

Fachartikel 2007

Prof. Dr. Michael Braun (Hrsg.)

Georg-Simon-Ohm-Hochschule für angewandte
Wissenschaften - Fachhochschule Nürnberg
Keßlerplatz 12
90489 Nürnberg

Inhaltsverzeichnis

Seite

Happiness Research (Glücksforschung) – eine Abkehr vom Materialismus

7

Prof. Dr. Karlheinz Ruckriegel

**Modeling and Simulation of Shanghai MAGLEV Train Transrapid with Random
Track Irregularities**

23

Prof. Shu Guangwei M. Sc., Prof. Dr. Reinhold Meisinger, Prof. Shen Gang Ph. D.

Non-stationary high velocity jet impingement on small cylindrical obstacles

35

Prof. Dr. Miroslaw Weclas

Happiness Research (Glücksforschung) - eine Abkehr vom Materialismus

Prof. Dr. Karlheinz Ruckriegel

Georg-Simon-Ohm-Hochschule für angewandte
Wissenschaften - Fachhochschule Nürnberg
Fakultät Betriebswirtschaft

Abstract

„Stellen wir uns vor, an jedem Tag würde ein winziges Quantum mehr Liebe, Vernunft, Klugheit aufscheinen. Menschen würden sich eine Spur aufmerksamer behandeln. Liebende würden eine Nuance liebevoller miteinander umgehen. Bürger würden sich ein winziges Stück weit kooperativer untereinander verhalten. ... (Wir haben es selbst in der Hand, Anmerkung des Verfassers)“

Matthias Horx, 2007 .

Happiness Research (Glücksforschung) – eine Abkehr vom Materialismus

„Soll die menschliche Evolution weitergehen, müssen wir auf die eine oder andere Weise lernen, uns an unserem Leben intensiver zu freuen. ... Wegzukommen von der irrigen, aber im Westen so gängigen Meinung, dass der Mensch seine Lebensziele am zuverlässigsten und überzeugendsten in materiellen Begriffen ausdrücken sollte – das liegt mir sehr am Herzen.“

Mihaly Csikszentmihalyi, 2006

Im Englischen unterscheidet man zwischen „lucky“ und „happy“, also zwischen Glück haben (z.B. im Lotto) und glücklich sein (weil man sich so fühlt). Im Deutschen existiert für beides nur ein Wort, das sowohl den glücklichen Zufall als auch das Glücksgefühl beschreibt: Glück. Happiness Research oder Glücksforschung beschäftigt sich folglich mit Glück im Sinne des Glücksgefühls (Lebenszufriedenheit). Ziel der Glücksforschung ist es, herauszufinden, was Glück fördert oder hemmt, um daraus Handlungsempfehlungen für die Wirtschaftspolitik (z.B. Layard's Vorschläge für eine „aktivierende Arbeitsmarktpolitik“), für die Unternehmen (z.B. Schaffung von Rahmenbedingungen, die die Zufriedenheit der Mitarbeiter am Arbeitsplatz erhöhen) sowie für den Einzelnen (z.B. die Erkenntnis, dass in den westlichen Industrieländern weniger ein „Mehr“ an materiellen Gütern, sondern vielmehr ein „Mehr“ an sozialen Kontakten und Mitmenschlichkeit das Glück/ die Lebenszufriedenheit erhöht) abzuleiten.

Die Glücksforschung ist mittlerweile auch ein Feld, das nicht mehr nur unter Philosophen, Psychologen, Neurobiologen und Volkswirten diskutiert wird, sondern auch „mit Wucht“ in die öffentliche Meinung in Deutschland drängt.

So wurde Bruno S. Frey (Universität Zürich) im November 2005 in München vom Center for Economic Studies (CES) der LMU als „Distinguished CES Fellow“ u.a. für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Glücksforschung öffentlichkeitswirksam geehrt. Die von ihm und seinen Mitarbeitern anlässlich dieser Preisverleihung gehaltenen Vorlesungen zur „Happiness Research in Economics“ sowie die Laudatio von Richard Layard (London School of Economics) stehen als Videomitschnitte der Vortragsreihe „ifo Uni“ im Internet (<http://www.ifo.de>). Seit dem Jahr 2000 gibt es die Zeitschrift „Journal of Happiness Studies“ (Springer Netherlands). An der Erasmus University Rotterdam wird unter der Leitung von Ruut Veenhoven, der auch Herausgeber der vorgenannten Zeitschrift ist, die World Database of Happiness geführt (<http://worlddatabaseofhappiness.eur.nl/>), die alle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Glücksforschung fortlaufend systematisiert und aufbereitet. Einen Überblick über den aktuellen Stand der Glücksforschung gibt das von Luigino Bruni und Pier Luigi Porta herausgegebenen „Handbook on the Economics of Happiness“, das 2007 erschienen ist. Für die Europäische Union finden sich im Eurobarometer, für Deutschland speziell im vom DIW Berlin betreuten Sozio-oekonomischen Panel zum „Leben in Deutschland“ Daten zur Lebenszufriedenheit. Das World Values Survey beobachtet 70 Länder.

Das Titelthema des Novemberhefts von „SZ Wissen“ (Nr. 12, 2006) lautete „Wahres Glück – Warum Leidenschaft wertvoller ist als Geld“. Es enthält einen sehr informativen Übersichtsartikel sowie ein Interview zur Glücksforschung mit dem Wirtschaftsnobelpreisträger aus dem Jahr 2002, Daniel Kahneman (Princeton). Ähnliche Beiträge sind in der letzten Zeit in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung, der Süddeutschen Zeitung, der Financial Times Deutschland, im Handelsblatt, der Welt am Sonntag sowie im Economist erschienen. Jüngst wurde dieses Thema auch von den Zeitschriften „P.M.“ und „Emotion“ (beides Gruner und Jahr) aufgegriffen und die Aktion Glücks-Charta ins Leben gerufen, mit der beide Publikationen eine Grundlage für die öffentliche Diskussion in Deutschland schaffen wollen (www.gluecks-charta.de). Im Juni 2007 findet in Siena eine große internationale Tagung zum Thema „Policies for Happiness“ (www.unisi.it/eventi/happiness) statt, zu der u.a. auch Bruno S. Frey, Daniel Kahneman und Richard Layard als Redner eingeladen sind.

In der Wirtschaftspolitik in Deutschland hingegen spielen die Erkenntnisse der Glücksforschung bisher noch keine Rolle. Wirtschaftspolitisch dominiert vielmehr die Fixierung auf das Wirtschaftswachstum, das durch die Wachstumsrate des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP) gemessen wird (siehe hierzu etwa die „Bremer Erklärungen“ der SPD und der CDU vom Januar 2007). Wirtschaftswachstum ist zwar nicht Selbstzweck, sondern Mittel zur Erhöhung des materiellen Lebensstandards der Bevölkerung. Es stellt sich aber die grundsätzliche Frage, warum Wirtschaftswachstum als wirtschaftspolitisches Ziel verfolgt werden soll, legen doch Erkenntnisse der Glücksforschung nahe: „Wachstum allein ist nicht unbedingt der Schlüssel zu mehr Glück.“ (Blanchard/Illing, 2006, S. 304). Ähnlich Klaus Zimmermann, der Präsident des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Berlin: „Wir wissen aus der Glücksforschung, dass reiche Nationen, wenn sie reicher werden, nicht unbedingt glücklicher werden. Wir gewöhnen uns an das, was wir erreicht haben.“ (Aust et al., 2007, S. 93)

Ganz anders sind die Verhältnisse in den OECD-Ländern, die auf der Glücksskala deutlich vor Deutschland rangieren. Diese Länder (Australien, Dänemark, Großbritannien, Irland, USA) erfüllen die Forderungen, die die World Commission on Environment and Development (Brundtland Commission) der Vereinten Nationen bereits 1987 formulierte: neue Wege zu beschreiten, um den nachhaltigen Fortschritt von Ländern zu messen und zu bewerten. Diese Länder beschäftigen sich intensiv mit der Frage, was für das Wohlergehen ihrer Bürger wichtig ist (im Einzelnen hierzu Bergheim, S. 16-18). So hat etwa Richard Layard, Direktor des Center for Economic Performance an der London School of Economics, Regierungsberater und Architekt der „aktivierenden Arbeitsmarktpolitik“ im UK, Premierminister Tony Blair einen „Happiness-Index“ vorgeschlagen. Beschlossen soll nur werden, was glücklicher macht. Nach Layard (2006a, S. 32) sollte die Hauptaufgabe der Sozialwissenschaften darin bestehen, herauszufinden, was Glück fördert oder hemmt. 2005 rief Tony Blair eine Arbeitsgruppe „Whitehall Well-Being Working Group“ mit dem Auftrag, die Nutzbarmachung von Wohlfühl-Konzepten für die Politik zu untersuchen, ins Leben. Mittlerweile hat diese Arbeitsgruppe auch die ersten Papiere veröffentlicht.

Auch hat die „Abstimmung mit den Füßen“ bereits begonnen. So gaben Ende Ende 2004 48 Prozent der Amerikaner an, „dass sie in den zurückliegenden fünf Jahren freiwillig ihre Arbeitszeit verringert, eine Beförderung abgelehnt oder ihre Ansprüche und Berufziele heruntergefahren hätten. In England änderten laut einer Umfrage bereits zweieinhalb Millionen Briten ihr Leben radikal. Dieses Jahr will sich schätzungsweise eine weitere Million aus dem Überstundentrott befreien.“ (Schießl, 2007, S. 100). Der Trend heißt Downshifting oder „Raus aus dem Hamsterrad“ und kommt aus den USA.

David Cameron, Blairs konservativer Kontrahent, will das BIP durch einen Indikator für das allgemeine „Wohlbefinden“ ersetzen (Economist vom 23.12.2006, S. 11). Der König von Bhutan hat für sein Land als Indikator das Bruttovolksglück vorgegeben (Stiglitz, 2006, S. 70) „... income, a good surrogate historically when basic needs were unmet, is now a weak surrogate for well-being in wealthy nations. ... The most important contribution of a national system of well-being indicators would be that they could focus the attention of policymakers and the public specifically on well-being, and not simply on the production of goods and services.“ (Diener/Seligman, 2004, S. 10 und 21; zur Berechnung des und zur Kritik am Bruttoinlandsprodukt(s) siehe etwa Görgens/Ruckriegel, 2007, Kapitel II).

Ed Diener (University of Illinois) kommt zu Schluss, dass Glück sich positiv auf die gesamte Lebensführung auswirkt (vgl. Ernst, 2007, S. 24). Es ist daher für Nationen sinnvoll, das subjektive Wohlbefinden ihrer Bürger zu messen und zu beobachten. Daher sollte auch bei uns in Deutschland Glück und Lebenszufriedenheit explizit in den Zielen der Politik vorkommen; das BIP müsste deshalb auch um weitere Elemente ergänzt werden. Eine Aufgabe, die originär vom Statistischen Bundesamt zu leisten wäre.

Was ist Glück?

Ausgangspunkt für die Glücksforschung ist die Erkenntnis, dass Menschen nach Glück streben und dass das oberste Ziel des Menschen Glück (oder Zufriedenheit, also weit mehr als bloße Einkommenserzielung) ist. „Glück ist, wenn wir uns gut fühlen, und Elend bedeutet, dass wir uns schlecht fühlen.“, so Richard Layard. Als unveräußerliches Recht ist das menschliche Streben nach Glück in der US-Verfassung verankert.

Zur Datenerhebung werden Einzelne über ihre Lebenszufriedenheit befragt (ein von Ed Diener entwickelter Fragebogen findet sich in der Anlage). Alternative Befragungen von Freunden über die Lebenszufriedenheit der Befragten bzw. die Einschätzung von deren Lebenszufriedenheit durch unabhängige Beobachter kommen dabei i.d.R. zum gleichen Ergebnis. „Finally, life satisfaction is a global judgment of well-being based on information the person believes is relevant.“ (Diener/Seligman, 2004, S. 4).

Ein Durchbruch ist in den letzten Jahren in der Hirnforschung gelungen. Je nachdem, in welchen Bereichen Hirnströme fließen, können mittlerweile damit positive oder negative Gefühle verbunden und mit neuesten Messtechnologien wie der Magnetresonanztomografie auch sichtbar gemacht werden (vgl. Spitzer, 2007, S. 86 - 88; Bergheim, 2007, S. 5).

Warum uns Geld (allein) nicht glücklich macht - das Easterlin-Paradoxon

Obwohl in den letzten 50 Jahren die westlichen Länder ein in der Geschichte einzigartiges Wirtschaftswachstum zu verzeichnen hatten, zeigen diese Befragungen, dass über diese Zeit keine Zunahme der Lebenszufriedenheit (des Glücksempfindens) zu verzeichnen war. So lag in den USA der Prozentsatz der Menschen, die sich als sehr glücklich bezeichneten, immer bei etwa 30%, obwohl sich das reale Pro-Kopf-Einkommen in dieser Zeit verdreifacht hat (Layard, 2005, S. 43 - 45). Ähnliche Befunde liegen nach Layard - für einen kürzeren Untersuchungszeitraum - auch für die meisten europäischen Länder und Japan vor.

