojekt mit finanziellen Mitteln aus der öffentlichen Hand durchzuführen? Welche staatlichen Vorhaben sollen aus der Anzahl potentieller Alternativen ausgewählt und realisiert werden? /017/	Welche Randbedingungen sind regional zu beachten, wie müsste ein Projekt strukturiert sein? Kann das geplante Verkehrssystem wirtschaftlich betrieben werden und welche Optimierungspotentiale gibt es?
Einsatzgebiet	Nationale Projektplanung und –bewertung gem. deutschem Planungsrecht; Verkehrsplanung	Nationale und internationale Projekte; Forschung und Industrie

Quelle: /Schach et al, 2006/

18.10.2011

V - 15

Thomas Göhler

9. Zusammenfassung und Ausblick

Die Vorgehensweise liefert auf der Gesamtsystemebene eine kompakte, strukturierte und vergleichbare Analyse aktueller Vorhaben der Bahntechnik.

Die Durchführung des Projekts Dublin Metro Nord wird empfohlen. Erreichbarkeit, Nachhaltigkeit, Kapazität, Benutzung und Qualität des ÖPNV in Dublin werden verbessert. Die Untersuchung zeigt auch, daß das System wirtschaftlich betrieben werden könnte.

Die Erweiterung der Wirtschaftlichkeitsabschätzung um die Abschätzung von Lebenszykluskosten ist erforderlich.

Eine Datenbank zur Sammlung und Kategorisierung von Systemkenngößen ist zu erarbeiten.

Die Vertiefung der Untersuchungen zur Funktionenstruktur wird empfohlen. Dazu ist z.B. die FAST Datenbank zu erweitern.

18.10.2011

V - 16

Thomas Göhler

Backup

Backup Bereich

18.10.2011

V - 17

Thomas Göhler

B1 Projektstand

Projektstand

Januar 2010	Erneute Vertagung des mündlichen Anhörungsverfahrens zum Antrag auf Baugenehmigung
März 2010	Abschluss des mündlichen Anhörungsverfahrens
May 2010	Freigabe eines Darlehens durch die Europäische Investitionsbank in Höhe von 500 Millionen Euro
Oktober 2010	Planungsaufsichtsbehörde erteilt " <i>Railway Order</i> " (Baugenehmigung) mit Auflagen an RPA
Dezember 2010	Inkrafttreten der Baugenehmigung, Beginn öffentlicher Anhörungen für separaten Bauantrag für den neuen Depotstandort
März 2011	Neuwahlen, neue Regierungsparteien Fine Gael und Labour Party; neuer Minister für Transport und Tourismus L. Varadkar
April 2011	es wird bekannt gegeben, dass aufgrund der wirtschaftlichen Krise nur eins der in T21 geplanten Bahnprojekte fortgeführt werden können, Entscheidungsfindung bis September 2011
September 2011	Das Projekt Dublin Metro Nord wird auf unbestimmte Zeit verschoben

B2 Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Randbedingungen

Projektumfeld Irland und Dublin (I)

- Die Bevölkerung der Republik Irland ist in den vergangenen Jahren gewachsen. Die Anzahl der Beschäftigungsverhältnisse ist gestiegen und das BIP pro Kopf ist in der Republik Irland um ca. 50% höher als in Deutschland.
- Der Hauptverkehrsträger in der Republik Irland ist der Straßenverkehr. Die Anzahl Zulassungen und der Index PKW/1000 Einwohner sind gestiegen. Arbeits- und Schulwege werden überwiegend mit dem PKW zurückgelegt. Die Straßen sind überlastet.
- Während der Güterverkehr auf der Straße stark wächst, ist er auf der Schiene stark eingebrochen.
- Trotz wachsender Passagierzahlen der irischen Bahnen spielt im Modal Split diese Transportart kaum eine Rolle (<5 %).
- Zur Optimierung der Verkehrssysteme hat die Regierung im November 2005 das Investitionsprogramm „Transport 21“ (T21) aufgelegt. Über einen Zeitraum von 2006-2015 werden 34 Mrd. € in die Verkehrssysteme der Republik Irland investiert. Das sind täglich ca. 9,3 Mio. €.