In der Literatur spricht man hier auch vom sog. Easterlin-Paradoxon. Diese Erkenntnis ist nämlich ein Problem für die gängige ökonomische (Mainstream-) Theorie, die Ansprüche/Erwartungen („habit formation“) und interdependente Präferenzen ausklammert. „Mainstream economic theory ... focuses chiefly on pecuniary conditions and assumes that an increase in the material goods at one's disposal increases well-being.“ (Easterlin, 2005, S. 55). So ist „mehr ist besser als weniger“ eine der grundlegenden „Annahmen“ der mikroökonomischen Konsumententheorie (siehe hierzu etwa Pindyck/Rubinfeld, 2005, S. 105f). Gewöhnung und Vergleich kommen „annahmegemäß“ nicht vor.

Vergleich und Gewöhnung sind aber gerade die Ursachen des Easterlin-Paradoxons, das nach Richard Easterlin benannt wurde, der diesen Sachverhalt bereits 1974 problematisierte. Zum einen ist – sofern die materielle Existenz gesichert ist -, weniger das absolute Einkommen, sondern vielmehr das relative Einkommen für den Einzelnen entscheidend. Die Summe der Rangplätze in einer Volkswirtschaft ist aber fix: steigt einer auf, muss ein anderer absteigen – ein Nullsummenspiel. „Wenn du zu sehr in Wettbewerbskategorien denkst, wirst du dich natürlich nur dann belohnt fühlen, wenn du als der Beste, Machtvollste, Reichste usw. abschneidest. Wenn du nichts gewinnst, wirst du dich als Verlierer fühlen. Im Allgemeinen ist es so, dass immer nur einer gewinnt, die vielen anderen, die bei einer Lotterie mitgespielt haben, verlieren – es ist daher ganz und gar ineffizient, auf gesellschaftlicher Ebene so zu denken. Aber auch auf individueller Ebene ist es nicht fruchtbar: Auch als Persönlichkeit kannst du nicht immer erfolgreich sein ... warum aber sollte man sich dann elend fühlen? Wenn man lernt - egal, was man gerade tut -, in der Tätigkeit selbst die Belohnung zu entdecken, dann muss man nicht gewinnen, um sich gut zu fühlen.“ (Csikszentmihalyi, 2006, S. 86 f.)

„Wenn der Unzufriedene einen Beutel Geld findet, nörgelt er: „Aber einen richtigen Schatz habe ich noch nie gefunden.““

Theophrast, 4. Jh. v. Chr.

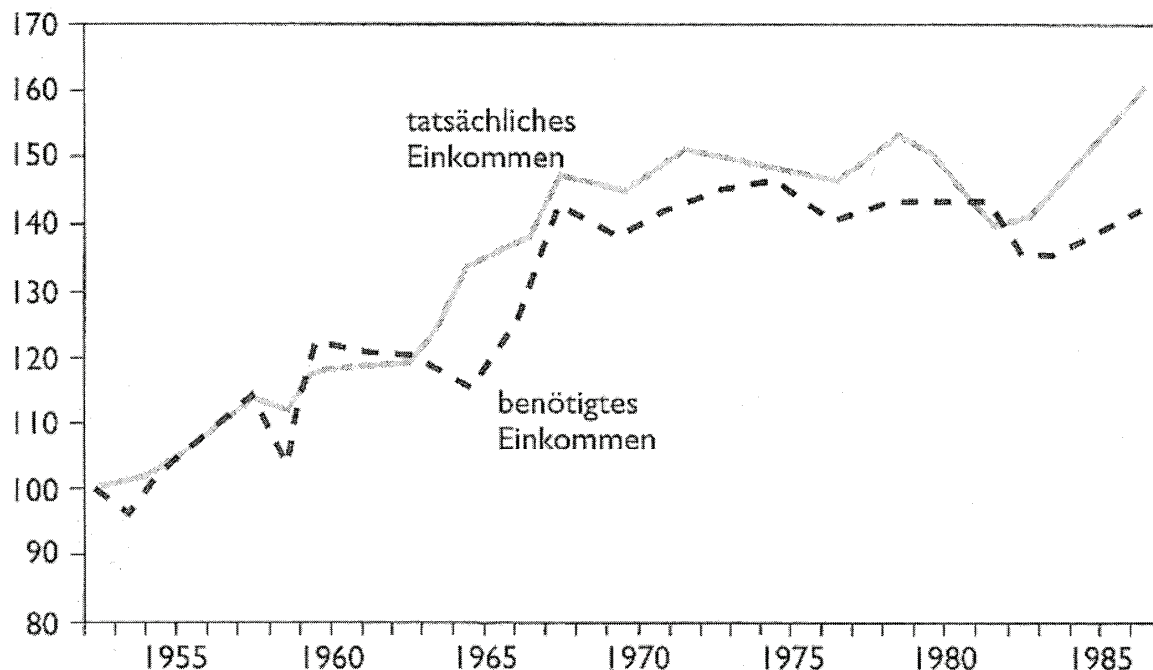


Schaubild 1 zeigt die Entwicklung des tatsächlichen Einkommens und des benötigten (für notwendig gehaltenen) Einkommens in den USA
Quelle: Layard, R., 2005, S. 54.

Zum anderen passen sich die Ansprüche und Ziele an die tatsächliche Entwicklung an, d.h. mit steigendem Einkommen steigen auch die Ansprüche, so dass daraus keine größere Zufriedenheit erwächst (sog. hedonistische Treitmühle, siehe hierzu etwa Ernst, 2007, S. 23).

„Across nations, there are diminishing returns for increasing wealth above U.S. \$ 10.000 per capita income; above that level, there are virtually no increase or only small increases in well-being. ... mental illness, particularly depression, has increased substantially over the same period that economic statistics have risen substantially.“ (Diener/Seligman, 2004, S. 5 und 18).

Was uns wirklich glücklich macht

Die Glückforschung hat sieben Glücksfaktoren identifiziert: familiäre Beziehungen, befriedigende Arbeit, soziales Umfeld, Gesundheit, persönliche Freiheit, Lebensphilosophie (Religion) und die finanzielle Lage (Einkommen). Nach einer Studie von Bergheim (2007, S. 8f, 15f) stellen im OECD-Ländervergleich das Ausmaß des Vertrauens in die Mitmenschen sowie das der der Korruption gute Indikatoren für die Stabilität der sozialen Verhältnisse und das Funktionieren sozialer und politischer Institutionen, damit für das Zusammenleben in einem Land dar. Arbeitslosigkeit ist enorm schädlich für die Lebenszufriedenheit der davon direkt Betroffenen, aber auch der gesamten Gemeinschaft. Hohe Geburtenraten deuten in der Studie von Bergheim auf gute gesellschaftliche Institutionen und hohen sozialen Zusammenhalt hin. Dem Einkommen kommt – zumindest in den westlichen Industrieländern – nicht einmal mehr eine herausgehobene Bedeutung zu.

„Unser menschliches Jahrhundert herbeizuführen haben sich – ohne es zu wissen oder zu erzielen – alle vorhergehenden Zeitalter angestrengt.“

Friedrich Schiller, 1789

„... unser Glück hängt vor allem davon ab, wie unsere Beziehungen zu anderen Menschen aussehen. Wir brauchen daher eine Politik, in der die Zwischenmenschlichkeit eine große Rolle spielt. ... Wenn wir nicht erkennen, wie schnell uns unsere materiellen Besitztümer langweilen, dann geben wir zu viel Geld für ihre Anschaffung aus, und zwar auf Kosten unserer Freizeit. Wir unterschätzen gern, wie schnell wir uns an neue Gegenstände gewöhnen; die Folge ist, dass wir viel zu viel Zeit darauf verwenden, zu arbeiten und Geld zu verdienen, und andere Aktivitäten vernachlässigen.“ (Layard, 2005, S. 19 und 62). Glücklicherweise betrifft diese „hedonistische Treitmühle“ nicht alle Erlebnisse. „Das Zusammensein mit der Familie, mit Freunden, Sex, ja sogar die Qualität und Sicherheit unserer Arbeit stellen Erfahrungen dar, an deren positive Auswirkungen wir

uns nicht gewöhnen. Glück rührt also von unseren Erfahrungen her, vor allem von unseren Erfahrungen mit anderen Menschen.“ (Spitzer, 2007, S. 105). Kahneman und Krueger (2006, S. 22) ziehen daraus den Schluss: „... currently available results suggest that those interested in maximizing society's welfare should shift their attention from an emphasis on increasing consumption opportunities to an emphasis on increasing social contacts.“

„Wohlstand, das ist mitmenschlicher Zusammenhalt“

Meinhard Miegel, 2005

Ähnlich Diener und Seligmann (2004, S. 18) „The quality of people's social relationship is crucial to their well-being.“ und Binswanger (2006, S. 13): „Wir sollten uns wieder auf den eigentlichen Daseinszweck der Wirtschaft besinnen, den George Bernhard Shaw folgendermaßen beschrieben hat: „Ökonomie ist die Kunst, das Beste aus unserem Leben zu machen.“ Mit anderen Worten: Es geht nicht um Einkommensmaximierung, sondern um die Maximierung des menschlichen Glücks, der Zufriedenheit, der Lebensqualität oder noch wissenschaftlicher ausgedrückt, des subjektiven Wohlbefindens.“

Einen entscheidenden Beitrag zur Lebenszufriedenheit liefern sog. Flow-Aktivitäten, die nach Mihaly Csikszentmihalyi (2005, S. 73 – 101) im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass

- es sich um herausfordernde Tätigkeiten handelt, für die man besondere Geschicklichkeit braucht,
- die Aufmerksamkeit vollständig von dieser Tätigkeit gefesselt wird,
- die Ziele deutlich umrissen sind und eine unmittelbare Rückmeldung erfolgt,
- man alle unangenehmen Aspekte des Lebens vergessen kann,
- man voll in dieser Tätigkeit aufgeht,
- die Zeit dabei vergisst.

Schlüsselement ist, dass die Tätigkeit um ihrer selbst Willen geschieht, es sich also um eine autotelische Erfahrung handelt, die man ohne Erwartung eines künftigen Vorteils ausübt. Ort für Flow-Erlebnisse sind die Familie, das soziale Umfeld sowie die Arbeit, wobei es auch hier auf die Abwechslung ankommt: „... flow-Erfahrungen können dich nicht wirklich glücklich machen, wenn du sie lediglich in einem einzigen Tätigkeitsfeld erlebst. Es muss mehr als eine Sache im Leben geben, die du genießen und in die du dich voll und ganz vertiefen kannst.“ (Csikszentmihalyi, 2006, S. 84).

„Es ist nicht das Geld. Es ist das, was wir dafür tun.“

Gregory Berns, 2006

Die Beschäftigung mit dem, was Menschen glücklich macht, ist allerdings nicht neu. Schon Aristoteles hat sich in seiner Nikomachischen Ethik damit intensiv auseinandergesetzt: „In der Frage, wie man jene moralischen Fähigkeiten oder Tugenden erkennen könne, in denen wir uns üben sollen, um Glück zu erfahren, empfiehlt uns Aristoteles eine allgemeine und grundlegende Regel: ... Suche die Mitte, suche das rechte Maß im Leben.“ (Kolakowski, 2006, S. 40). Relativ neu ist hingegen, dass es – zumindest im Westen – materiell keinen Kampf ums tägliche Überleben mehr gibt, so dass sich Aristoteles' Rat faktisch nicht mehr nur an eine verschwindend geringe Minderheit in der Bevölkerung richtet, sondern an alle. Der Trend- und Zukunftsforscher Matthias Horx (2007, S. 162f) macht auch immer mehr Menschen aus, die auf Einkommen verzichten, obwohl sie es erzielen könnten, um sich dem zuzuwenden, woran sie wirklich Interesse haben. In diesem Zusammenhang wird auch Einführung eines bedingungslosen Grundeinkommens für alle diskutiert (siehe hierzu etwa die Vorschläge von Werner, 2007 und Hohenleitner/Straubhaar, 2007).

Philosophie, Psychologie, Religion, Neurobiologie und Glücksforschung

Ihre philosophische Verankerung findet die Glücksforschung in der empirischen Ethik des Utilitarismus, die auf Jeremy Bentham (1748-1832) zurückgeht. „Im Anschluss an die Position von Hume und Smith lehnt der Utilitarismus den egoistischen Hedonismus (Optimierung des Lust-Unlust-Kalküls des Handelnden selbst, Anmerkung des Verfassers) ab. Im moralischen Kalkül geht es nicht bloß um das Glück des Handelnden selbst, sondern um das Glück aller von der Handlung Betroffenen, um das „größtmögliche Glück der größtmöglichen Zahl“ (Bentham) und letztlich um den sozialen Nutzen aller Menschen überhaupt.“ (Anzenbacher, 2003, S. 33). Bereits Adam Smith hat sich in seinem 1759 erschienenen philosophischen Hauptwerk „Theorie der ethischen

Gefühle“ - die sechste und letzte Auflage erschien kurz vor seinem Tod im Jahre 1790 - entschieden gegen die gerade zu seiner Zeit in Mode gekommene „Egoismusmoral“ gewandt, deren Vertreter von Hobbes bis Mandeville immer wieder den Versuch unternommen haben, sie als Ideal zu propagieren. „Mag man den Menschen für noch so egoistisch halten, es liegen doch offenbar gewisse Prinzipien in seiner Natur, die ihn dazu bestimmen, an dem Schicksal anderer Anteil zu nehmen, und die ihm selbst die Glückseligkeit dieser anderen zum Bedürfnis machen, obgleich er keinen anderen Vorteil daraus zieht, als das Vergnügen, Zeuge davon zu sein.“ (Smith, 1790, S. 1; zu einer Systematisierung der Motive altruistischen Verhaltens siehe Kolm, 2006, S. 54 – 71).

Grundlegend für die Neoklassik ist hingegen das Leitbild des „Homo oeconomicus“. „The starting point for neo-classical theory is the assumption that ... individual units (private) ... independently make rational decisions in their own self-interest. ... Such a method of inquiry that uses independent individuals as its starting point, is known as methodological individualism. It is currently the orthodox approach to microeconomic research and teaching. However, individuals do not behave as independent entities in the economy.“ (Himmelweit et al., 2001, S. 2) Im Gegensatz zum Leitbild des „Homo oeconomicus“ in der Neoklassik wird mittlerweile im Rahmen der „Behavioral Economics“, die sich mit dem tatsächlichen Verhalten von Menschen befasst, aber nur noch von einem begrenzten Egoismus gesprochen (zu der mit dem Homo oeconomicus verbundenen Problematik siehe im Einzelnen Ruckriegel, 2007a; Kahneman, 2006; Jungermann et al., 2005; Uhlhaas, 2007; Selten, 2007, weist in diesem Zusammenhang allerdings auf eine Studie hin, die zeigt, dass Studenten nach einer Vorlesung in Wirtschaftstheorie anders denken als zuvor: egoistischer).

„Kahneman und Tversky haben die Wirtschaftswissenschaften durch ihre psychologische Forschung stark beeinflusst und die Grundlage für Behavioral Economics gelegt, ein Forschungsgebiet, welches das tatsächliche wirtschaftliche Verhalten von Menschen im Vergleich zu dem in der Ökonomie postulierten Verhalten des homo oeconomicus untersucht.“ (Jungermann et al., 2005, S. 14f.). Sehr aufschlussreich ist in diesem Zusammenhang, dass neuerdings auch weltweit verwendete Standardlehrbücher zur neoklassischen Mikroökonomie die (eingedeutschte) „Verhaltensorientierte Ökonomie“ zusätzlich mit „ins Programm“ aufgenommen haben, ohne freilich die Grundannahmen der Neoklassik (Homo oeconomicus) prinzipiell in Frage zu stellen (so hat etwa Varian in seiner 6. Auflage ein entsprechendes Kapitel hinzugefügt, 2007, S. 649 – 666). Man fragt sich allerdings, womit denn sonst als mit dem (tatsächlichen) Verhalten der Menschen sich die Volkswirtschaftslehre beschäftigen soll, wenn sie einen wirklichen Nutzen für die Wirtschaftspolitik haben soll. Gibt es eine andere als eine „Verhaltensorientierte Ökonomie“? Zwar mögen neoklassische Modelle „einfach und elegant“ sein (Varian, 2007, S. 649). Gerade darin liegt aber auch ihre entscheidende Schwäche, wenn es darum geht, konkreten wirtschaftspolitischen Fragestellungen gerecht zu werden.

Die Kritik am Modell des Homo oeconomicus ist alles andere als neu. Bereits Gustav von Schmoller, der Hauptvertreter der „Historischen Schule“ in der Nationalökonomie, hat in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts darauf hingewiesen, dass „eine realistische Erforschung des Wirtschaftslebens nicht darauf verzichten kann, auch die Zusammenhänge wirtschaftlicher Entscheidungen mit der menschlichen Psyche näher zu untersuchen; die Psychologie bildet den „Schlüssel zu allen Geisteswissenschaften und also auch zur Nationalökonomie.““ (Schmolders, 1984, S. 114f).

Von Schmoller stand hier in einer Reihe mit Adam Smith, der sich in seinem Werk „The Theory of Moral Sentiments“ (Theorie der ethischen Gefühle) von 1759 (Erstauflage) schon früh als Behavioral Economist erwies: „In short, Adam Smith's world is not inhabited by dispassionate rational purely self-interested agents, but rather by multidimensional and realistic human beings.“ (Ashraf/Camerer/Loewenstein, 2005, S. 142).

Anders als Adam Smith bewegte sich die Neoklassik allerdings in anderen Bahnen.

„Das physikalische Theorieverständnis der jungen Neoklassiker führte im Zuge der weiteren Theorieentwicklung ab den 1950er Jahren zu einer bedeutsamen methodologischen Wende. ... Die Frage in der modernen Ökonomie war nicht mehr, welche empirisch gehaltvollen Annahmen der Nutzen- und Entscheidungstheorie zu einem theoretischen Ergebnis führen, sondern das Ergebnis wurde umgekehrt als gegeben angenommen, und die Frage lautete, welche Annahmen über den Homo oeconomicus gemacht werden müssen, damit dieser mit dem theoretischen Ergebnis in Übereinstimmung gebracht werden kann. ... Das Konstrukt wurde zu einem Erfüllungsgehilfen eines mathematischen Modells, und G. Debreu sagte, dass der mangelnde Realitätsbezug der Annahmen gerade ihre Nützlichkeit im Theoriebildungsprozess ausmache.“ (Dopfer, 2003, S. 102f.)

1955 stellte Herbert Simon in seinem berühmten Artikel „A Behavioral Model of Rational Choice“ das Modell des Homo oeconomicus in Frage. Aber nicht seine Arbeiten („for his pioneering research into the decision-

making process within economic organizations“, so die offizielle Begründung des Nobelpreiskomitees), für die er bereits 1978 den Nobelpreis für Ökonomie erhielt, sondern erst die Vergabe des Nobelpreises an Daniel Kahneman und Vernon Smith im Jahre 2002 für Forschungen auf dem Gebiet der verhaltenstheoretischen Ökonomie ("for having integrated insights from psychological research into economic science, especially concerning human judgment and decision-making under uncertainty") bzw. der experimentellen Wirtschaftsforschung ("for having established laboratory experiments as a tool in empirical economic analysis, especially in the study of alternative market mechanisms") hat die Akzeptanz psychologisch fundierter ökonomischer Forschung deutlich erhöht.

Noch weitergehend als die Ansätze im Rahmen der „Behavioral Economics“ sind neuere Erkenntnisse aus der Neurobiologie, wonach der Mensch darauf gepolt ist, vertrauensvoll zu agieren und gute Beziehungen zu anderen zu gestalten, so dass Menschen kooperatives Verhalten einzelkämpferischen Strategien vorziehen (vgl. Bauer, 2006b, insbes. S. 175 – 197). Andreas Schleicher, Leiter der Abteilung Indikatoren und Analysen der OECD-Direktion Bildung und „Erfinder“ der PISA-Studie, weist hier aber auch darauf hin, dass gerade vor dem Hintergrund der Globalisierung Menschen künftig in der Lage sein müssen, „gute und tragfähige Beziehungen aufzubauen, zu kooperieren und in Teams zu arbeiten, mit Konflikten umzugehen und sie zu lösen, sich in multikulturellen, pluralistischen Gesellschaften konstruktiv einzubringen.“ (Aust et al., S. 256).

„Wenn Anerkennung, Zugewandtheit und Vertrauen der neurobiologische Treibstoff der Motivationssysteme sind: Woher kommt dieser Treibstoff? Er stammt aus nur einer Quelle: der zwischenmenschlichen Beziehung.“ (Bauer, 2006b, S. 190). Ähnlich der Neurobiologe Antonio Damasio (2006a, S. 203): „Eine Handlung, die persönliche Vorteile bringt, aber anderen schadet, ist nicht förderlich, weil die Schädigung anderer auf den Menschen, der dafür verantwortlich ist, zurückfällt und ihm letztlich selbst schadet. ... „... das Gute (erfolgt) ... aus der gegenseitigen Freundschaft und der gemeinsamen Vereinigung (Zitat im Zitat von Spinoza, Anmerkung des Verf.)““. So werden positive Emotionen wie Ehrfurcht/Stolz, Hochstimmung, Dankbarkeit und Stolz durch die Anerkennung (anderer oder der eigenen Person) für einen kooperativen Beitrag ausgelöst, Kooperation wird also belohnt, was zu einer Verstärkung kooperativer Tendenzen führt. Negative Emotionen wie Verlegenheit, Scham und Schuld werden u.a. aber durch Normverletzungen erzeugt (Damasio, 2006a, S. 185). An die Stelle von Descartes „Ich denke, also bin ich“ („Cogito ergo sum“) - Descartes` Irrtum, so Damasio - tritt nach Damasio der Spinoza-Effekt „Ich fühle, also bin ich“.

„Willst Du immer weiter schweifen?

Sieh, das Gute liegt so nah.

Lerne nur das Glück ergreifen,

Denn das Glück ist immer da.“

Johann Wolfgang von Goethe (Erinnerung)

Parallelen zu Adam Smith sind unverkennbar. Hier lässt sich auch unschwer eine Brücke zum Christentum schlagen. Bereits Augustinus hat es zugespitzt so formuliert: „Liebe, und tue, was du willst!“ („Ama, et fac quod vis“), womit in der Tradition der Bergpredigt (Mt 5-7) das wohlwollende hilfsbereite Dasein-für-andere (Nächstenliebe), also der Kern der christlichen Lehre, gemeint ist (vgl. Küng, 2005, S. 84). Jesus` Botschaft war geprägt von der Vorstellung, dass die Liebe, die Gott den Menschen entgegenbringe, eine Entsprechung in einem liebenden Umgang der Menschen untereinander haben müsse (vgl. Klein, 2006, S. 257; Ratzinger/Benedikt XVI, 2007, S. 155).

„Das ist mein Gebot, dass ihr euch untereinander liebt, wie ich euch liebe.“

Joh 15,12

„Gott will zum Menschen nur durch den Menschen kommen; er sucht den Menschen nicht anders als in seiner Mitmenschlichkeit.“ (Ratzinger, 2005, S. 85; zur Bedeutung der Lehre des Christentums für die abendländische Zivilisation siehe Nemo, 2005, S. 35 sowie Graf, 2006, S. 69f). Einzureihen ist hier auch Novalis, der mit Blick auf die Aufklärung und die Französische Revolution in seinem Aufsatz „Die Christenheit oder Europa“ 1799 vehement eine Rückkehr zu den sozialen Grundwerten, eine Rückkehr zum gelebten Mitmenschentum und eine Abkehr vom Materialismus forderte (vgl. Baumstark et al., 2007, S. 17f). Nicht anders sah dies auch John

Stuart Mill, der argumentierte, dass uns Jesus im Geist der utilitaristischen Moral entgegen trete (vgl. Schneider, 2007, S. 243).

Religiösität hat aber auch Auswirkungen auf die Lebenszufriedenheit. „Extensive data support the idea that religious people tend on average to experience greater well-being than nonreligious people. ... having religious beliefs buffer individuals against stressors such as unemployment, low income, and widowhood.“ (Diener/Seligman, 2004, S. 7, Wolfram Weimer, 2006, der Chefredakteur des Politikmagazins Cicero, sieht ein weltweites Come-back des Religiösen im 21. Jahrhundert).

„Und wenn mir gleich mein Herz zerbricht, so bist du doch mein Zuversicht“

Dietrich Buxtehude, Das jüngste Gericht, 1685

Aufschlussreich ist vor diesem Hintergrund auch die Gründung von private Stiftungen für gemeinnützige Zwecke (Bill Gates, Warren Buffet, Reinhard Mohn, Henri Nannen, ...) und die Aussage von Bill Gates: „Ich hoffe, dass wir in Sachen Wohltätigkeit einen Anstieg erleben und dass die Leute ihren Reichtum zurückgeben.“ (Der Spiegel, 3.7.2006) anlässlich der Schenkung von 35 Mrd. US-Dollar an die Gates-Stiftung durch Warren Buffet im Jahr 2006. Ende 2005 gab es in Deutschland 13.900 bürgerlich-rechtliche Stiftungen. Allein 2005 wurde 880 Stiftungen in Deutschland neu gegründet. „Der Stiftungssektor steht vor einer Zukunft weiteren rasanten Wachstums.“, so Liz Mohn (2007, S. 143 und 148), deren verstorbener Mann Reinhard Mohn vor 25 Jahren die Bertelsmann-Stiftung gegründet hat. In der Metropolregion Nürnberg unterstützt die 1997 gegründete Staedtler-Stiftung, die sämtliche Anteile an der Staedtler-Gruppe hält, die wissenschaftliche Forschung sowie kulturelle Einrichtungen.