18.10.2011

V - 19

Thomas Göhler

B2 Wirtschaftspolitische und Verkehrsgeografische Randbedingungen

Projektumfeld Irland und Dublin (II)

- Für Dublin und das Umland hat in T21 die Entwicklung der Metrolinien Nord und West sowie die Erweiterung des Straßenbahnnetzes hohe Priorität.
- Metro Nord wird mit Tunnelstrecken eine schnelle Radiallinie zur Verbindung des Stadtzentrums mit dem Flughafen und darüber hinaus herstellen. Metro West bildet eine orbitale Verbindungslinie.
- Metro und Luas werden gemeinsam ein modernes Stadtbahnnetz bilden. Aus den derzeit nicht verbundenen Straßenbahnlinien (23 km) wird auf diese Weise ein Nahverkehrsnetz mit 5 Linien entstehen (111 km). 17 intramodale Umsteigepunkte werden dadurch neu geschaffen.
- Die Anzahl an Stadtbahnstationen und Haltepunkten wird von derzeit 36 auf 135 wachsen. Das bedeutet für den Index Stationen pro 100.000 Einwohner ein Wachstum von 7,2 auf 27,0.
- Seehafen und Flughafen werden an das Stadtbahnnetz angebunden.
- Die gesteckten Ziele hinsichtlich Erreichbarkeit, Nachhaltigkeit, Kapazität, Benutzung und Qualität können damit erreicht werden.