Sind Ökonomen mit der Glücksforschung auf „Abwegen“?

Letztlich laufen die Empfehlungen der Glücksforschung darauf hinaus, die „Mitte und das rechte Maß“ im Leben zu suchen. Für die Ökonomen hat dies Hermann Heinrich Gossen Mitte des 19. Jahrhunderts in seinem Zweiten Gossenschen Gesetz, das vom Ausgleich der gewogenen Grenznutzen handelt, explizit herausgearbeitet. Dahinter steht der schlichte Gedanke, dass es nachteilig ist, wenn man nicht danach strebt, alles in ein inneres Gleichgewicht zu bringen. Der Begriff des Nutzens ist traditionell breit, und zwar im Sinne der Glücksforschung angelegt. „The economist of his day (der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, Anmerkung des Verfassers) took their cue from Jeremy Bentham and his „utilitarian“ philosophy. They calculated happiness, or utility, as the sum of good feelings minus bad, and argued that the pursuit of pleasure and the avoidance of pain were the sole springs of human action.“ (Economist vom 23.12.2006, S. 33). Ferdinando Galiani definierte im Jahr 1750 Nutzen als „die einem Ding innewohnende Macht, uns glücklich zu machen“, 1789 sprach der Philosoph Jeremy Bentham vom Nutzen als „die Eigenschaft eines Objekts, mit der es dazu neigt, Wohlbefinden, Vergnügen oder Glück zu erzeugen.“ (zitiert nach Gilbert, 2006, S. 436). Es liegt also auf der Hand, dass Ökonomen sich mit der Glücksforschung und ihren wirtschaftspolitischen Implikationen insbesondere unter Einbeziehung aktueller Erkenntnisse aus der Psychologie und Neurobiologie beschäftigen, da es sich hierbei sozusagen um ihr ureigenstes Terrain handelt. Allerdings bleibt dies nicht ohne Konsequenzen für die ökonomische Theorie selbst: „The theory behind public economics needs radical reform. It fails to explain the recent history of human welfare and it ignores some of the key findings of modern psychology. Indeed these two failings are intimately linked: it is because the theory ignores psychology that it is unable to explain the facts.“ (Layard, 2006a, S. 24, siehe hierzu auch Ruckriegel, 2007a). Dies heißt aber konkret, dass die Volkswirtschaftslehre als Sozialwissenschaft sich nicht darauf beschränken kann, was Menschen tun, sondern auch darauf abstellen muss, was Menschen fühlen und sagen, etwas was auch die moderne Psychologie schon seit über einem halben Jahrhundert ausmacht (vgl. hierzu Gilbert, 2006, S. 437 sowie Bergheim, 2007, S. 5) und womit sich insbesondere auch die Neurobiologie beschäftigt (vertiefend Bauer, 2006a und 2006b; Damasio, 2006a, 2006b und 2006c; Gehirn & Geist, 2007). „A subjective view of utility recognizes that everybody has their own ideas about happiness and the good life and that observed behavior is an incomplete indicator for individual well-being. Nevertheless, individuals` happiness can be captured and analyzed: people can be asked how satisfied they are with their lives.“ (Frey/Stutzer, 2002b, S. 405).

Ein Beispiel für die Umsetzung der Erkenntnisse der Glücksforschung in wirtschaftspolitische Empfehlungen sind etwa Layard`s Vorschläge für eine aktivierende Arbeitsmarktpolitik (Layard, 2006b), die insbesondere auch auf psychologischen Arbeiten zu systematischen emotionalen Erwartungsirrtümern (vgl. hierzu Gilbert, 2006) fußen. Ein Beispiel für eine aktivierende Arbeitsmarktpolitik in Deutschland ist etwa das Modell der „Bürgerarbeit“ in Bad Schmiedeberg. Maike Rademaker (2007) führt das „Wunder von Bad Schmiedeberg“ auf das

wichtigste Element der Hartz IV-Reform, eine „aufdringliche Betreuung“ der Arbeitslosen, die in dieser Gemeinde wirklich umgesetzt wurde, zurück.

Folgerungen für die Politik

Die Schlussfolgerungen der Glücksforschung für die Politik weisen teilweise deutliche Unterschiede zur neoklassischen Ökonomie auf (vgl. Bergheim, 2006, S. 9):

- (Weiter-)Entwicklung der Methoden zur Messung von Wohlergehen und Glück.
- Glücksbringende Nutzung der Zeit fördern. „Die Menschen tendieren dazu, zuviel zu arbeiten, da sie den Einfluss des Einkommens auf ihre Zufriedenheit überschätzen. Die Besteuerung des Einkommens kann in manchen Fällen die „Work-Life-Balance“ verbessern.“
- Stärkung der Zivilgesellschaft und Förderung der Teilnahme am gesellschaftlichen Leben. Die Glücksforschung legt nahe, das Zusammensein mit Freunden und der Familie zu betonen und die Mobilität zu begrenzen, da dadurch soziale Kontakte verloren gehen.
- Reduzierung der Arbeitslosigkeit, da Arbeitslosigkeit sowohl bei den direkt Betroffenen als auch für die Gesellschaft insgesamt stark negative Auswirkungen auf das Wohlergehen hat. Wirtschaftswachstum hilft hier wohl nur bedingt weiter, um die hohe Zahl der Langzeitarbeitslosen mit geringer oder faktisch geringer Qualifikation in Deutschland deutlich zu reduzieren. So hat die Zahl der Arbeitslosengeld I - Empfänger Ende März 2007 um 26 % (- 518.000 auf 1.474.000), die der Arbeitslosengeld II – Empfänger nur um 12 % (- 352.000 auf 2.634.000) gegenüber dem Vorjahr abgenommen (Bundesagentur für Arbeit, Monatsbericht März 2007, S. 4; zur Situation in Nürnberg siehe Maly, 2007). Vielmehr sind hier Maßnahmen der aktivierenden Arbeitsmarktpolitik gefragt. Der Arbeitsmarkt wird bald eher einen hemmenden Faktor für das Wirtschaftswachstum darstellen, da die Gewinnung von qualifizierten Mitarbeitern zunehmend schwerer fallen wird. In manchen Bereichen wie etwa bei Ingenieuren ist dies schon seit längerem der Fall
- Beschränkung materialistisch geprägter Werbung. Vergleiche mit „künstlichen“ Individuen in Werbesendungen, die schön, erfolgreich und glücklich sind, machen die eigenen Schwächen deutlich. Dies gilt besonders bei Kinder und Teenagern. Forschungsergebnisse zeigen, dass Menschen, die viel fernsehen, sich ärmer fühlen.
- Vollständige Gesundheit fördern. In der Gesundheitspolitik muss insbesondere der Behandlung psychischer Krankheiten eine stärkere Bedeutung zukommen.

Folgerungen für die Unternehmen: Erfolgsfaktor „Glück“

Zunehmend mehr Unternehmen stellen sich dem auf Initiative und im Auftrag der gemeinnützigen Hertie-Stiftung entwickelten „audit berufundfamilie“ – einem Managementinstrument zur Förderung der familienbewussten Personalpolitik und lassen sich zertifizieren (so etwa die Nürnberger Versicherungsgruppe). Analog gibt es das „audit familiengerechte hochschule“ (z.B wurde die Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg 2005 zertifiziert). Auch betriebswirtschaftlich rechnen sich familienfreundliche Maßnahmen, da sich eine höhere Arbeitszufriedenheit in höherer Produktivität niederschlägt (vgl. hierzu Dilger et al., 2007). Mit diesen Fragestellungen beschäftigt sich insbesondere das interdisziplinär ausgerichtete Forschungszentrum für familienbewusste Personalpolitik, das 2005 an der Universität Münster gegründet wurde.

Dieses "Umdenken" im Verhalten der Unternehmen beruht zum einen auf der Erkenntnis, dass der Wettbewerb um gute Mitarbeiter nicht mehr primär über das Einkommen, sondern vielmehr über die Zufriedenheit der MitarbeiterInnen am Arbeitsplatz geführt wird, und zum anderen auf der Einsicht, dass letztlich nur zufriedene MitarbeiterInnen sich auch engagiert im Unternehmen einbringen. „Recognizing the profit in having happy workers, companies are increasingly implementing policies that recognize the family needs of employees. (Dienert/Seligman, 2004, S. 1). Angesichts der demografischen Entwicklung werden familienfreundliche Rahmenbedingungen für Unternehmen künftig auch zunehmend wichtiger werden, um qualifizierte Mitarbeiter gewinnen und halten zu können.

Um Arbeitszufriedenheit zu schaffen, müssen allerdings nicht nur die organisatorischen Rahmenbedingungen stimmen, hinzukommen muss auch eine Kultur der Kooperation - Sehen und Gesehenwerden, gemeinsame Aufmerksamkeit, emotionale Resonanz, gemeinsames Handeln sowie Verstehen von Motiven und Absichten -

in den zwischenmenschlichen Beziehungen am Arbeitsplatz (im Einzelnen hierzu Bauer, 2006b, 199 – 224; Seligman, 2005, S. 263 – 293; Csikszentmihalyi, 2005, S. 191 – 213, Berns, 2006, S. 65 – 68 und Winteler, 2005). Um schließlich die Tätigkeit als Berufung zu begreifen und "flow-Erlebnisse" zu erzeugen, muss die Tätigkeit auch zu den Signatur-Stärken des Einzelnen (Seligman, 2005, S. 207 - 260) passen. Es kommt also entscheidend darauf an, bereits bei der Stellenbesetzung sehr sorgfältig vorzugehen.

„Anleitung zum skeptischen Optimismus ...

Sie allein sind der Konstrukteur Ihres kognitiven Universums. Es ist völlig egal, was „die Leute draußen“ denken oder meinen, ...

Erfahren Sie das Glück kognitiver und handelnder Freiheit. Sie haben die Wahl, die Dinge so positiv zu sehen, dass Ihr Beitrag dazu ein konstruktiver sein kann, auch wenn er „objektiv“ klein sein mag. ...

Handeln Sie. Tun Sie, was Sie können. Es wird genug sein, um ein Leben zu erfüllen!“

Matthias Horx, 2007

„Wenn du glücklich sein willst, sei!“

Leo Tolstoi

Literaturempfehlungen:

Anzenbacher, A., Einführung in die Ethik, 3. Auflage, Düsseldorf 2003.

Ashraf, N., Camerer, C., Loewenstein, G., Adam Smith, Behavioral Economist, in: Journal of Economic Perspectives, Vol. 19, Nr. 3, Summer 2005, S. 131 – 145.

Auhagen, A. E. (Hrsg.), Positive Psychologie – Anleitung zum „besseren“ Leben, Weinheim 2004.

Aust, S., Richter, C., Ziemann, M., Wettlauf um die Welt – die Globalisierung und wir, München 2007.

Bauer, J., Warum ich fühle, was du fühlst - Intuitive Kommunikation und das Geheimnis der Spiegelneurone, 10. Auflage, Hamburg 2006a.

Bauer, J., Prinzip Menschlichkeit – Warum wir von Natur aus kooperieren, Hamburg 2006b.

Baumstark, R., Roth, M., Schuster, P.-K., Blicke auf Europa – Ein Vorwort, in: Staatl. Museen zu Berlin, Staatl. Kunstsammlung Dresden, Bayerische Staatsgemäldesammlungen München (Hrsg.), Blicke auf Europa, Europa und die deutsche Malerei des 19. Jahrhunderts, Ostfildern 2007, S. 17 – 22.

Bergheim, S., BIP allein macht nicht glücklich, Deutsche Bank Research, 4. Oktober 2006.

Bergheim, S., Die glückliche Variante des Kapitalismus. Deutsche Bank Research, 2. April 2007.

Berns, G., Satisfaction – Warum nur Neues uns glücklich macht, Frankfurt/New York 2006.

Binswanger, M., Die Tretmühlen des Glücks – Wir haben immer mehr und werden nicht glücklicher. Was können wir tun?, Freiburg 2006.

Blanchard, O., Illing, G., Makroökonomie, 4. Auflage, München 2006.

Bruners, W., Was Jesus von Nazareth wollte oder Das Erbe des Jona, Wien 2002.

Bruni, L., Porta, P.L., (Hrsg.), Economics and Happiness – Framing the Analyses, Oxford 2005.

Bruni, L., Porta, P.L. (Hrsg.), Handbook of the Economics of Happiness, Cheltenham (UK) 2007.

CDU, Bremer Erklärung der CDU Deutschlands vom 13.1.2007

Damasio, A., Der Spinoza-Effekt – Wie Gefühle unser Leben bestimmen, 3. Auflage, Berlin 2006a.

Damasio, A., Descartes` Irrtum – Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn, 4. Auflage, Berlin 2006b.

Damasio, A., Ich fühle, also bin ich – Die Entschlüsselung des Bewusstseins, 6. Auflage, Berlin 2006c.

Dilger, A., Gerlach, I., Schneider, H. (Hrsg.), Betriebliche Familienpolitik. Potenziale und Instrumente aus multidisziplinärer Sicht, Wiesbaden 2007.