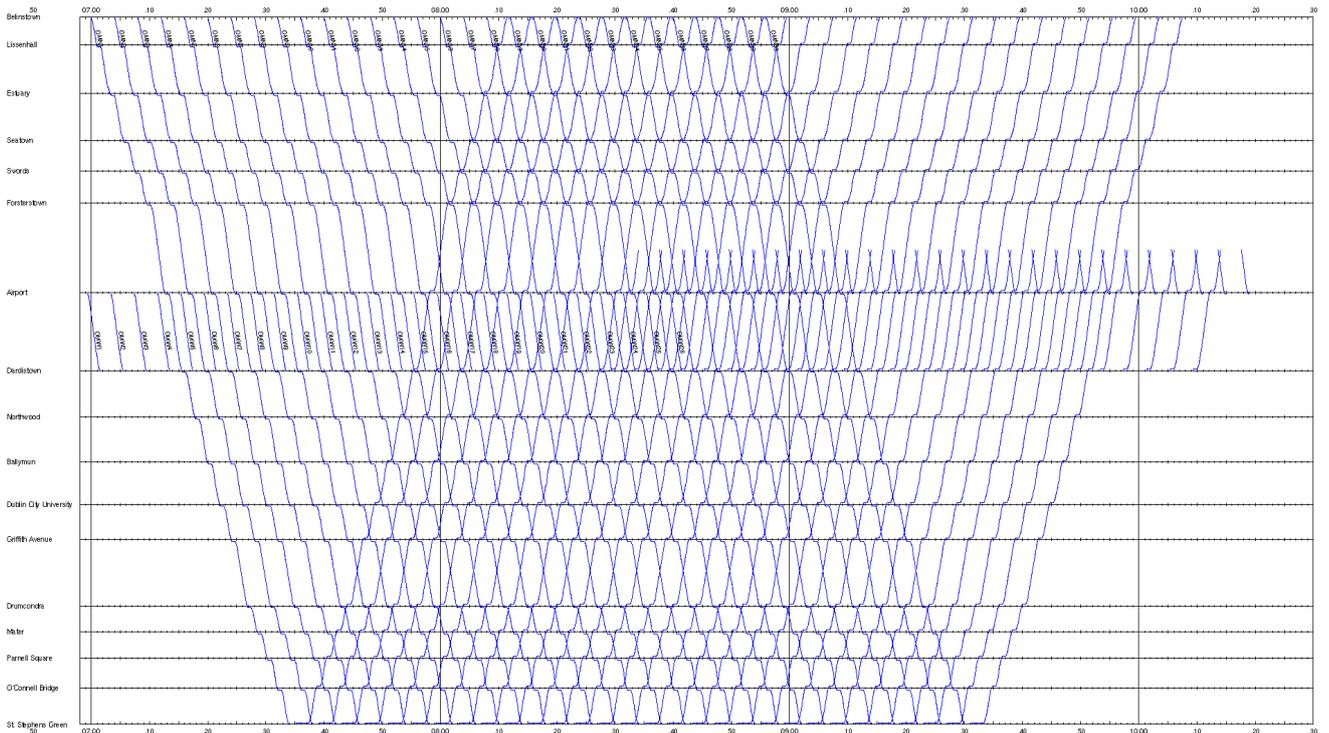
18.10.2011

V - 20

Thomas Göhler

B3.1 Bildfahrplan Metro Nord und West

Belinstown - St. Stephens Green



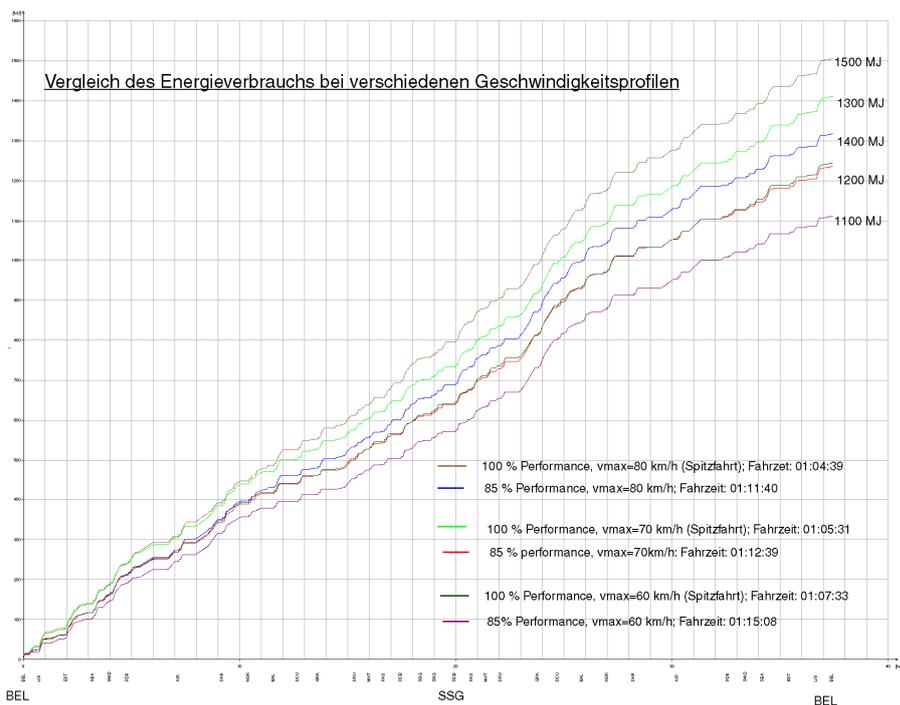
4-Minutentakt; inkl. Verdichtung zum 2-Minutentakt zwischen Station Dardistown und Airport durch Überlagerung mit Metro West

18.10.2011

V - 21

Thomas Göhler

B3.2 Energiebedarf in Abhängigkeit vom Geschwindigkeitsprofil



18.10.2011

V - 22

Thomas Göhler

B4.1 Komplementäre Einflüsse

TU Berlin; Aktuelle Vorhaben in der Bahntechnik

Vorlesung / Seminar: Aktuelle Vorhaben Bahntechnik
Sommersemester 2011

Im Rahmen dieser Vorlesung bzw. dieses Seminars werden aktuelle Projekte aus der anwendungsnahen Bahntechnik und deren Lösungsansätze sowie Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

Wesentliches Ziel dieser Veranstaltung ist es, den Studentinnen und Studenten die Notwendigkeit einer fachübergreifenden Bearbeitung von Bahn-/Verkehrsprojekten und komplexen Aufgabenstellungen in der Bahn- und Verkehrstechnik aufzuzeigen. Daneben werden Aufgaben des Ingenieurs in der Praxis, so z. B. im Projektmanagement, bei der Erstellung von Angeboten und Ingenieurverträgen, die Beantragung von Forschungsvorhaben, Bewerbungen und Qualifikationen bei Ausschreibungen öffentlicher Ingenieur- und Beratungsleistungen erläutert. Dazu gehören auch Fragen der Öffentlichkeitsarbeit und der Projektdokumentation. Behandelt werden Projektpräsentationen für verschiedene Zielgruppen und Führungsebenen in öffentlichen Institutionen sowie in der Privatwirtschaft (Minister-, Vorstand- und Geschäftsführungsvorlagen).