Dopfer, K., Die Rückkehr des verlorenen Menschen, in: Fehr, E., Schwarz, G. (Hrsg.), Psychologische Grundlagen der Ökonomie, 3. Auflage, Zürich 2003, S. 99 – 111.

Csikszentmihalyi, M., Flow – Das Geheimnis des Glücks, 12. Auflage, Stuttgart 2005.

Csikszentmihalyi, M., Flow – der Weg zum Glück. Der Entdecker des Flow-Prinzips erklärt seine Lebensphilosophie, Freiburg 2006.

Diener, E., Seligman, M., Beyond Money – Toward an Economy of Well-Being, in: Psychological Science in the Public Interest, Vol. 5 (2004), Nr. 1, S. 1 – 31.

Di Fabio, U., Die Kultur der Freiheit, München 2005.

Easterlin, R., Does economic growth improve the human lot? Some empirical evidence, in: David, P.A., Reder, M.W. (Hrsg.), Nations and Households in Economic Growth: Essays in Honor of Moses Abramovitz, New York 1974.

Easterlin, R.A., Building a Better Theory of Well-Being, in: Bruni, L., Porta, P.L., (Hrsg.), Economics and Happiness – Framing the Analyses, Oxford 2005, S. 29 - 64.

Ernst, H., Unser kompliziertes Glück, in: Psychologie heute, 34. Jg. (2007, Heft 5, S. 20 – 24.

- Frey, B.S., Stutzer, A., Happiness and Economics – How the Economy and Institutions affect Well-Being, Princeton u.a. 2002a.
- Frey, B.S., Stutzer, A., What Can Economists Learn from Happiness Research, in: Journal of Economic Literature, Vol. 40 (2002b), S. 402 – 435.
- Gehirn & Geist, Bitte mit Gefühl! Wie Emotionen entstehen und uns prägen – Forscher auf den Spuren von Glück und Wohlbefinden, Dossier Nr. 1/2007.
- Gilbert, D., Ins Glück stolpern – Über die Unvorhersehbarkeit dessen, was wir uns am meisten wünschen, München 2006.
- Görgens, E., Ruckriegel, K., Makroökonomik, 10. Auflage, Stuttgart 2007.
- Graf, F. W., Moses Vermächtnis – Über göttliche und menschliche Gesetze, 2. Auflage, München 2006.
- Himmelweit, S., Simonetti, R., Trigg, A., Microeconomics – Neoclassical and Institutionalist Perspectives on Economic Behaviour, London 2001.
- Hohenleitner, I., Straubhaar, T., Bedingungsloses Grundeinkommen und Solidarisches Bürgergeld – mehr als sozialutopische Konzepte, HWWI, 26.3.2007 (www.hwwi.org).
- Horx, M., Anleitung zum Zukunftsoptimismus – Warum die Welt nicht schlechter wird, Frankfurt et al. 2007.
- Jungermann, H., Pfister, H.-R., Fischer, K., Die Psychologie der Entscheidung – Eine Einführung, 2. Auflage, Heidelberg 2005.
- Kahneman, D., New challenges to the Rationality Assumption, in: Lichtenstein, S., Slovic, P. (Hrsg.), The Construction of Preference, New York 2006, S. 487 – 503.
- Kahneman, D., Krueger, B., Developments in the Measurement of Subjective Well-Being, in: Journal of Economic Perspectives, Volume 20, Winter 2006, S. 3 – 24.
- Kandel, E., Auf der Suche nach dem Gedächtnis – Die Entstehung einer neuen Wissenschaft des Geistes, München 2006a.
- Kandel, E., Psychiatrie, Psychoanalyse und die neue Biologie des Geistes, Frankfurt/Main 2006b.
- Klein, G., Jesus Christus – Alles bloss ein Irrtum?, in: Huf, H.-C., Das Bibelrätsel – Geheimnisse der Heiligen Schrift, Berlin 2006, S. 250 – 299.
- Kolm, S.-C., Introduction to the Economics of Giving, Altruism and Reciprocity, in: Kolm, S.C., Ythier, J. M. (Hrsg.), Handbook of the Economics of Giving, Altruism and Reciprocity, Volume 1 – Foundations, Amsterdam et al. 2006, S. 1 – 122.
- Kolakowski, L., Was fragen uns die großen Philosophen?, Leipzig 2006.
- Küng, H., Das Christentum – Die religiöse Situation der Zeit, 4. Auflage, München 2005.
- Layard, R., Die glückliche Gesellschaft – Kurswechsel für Politik und Wirtschaft, Frankfurt/New York 2005.
- Layard, R., Happiness and Public Policy: A Challenge to the Profession, in: The Economic Journal, Vol. 116 (2006a), S. 24 – 33.
- Layard, R., Full Employment for Europe, in: Snower, D., Winkelmann, R., Zimmermann K. (Hrsg.), The Effects of Globalization on National Labor Markets: Diagnosis and Therapy, Supplement Applied Economic Quarterly 57, Berlin 2006b, S. 9 – 22.
- Maly, U., Die Umsetzung von Hartz IV in Nürnberg, in: Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg, FH-Nachrichten SS 2007, April 2007, S. 20 – 23.
- Michel, S. (Hrsg.), Glück – Ein philosophischer Streifzug, Frankfurt/Main 2007.
- Miegel, M., Epochenwende – Gewinnt der Westen die Zukunft?, Berlin 2005.
- Mohn, L., Die gesellschaftliche Rolle von Stiftungen, in: Mohn, L., Mohn, B., Weidenfeld, W., Meier, J., (Hrsg.), Werte. Was die Gesellschaft zusammenhält., Gütersloh 2007, S. 141 – 150.
- Nemo, P., Was ist der Westen? Die Genese der abendländischen Zivilisation, Tübingen 2005.

- Pindyck, R.S., Rubinfeld, D.L., Mikroökonomie, 6. Auflage, München 2005.
- Rademaker, M., Aufdringlich erfolgreich, Financial Times Deutschland, 15.3.2007.
- Ramge, T., Nach der Ego-Gesellschaft – Wer gibt gewinnt – Die neue Kultur der Großzügigkeit, München et al. 2006.
- Ratzinger, J., Einführung in das Christentum – Vorlesungen über das Apostolische Glaubensbekenntnis, 6. Auflage, München 2005.
- Ratzinger, J./ Benedikt XVI, Jesus von Nazareth, Freiburg 2007.
- Ruckriegel, K., Quo vadis, Homo oeconomicus?, in: WISU, 36. Jg. (2007a), S. 198 - 201 (www.ruckriegel.org).
- Ruckriegel, K., Glücksforschung für Politiker, in: Financial Times Deutschland – WirtschaftsWunder (online), 11.4.2007 (www.ftd.de/wirtschaftswunder).
- Schießl, M., Raus aus dem Hamsterrad, in: Der Spiegel, Nr. 14 vom 2.4.2007, S. 100-102.
- Schneider, W. Glück! Eine etwas andere Gebrauchsanweisung, Reinbek bei Hamburg 2007.
- Seligman, M., Der Glücks-Faktor – Warum Optimisten länger leben, Bergisch-Gladbach 2005.
- Selten, R., Die Vernunft wird vollkommen überschätzt, Interview, SZ Magazin vom 19.1.2007, S. 18 – 21.
- Schirmmayer, F., Minimum – Vom Vergehen und Neuentstehen unserer Gemeinschaft, München 2006.
- Smith, A., Theorie der ethischen Gefühle, Hamburg 2004 (Nachdruck der Übersetzung der 6. Auflage von 1790 durch Walther Eckstein aus dem Jahre 1925).
- Schmölders, G., Historische Schule, in: Issing, O. (Hrsg.) , Geschichte der Nationalökonomie, München 1984, S. 107 – 119.
- Spaemann, W., Schweidler, W. (Hrsg.), Ethik Lehr- und Lesebuch – Texte , Fragen, Antworten, 2. Auflage, Stuttgart 2007.
- SPD, Bremer Erklärung des SPD-Parteivorstandes vom 6.1.2007.
- Spitzer, M., Kann, darf, soll oder muss man Glück wissenschaftliche untersuchen?, in: Spitzer, M., Bertram, W. (Hrsg.), Braintertainment – Expeditionen in die Welt von Geist und Gehirn, Stuttgart u.a. 2007.
- Sprenger, R. K., Mythos Motivation – Wege aus einer Sackgasse, 17. Auflage, Frankfurt u.a. 2002.
- Stiglitz, J., Die Chancen der Globalisierung, München 2006
- Straubhaar, T., Der dritte Weg, in: Wirtschaftsdienst, 86. Jg. (2006), S. 750 – 751.
- Uhlhaas, C., Spieltheorie - Eins für dich, der Rest für mich, in: Gehirn und Geist, Nr. 4/2007, S. 46 – 52.
- Varian, H. R., Grundzüge der Mikroökonomik, 7. Auflage, München u.a. 2007.
- Weimer, W., Credo – Warum die Rückkehr der Religion gut ist, München 2006.
- Werner, G.W., Einkommen für alle, Köln 2007.
- Winteler, A., Professionell lehren und lernen – ein Praxisbuch, 2. Auflage, Darmstadt 2005.

Modeling and Simulation of Shanghai MAGLEV Train Transrapid with Random Track Irregularities

Prof. Shu Guangwei M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Meisinger

Prof. Shen Gang Ph.D.

Shanghai Institute of Technology, Shanghai,
P.R. China

Nuremberg University of Applied Sciences,
Nuremberg, Germany

Tongji University, Shanghai, P.R. China

Abstract

The MAGLEV Transrapid is a kind of new type high speed train in the world which is levitated and guided over the track using electro magnetic forces. Because the electro magnets are unstable, they have to be controlled. Since 2002 the worldwide first commercial use of such a high speed train based on German technology is running successfully in Shanghai Pudong Airport, P.R.China.

In this paper modeling of the high speed MAGLEV train Transrapid is discussed, which considered the whole mechanical system of one vehicle with optimized suspension parameters and all controlled electro magnet pairs in vertical and lateral directions. The dynamical simulation code is generated with MATLAB/SIMILINK. For the design of the control system, the optimal Linear Quadratic Control for minimum control energy is used for each single electro magnet. The simulation results are presented with the given vertical and lateral random track irregularities.

The research work was carried out together with Prof. Shen Gang, Ph.D. during the time Prof. Dr. Meisinger was visiting professor in Shanghai 2006 and Prof. Shu Guangwei, M.Sc. was visiting professor in Nuremberg 2007.

1. Introduction

In order to improve the ride quality of the Shanghai MAGLEV train, an investigation has been carried out on the possible optimization of passive suspensions and alternative control strategies with the aid of computer simulations. Hence a designated simulation model is created to achieve reasonable balance between accuracy, efficiency and cost effectiveness.

There are many computer models created for different purposes [1,3,6,8,10], generally which can be classified into the following categories: models for design magnetic levitation control [1,2,3,5], models for suspension optimization [4], models for track-train interaction [3,5,6,12]. Depending on various requirements the scales of the models vary in fidelity from a single magnetic block [1,3,7] to the whole train system [6,8].

Regarding the tools of computer software, there are commercial software packages such as SIMPACK, ADAMS, etc. [9,10,11], and also self generated codes [3,5,6,7,8,12].

The principle idea behind modeling in this paper is to develop a whole vehicle model with detailed suspension elements and practical controller with a reasonable description of the track irregularities, without coupling to the guideway.

2. Mechanical System Model

The train consists of five sections, each section consists of a car body and running gears which connects the levitation and guidance magnets. The running gear is also called Magnetic Wheels. Two adjacent Magnetic Wheels are connected to form a so-called levitation bogie. There are four such levitation bogies under a car body. The levitation bogies are designed to enable transmission of vertical forces to support the car body and to transmit lateral forces to guide the train, transmission of longitudinal forces provides for braking and traction forces. Consequently it is a very important component in the vehicle for both safety and comfort.

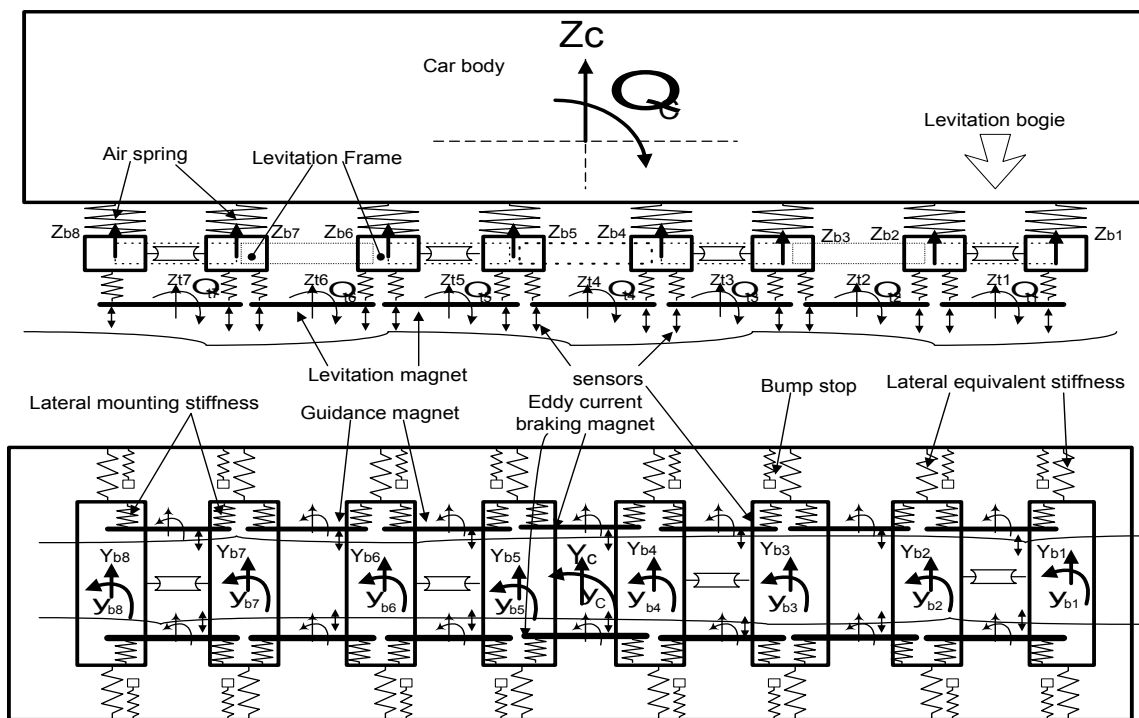


Fig. 1: Side view of the model

There are many suspension elements within the levitation bogie, for example, two air springs, anti-roll bars and rubber elements, primary metal-rubber elements which connect the levitation magnets, lateral bump stop metal-rubber elements, metal-rubber elements which connect the braking magnets, etc.. The car body is connected vertically by 16 swing-rods that provide lateral flexibility. There are two rubber stacks at one end of the

Where W is the suspended weight of on each frame. Other parameters are shown in Figure 2.

Primary suspensions are simple in this case. There is only vertical stiffness to the levitation magnets and lateral stiffness to the guidance magnets.

For the practical application, two magnets consist a pair of vertical magnet levitation block with two gap and acceleration sensors for each magnet. The linear quadratic control can be used for minimum control energy with linearized coefficients at the working point [12,13]. The controller can be treated for individual or modal control.

3. Control System Modeling

With the assumption of a single levitated mass as shown in Figure 3, the controller are designed for both levitation and guidance. There m is the levitated mass (including levitation frame and magnet), f is the dynamic magnet force, z_T is the track disturbance and z_i is the magnet deviation. S_0 is the nominal magnet gap, s is the small deviation from the nominal gap, $L_0 = L_e + L_s$ is the whole inductance, with the effective inductance L_e and the constant stray inductance L_s . R is the resistance, I_0 is the nominal current and u is the small deviation from the nominal magnet voltage $R I_0$.

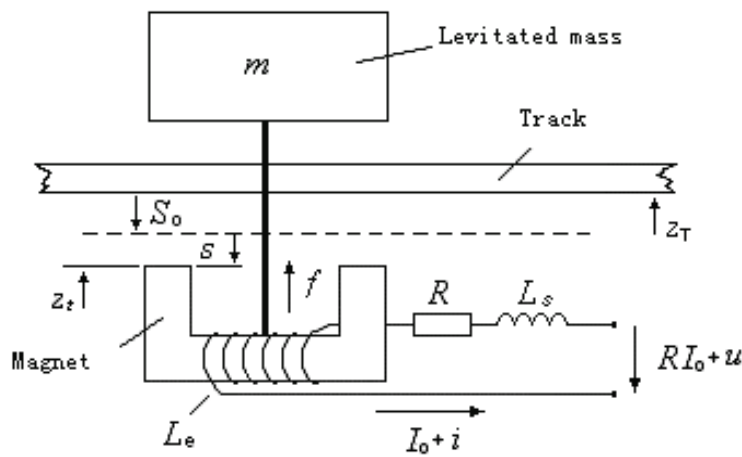


Fig. 3: Model of a single mass vehicle for vertical motion

The linear equation of the single mass magnetic levitation system can be derived with LAGRANGE-Function as shown in [12,13,14,15]:

$$\ddot{s} = -\frac{(1-\eta)}{m} L_0 \frac{I_0}{S_0} i + \frac{(1-\eta)}{m} L_0 \left(\frac{I_0}{S_0}\right)^2 s = -\frac{P_i}{m} i + \frac{P_s}{m} s \tag{1}$$

$$\dot{i} = -\frac{R}{L_0} i + (1-\eta) \frac{I_0}{S_0} \dot{s} + \frac{1}{L_0} u \tag{2}$$

where $\eta = L_s/L_0$, $P_i = \frac{(1-\eta)L_0 I_0}{S_0}$, $P_s = \frac{(1-\eta)L_0 I_0^2}{S_0^2}$

Considering the dynamic magnet force $f = P_i i - P_s s$, then is

$$\dot{f} = P_i \dot{i} - P_s \dot{s} \tag{3}$$

Substituting eq.(2) into eq.(3) and taking note of $i = \frac{P_s}{P_i} s + \frac{1}{P_i} \dot{f}$, there is

The above single mass control model can be applied to each magnet of the simulated MAGLEV vehicle with the optimized parameters for individual and modal control strategies alternatively as shown in Figure 4. The equation and the design method of guidance control system are similar.

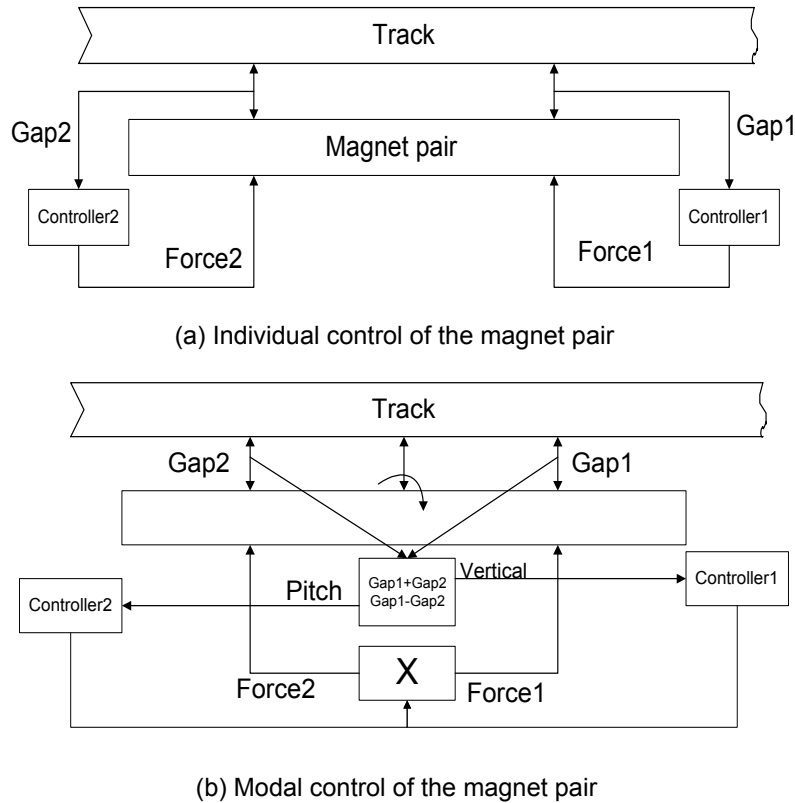


Fig. 4: Alternative control strategies

4. Simulation Code and Main Results

The SIMULINK diagram is shown in the Figure 5. It consists of several subsystem blocks. The most top block is of the car body. Below that there are 8 blocks for secondary suspensions. Then followings are 4 levitation bogie frame blocks, 6 guidance blocks and one brake magnet block, 7 levitation magnet blocks and relevant controller blocks. The inputs to the system are given by track lateral irregularity block and track vertical irregularity block on the left side in the diagram.

As an example, for the case (a) in Figure 4, the controller block diagram for the right side levitation magnet is shown in the Figure 6. Where 'Zt' represents the vertical movement of magnet, and 'Pt' represents the pitch rotation movement of the magnet, 'dt' represents the half space between left and right magnets, 'lt' represents the distance between front point and the rear point of the measurements, 'G' represents $(1 - \eta)P_s / P_i$, 'ata' represents η , the elements of the \mathbf{K} in eq.(10) are K1, K2 and K3. The inputs to the block are track irregularities and states of magnet of right side. The output from the block are the magnetic forces acting on the front and rear points of the magnet.

4.1 Track irregularities

Assuming a highly rigid and heavy mass track, the interaction between vehicle and the track can be simplified by just considering first order bending with even load distribution. The track irregularity consists of random surface irregularities and periodic deformations.

It is important to measure the field track irregularities for the MAGLEV system to clarify the differences between the MAGLEV track and railway tracks. It has been indicated that there are differences in different frequency

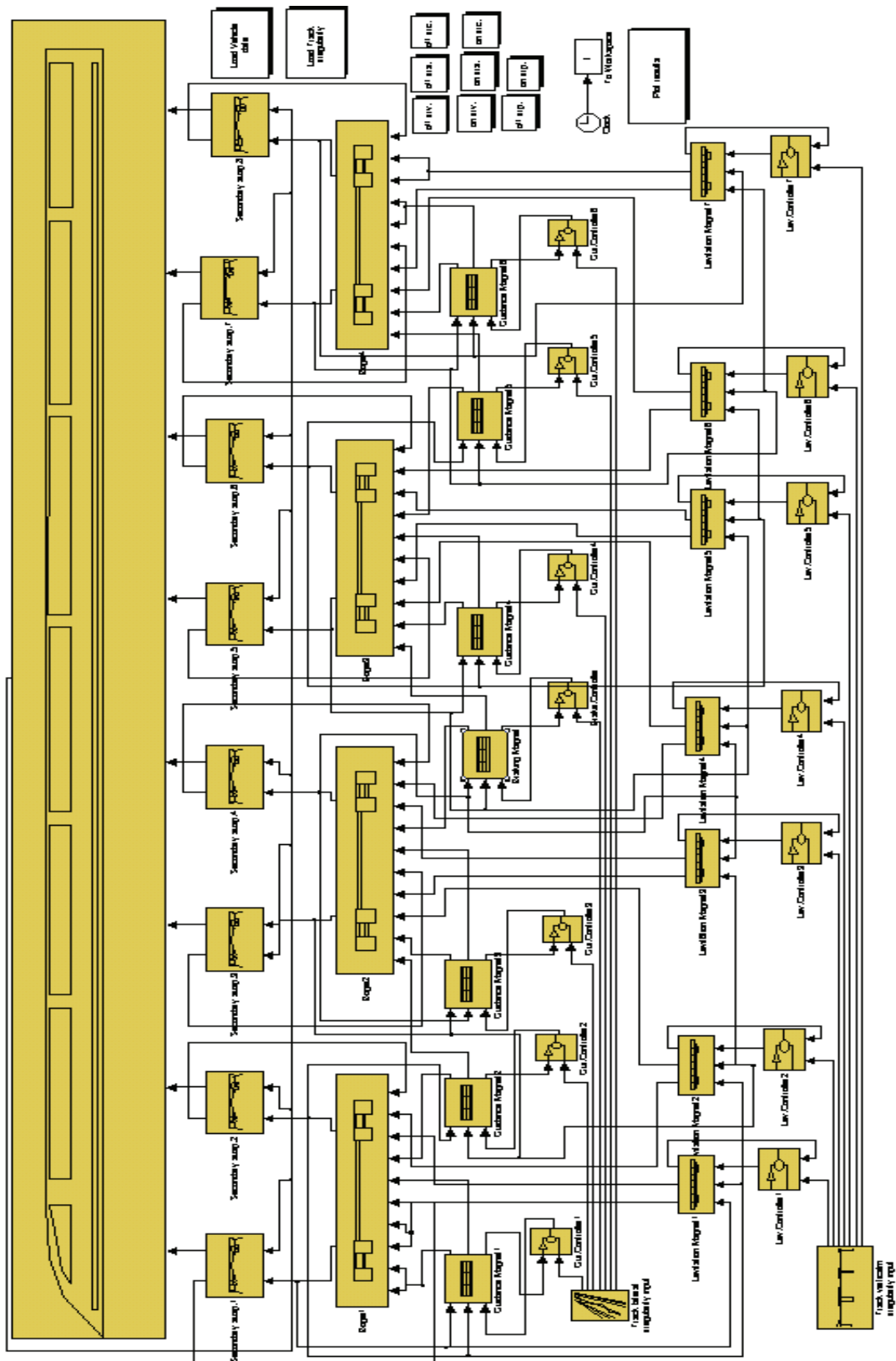


Fig.5: SIMULINK diagram of the vehicle simulation model

$$\dot{f} = -\frac{P_s}{T}s - P_s\eta\dot{s} - \frac{1}{T}f + \frac{(1-\eta)P_s}{P_i}u \quad (4)$$

where $T = L_0/R$ is the time constant. In order to accord with the vehicle coordinate system in Figure 1 and Figure 2 the transformation is made as below:

$$z_t = -s + z_T ; \dot{z}_t = -\dot{s} + \dot{z}_T$$

Selecting magnet deviation z_t , vertical velocity \dot{z}_t and dynamic magnet force f as the state variables, that is $\mathbf{x}(t) = [z_t \quad \dot{z}_t \quad f]^T$, the following state equation is obtained

$$\begin{bmatrix} \dot{z}_t \\ \ddot{z}_t \\ \dot{f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/m \\ P_s/T & P_s\eta & -1/T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_t \\ \dot{z}_t \\ f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ (1-\eta)P_s/P_i \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -P_s/T & -P_s\eta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_T \\ \dot{z}_T \end{bmatrix} \quad (5)$$

i.e. $\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}u(t) + \mathbf{E}v(t)$

With magnet gap deviation $z_t - z_T$, vertical velocity \dot{z}_t and vertical acceleration \ddot{z}_t as the measurements the following output equation is obtained (in practice \dot{z}_t is computed by an observer [5,12]):

$$\begin{bmatrix} z_t - z_T \\ \dot{z}_t \\ \ddot{z}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_t \\ \dot{z}_t \\ f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_T \\ \dot{z}_T \end{bmatrix} \quad (6)$$

i.e. $\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}v(t)$

To optimize the system the quadratic loss criterion

$$J = \frac{1}{2} \int_0^\infty [\mathbf{x}^T(t) \mathbf{C}^T \mathbf{Q} \mathbf{C} \mathbf{x}(t) + \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R} \mathbf{u}(t)] dt = \min \quad (7)$$

is used. There \mathbf{Q} and \mathbf{R} are the weighting matrices with $\mathbf{Q} = \text{diag}[q_{11} \quad q_{22} \quad q_{33}]$.