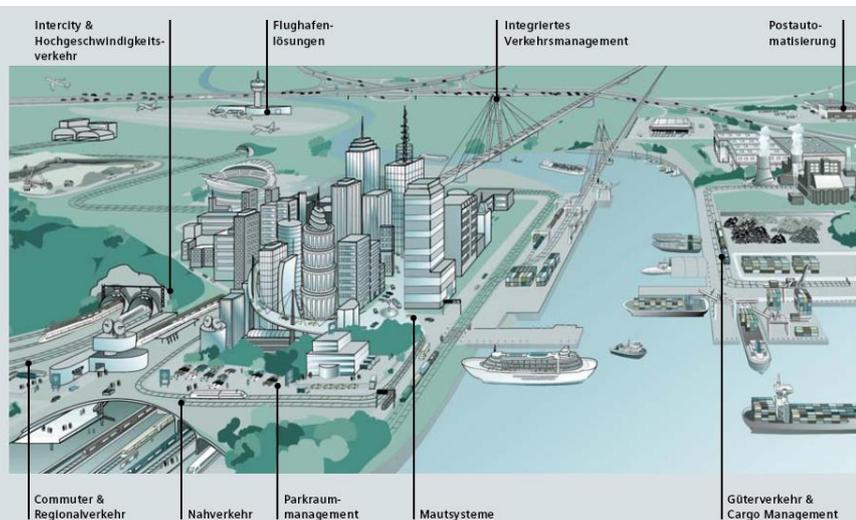


Zu jedem Thema/Projekt werden ausgewählte Präsentationsunterlagen verteilt.

B4.2 Komplementäre Einflüsse

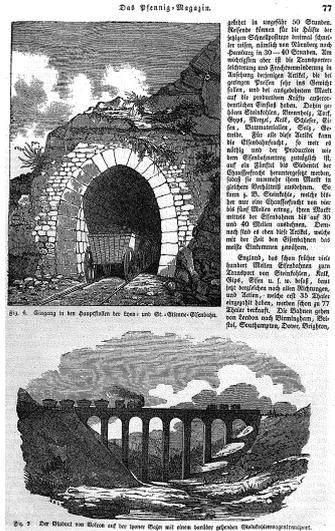
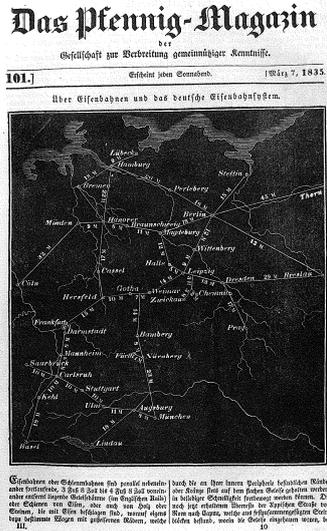
Siemens AG Mobility Division; Complete Mobility – Gesamtsystemansatz aktuell

Nur wenn wir alle Verkehrsträger sinnvoll miteinander vernetzen, kann Mobilität nachhaltig gesichert werden. Siemens besitzt alle Kompetenzen und Technologien, um ein intermodales Verkehrssystem zu schaffen.



B4.3 Komplementäre Einflüsse

Friedrich List; Systemanalyse/ Gesamtsystembeschreibung anno 1835 (Auszug)



nachgedruckt in: Der Eisenbahningenieur – Internationale Fachzeitschrift für Schienenverkehr und Technik. VDEI 04/2010

18.10.2011

V - 25

Thomas Göhler