Then the controller feedback matrix \mathbf{K} is obtained as

$$\mathbf{K} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \quad (8)$$

where \mathbf{P} can be solved from the matrix RICCATI-equation

$$\mathbf{P}\mathbf{A} + \mathbf{A}^T \mathbf{P} - \mathbf{P}\mathbf{B}\mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} + \mathbf{C}^T \mathbf{Q} \mathbf{C} = 0 \quad (9)$$

Then the optimal feedback control law is

$$\mathbf{u}(t) = -\mathbf{K}\mathbf{y}(t) \quad (10)$$

The weightings in eq.(7) used for the control system design for minimum control energy are

$$\mathbf{Q} = \text{diag}[0 \quad 0 \quad 0], \quad \mathbf{R} = 1.$$

band [6], generally trend of the PSD curves of the irregularities are similar. At the moment there is no sufficient data collected, so a piece of measured railway track irregularities with a reduction of 1 over 4 in magnitude has been used in this paper. The peak periodical deformation of the guiding track is assumed to be 2 mm in the form of sine wave. The deformation of guiding tracks with 24 m in each length is shown at the top of Figure 7 for the first 1000 m. The following curves are vertical and lateral random irregularities of the centre line of the track, and the last is the track cross-level irregularity.

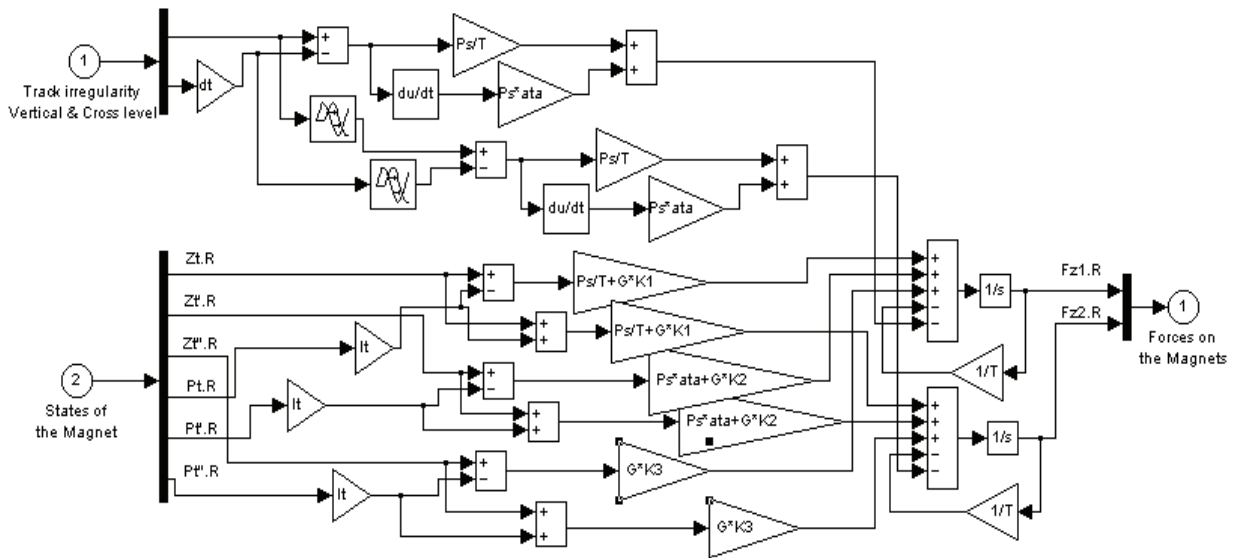


Fig.6: SIMULINK diagram of the block with the controller

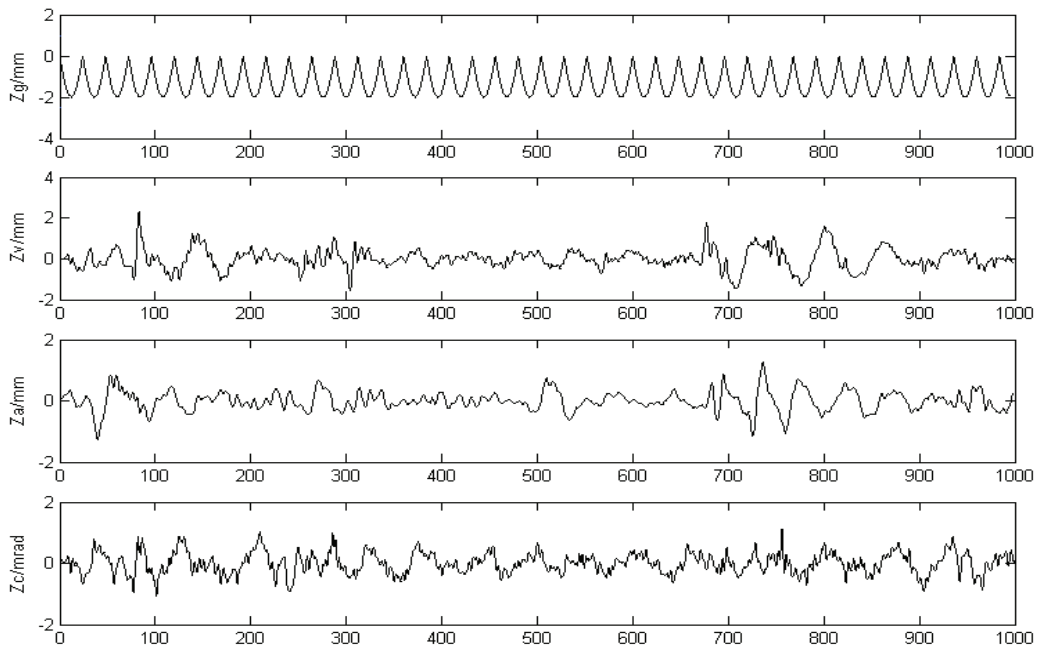


Fig.7: Space history of track irregularities

4.2 Main Simulation Results

Optimization of the suspension parameters has been made by the calculation of responses of the vehicle to the above track input. With the optimized suspension parameters, a typical accelerations of car body are illustrated in Figure 8, and the gap disturbances between magnet and track are illustrated in Figure 9. The time domain results for individual control and modal control are approximately similar.

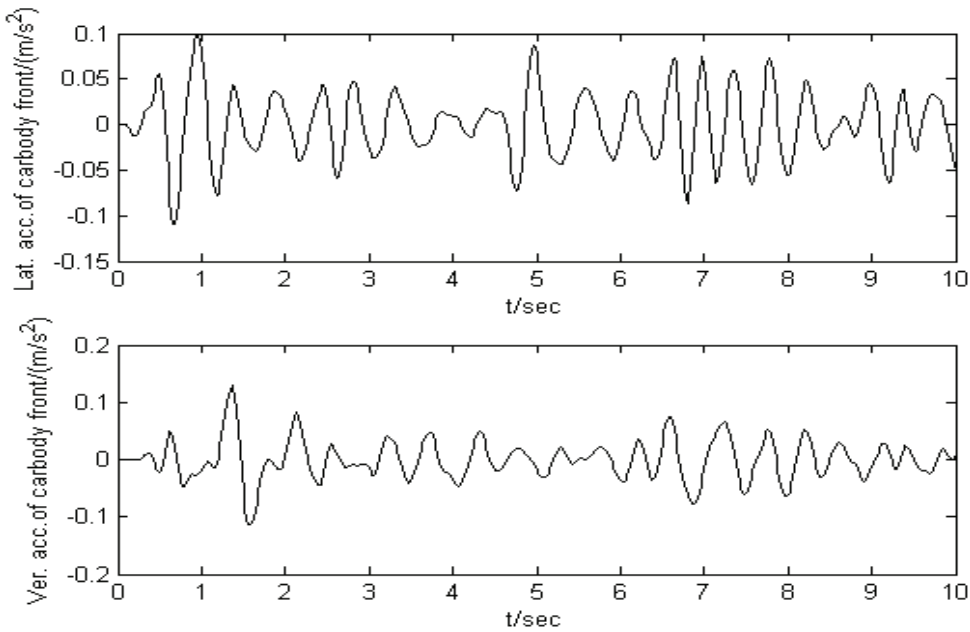


Fig.8: Lateral and vertical accelerations of a car body

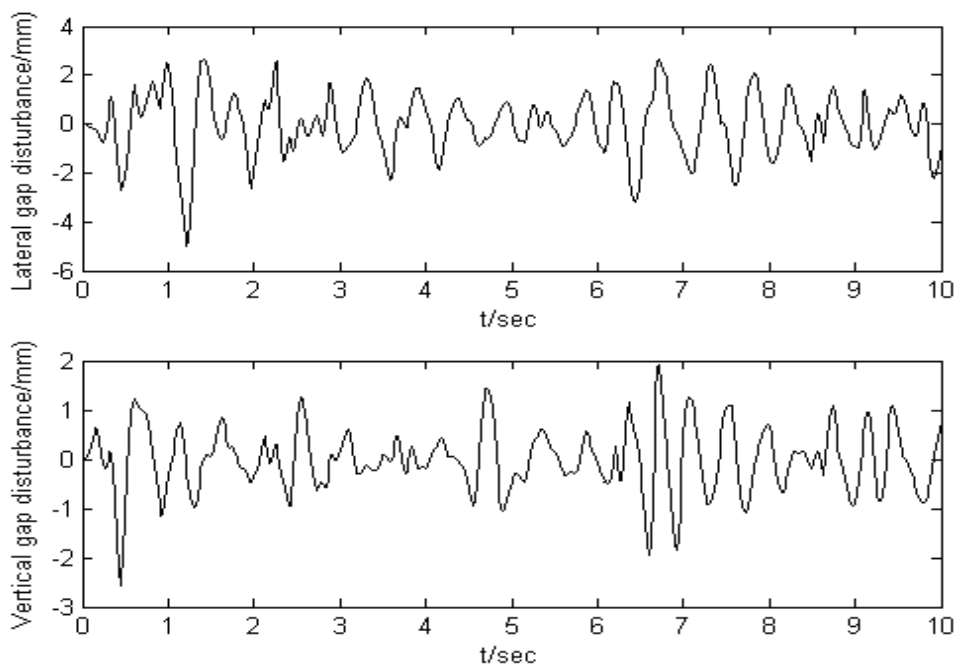


Fig.9: Lateral and vertical gap disturbances of magnet

5. Conclusions

For the purposes of investigation of different control strategies and ride performance of vehicle for both vertical and lateral directions a practical MAGLEV vehicle model is created. The control system design was carried out with a simple single mass model using Linear Quadratic Control. Employing MATLAB/SIMULINK, a computer simulation model with 93 DOF of mechanical system and 52 states for eletro magnet forces has been created to ensure high calculation efficiency. Reasonable results are obtained for optimization of suspension parameter and dynamic performances of the MAGLEV vehicle with optimal controllers for minimized energy consumption.

References

- [1] E. Gottzein, B.O. Lange: Magnetic Suspension Control Systems for the MBB High Speed Train, *Automatica*, Vol. 11 (1975), pp.271-284.
- [2] D.A. Limbert, H.H. Richardson, D.N. Wormely: Controlled Dynamic Characteristics of Ferromagnetic Vehicle Suspensions Providing Simultaneous Lift and Guidance, *Journal . Syst. Meas. Control, Trans, ASME*, 1979, 101(9), pp.217~222.
- [3] X.J. Zheng, J.J. Wu, Y.H. Zhou: Numerical Analysis on Dynamic Control of Five-Degree-of-Freedom Maglev Vehicle Moving on Flexible Guideway, *Journal of Sound and Vibration*, 235(1), August 2000, pp.43-61.
- [4] H. Coffey, J. Solinsky, J. Colton, J. Woodbury: Dynamic performance of the SRI Maglev vehicle, *IEEE Transaction on Magnetics*, Vol.10, 3, 1974, pp.451-457.
- [5] R. Meisinger: Control Systems for Flexible Maglev Vehicle Riding over Flexible Guideway, *IUTAM Symposium on the Dynamics of Vehicles on Roads and Railway Tracks*, Amsterdam, Netherlands, 1975, pp.531~554.
- [6] C F. Zhao, W.M. Zhai: Maglev Vehicle/Guideway Vertical Random Response and Ride Quality, *Vehicle System Dynamics*, 38(3), 2002, pp.185-210.
- [7] Y.D. Xie, W.S. Chang: Modelling and Simulation of Electromagnetic Suspension Vehicle System(EMS) in Vertical Direction, *Journal of the China Railway Society*, 18(4), 1996, pp.47-54.
- [8] C.F. Zhao, W.M. Zhai, Q.C. Wang: Simulation Analysis of the Dynamic Response of Low-speed Maglev Vehicle Curve Negotiation, *China Railway Science*, 26(3), 2005, pp.94-98.
- [9] H. Ohsaki, R. W. Early, E. Suzuki: Numerical Simulation of the Vehicle Dynamics of the Superconducting Maglev System, *The 16th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives*, Rio de Janeiro, pp.230-235.
- [10] Y.Q. Deng, S.H. Luo: Stability Research and Simulation of a Single Magnetic System, *Electric Locomotives & Mass Transit Vehicle*, 28(5), 2005.
- [11] H.J. Hong, J. Li, S.J. Li: Kinematics Simulation of Maglev Train Based on Virtual Prototype, *Electric Drive for Locomotives*, 2005, pp.40-44.
- [12] R. Meisinger: Beitrage zur Regelung einer Magnetschwebbahn auf elastischem Fahrweg. Dr.-Ing. Dissertation, TU Muenchen 1977.
- [13] R. Meisinger: Ermittlung der Bewegungsgleichungen eines electromechanischen Systems mittels LAGRANGE-Funktion. *Schriftenreihe Helf 3, Georg-Simon-Ohm Fachhochschule Nuernberg* (1999) S. 2-5.
- [14] SHU Guangwei, CHEN Weigong, R. Meisinger: The Research on the Model of a Magnetic Levitation System [J].*Electric Machine and Control*, 2005: pp.187-190.
- [15] R. Meisinger, Shu Guangwei, Cui Ziwei: Simulation of MAGLEV System with MATLAB/Simulink. *Proceedings of Asian Simulation Conference / the 5th International Conference on System Simulation and Scientific Computer*, Beijing : International Academic Publishers /Beijing World Publishing Corporation, 2002,pp.499-502.

Non-stationary high velocity jet impingement on small cylindrical obstacles

Prof.Dr. Miroslaw Weclas

Institut für Fahrzeugtechnik (IFZN)
Fakultät Maschinenbau u. Versorgungstechnik
Georg-Simon-Ohm-Hochschule für angewandte
Wissenschaften – Fachhochschule Nürnberg

Keßlerplatz 12
90489 Nürnberg

Abstract

Basic aspects of a high velocity Diesel jet interaction with small cylindrical obstacles are presented in the paper. The phenomenon discussed in the paper lies between cylinder overflow and jet impingement on to solid wall. Especially the effect of high velocity Diesel jet “destruction” and its distribution in space are investigated in the paper. As shown, the dominant role in this process plays a fist obstacle: its diameter, distance from the nozzle outlet and injection pressure play a dominant role in characterization of the jet distribution in space. The jet spatial distribution bases on a multi-jet model.

By Diesel jet impingement on a single obstacle with smaller diameter the distribution angle decreases with increasing injection pressure. For bigger obstacle the angle separating both jets increases being almost independent of the injection pressure. This angle does not change with time after impingement process, however decreases with increasing distance between nozzle and the obstacle.

For Diesel jet impingement on more than single obstacle, the jet distribution depends on the obstacle geometrical configuration but not necessarily on the number of obstacles. As shown in the paper quite similar distribution has been obtained for three and eight obstacles configurations. Presented phenomenological model explains this observation. There is possible to design such configuration of small obstacles which permit very good charge homogenization in defined space (combustion chamber).

1. Introduction

One of possible strategies for Diesel mixture homogenization and de-coupling of combustion from injection process would be late injection mode, what requires very quick spatial distribution of the Diesel jet and its homogenization in space. This could be promoted by injection in a porous medium [8]. It was observed that due to jet impingement on a large number of pore junctions of a highly porous 3D-structure, the Diesel jet may very quickly be distributed in space across the impingement direction. From one impinging jet a number of secondary jet are forming according to a multi-jet splitting effect described in [8,9]. The Diesel jet interaction with such three dimensional highly porous structure (see chapter 2 of the paper) may be simplified by Diesel jet impingement on small cylindrical obstacles giving similar effect for jet momentum distribution in space. This effect will be presented in this paper.

High velocity jet impingement on a small cylinder must be separated from the cylinder overflow, where depending on the Reynolds number the stream lines follow the cylindrical shape of the obstacles to flow separation and Karman vortex street behind the cylinder at higher Reynolds numbers. The goal of in the present paper investigated jet impingement on a small cylinder is to “destroy” the high velocity jet momentum and to distribute the mass in space. The process must also be different from the jet impingement on the solid wall where the axial jet propagation is quite blocked and only the radial flow along the wall is possible [1-7]. So, the phenomenon discussed in the present paper lies between cylinder overflow and jet impingement on to solid wall. This is the reason that, according to the author knowledge, there are no data available in the literature which describe investigated case, except similarity to Diesel jet impingement on to porous structure, as already described by the author in [8-10]. Thus, the goal of this paper is to describe the basic features and physics of a non-stationary high velocity jet impingement on small cylindrical obstacles for further application to mixture formation in Diesel engines.

The test rig and measurement technique used in present investigation are described in section 2, indicating two different experimental conditions used in the form of surrounding fluid: air and oil. Different geometrical configurations characterized by number of obstacles and their localization with respect to the Diesel nozzle are also described in this section. The section 3 presents data for Diesel jet impingement on a single cylindrical obstacle, for different injection pressures (impingement velocities), cylinder diameter and distance from the nozzle outlet.

The next chapter (section 4) describes the Diesel jet impingement on a number of obstacles: from 3 to 8 obstacles, depending on the investigated configuration. These results clearly indicate that the jet impingement on the first obstacle is a very critical factor for Diesel interaction with a number of small cylinders. Additionally, a geometrical configuration described by a relative location of obstacles defines the impingement result. On the basis of performed experimental investigations, a phenomenological model of Diesel jet impingement on a series of obstacles is presented in section 5 indicating the mechanism of jet distribution in space. This section also compares data of jet impingement obtained in air and oil. Results are then summarized in section 6.

2. Test rig and measurement technique

In order to perform a basic investigation on Diesel jet impingement on small obstacles a special test chamber has been used having very good optical access. The chamber has been built as a low pressure system (1bar at ambient temperature), with two different surrounding fluids to be applied: air and oil (Fig.1).

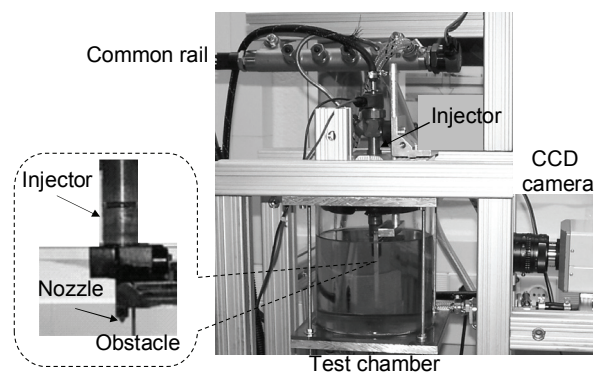


Figure 1: View of the test chamber with a Common-rail Diesel injection system

Diesel injection in oil bath (as a surrounding medium) has some additional features, very important for investigations of wall jet impingement. Firstly, no atomization may be observed during free jet formation and its propagation throughout the chamber volume (single phase system).

Secondly, the fuel vaporization process in oil bath is practically eliminated, and for applied temperatures (approx. 20 to 25°C) is negligible. For high time resolved investigations, a black-white CCD camera (PCO) model FlashCam has been used. The camera can externally be triggered (synchronized with

injection timing) with illumination time from 1 to 1000 μ s; additionally, the signal phase may be shifted with respect to the trigger signal in the range from 1 to 1000 μ s. For reported investigations a constant illumination time of 100 μ s has been applied.

Experimental configuration for Diesel jet impingement on a single or selected number of small cylindrical obstacles used in the present investigation is shown in Fig.2.

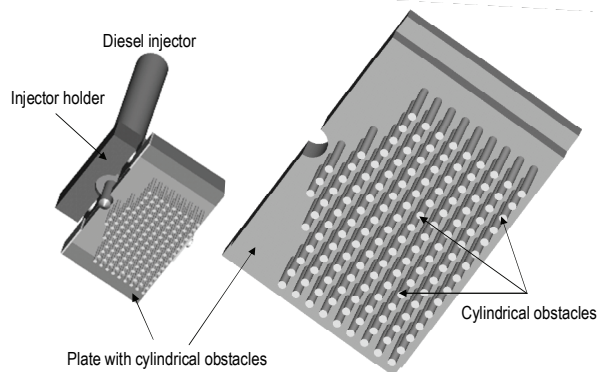


Figure 2: Experimental configuration for investigation of Diesel impingement on small cylindrical obstacles

There are number of different experimental configurations defined by a number of obstacles mounted on the plate as well as a position of individual obstacles. Distance between obstacles is twice of the obstacle diameter. The most important investigated geometrical configurations are detailed described in Fig.3.

Besides already defined geometrical configurations, the following measurement conditions have been used in the present investigation:

- Surrounding fluid: air and oil (most of experiments have been performed in oil)
- Injection pressure: 400bar, 800bar and 1200bar (for some experiments other pressure have also been used)
- Constant injection duration: 1500 μ s (for some experiments 3000 μ s has been used)
- Variable time after injection trigger signal: from 0 to 5000 μ s
- Variable time after impinging on the first obstacle: from 0 to 5000 μ s
- Three different view angles: bottom, side and back-view angles

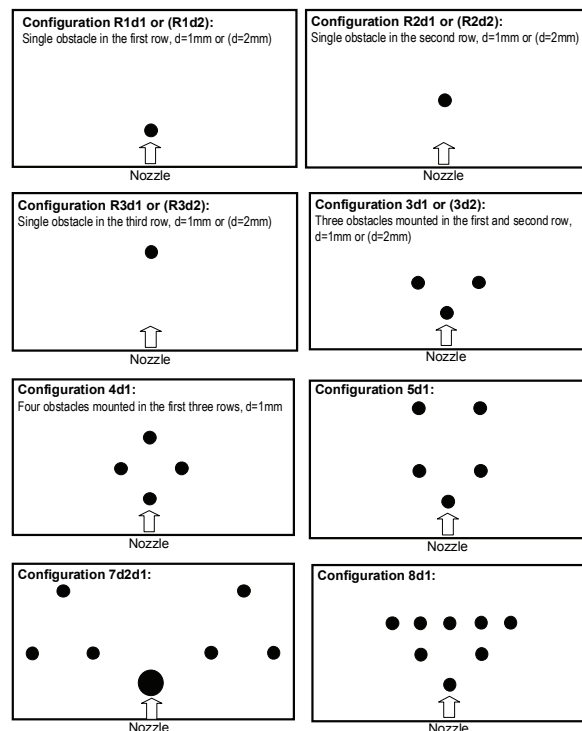


Figure 3: Specification of all investigated geometrical configurations

For the present investigations a special two-hole nozzle has been used, as already described in [8]. Fuel is injected horizontally into two opposite directions with a spray angle of 16° in air under atmospheric conditions.

3. Diesel jet impingement on a single cylindrical obstacle

As an initial investigation, a Diesel jet impingement on a single cylindrical obstacle is considered to recognize main parameters defining the jet distribution in space. It must be noticed, that in the present work the jet impingement on the cylinder but not cylinder overflow are investigated. If the distance between nozzle outlet and cylindrical obstacle is too large, i.e. the impingement velocity is relatively low, there is no impingement observed instead of cylinder overflow. Such data are shown in Table 1 and in Fig.4.

Table 1: Conditions for cylinder "over flow"

Parameter	Investigated configuration			
	(row number)			
Distance from the nozzle outlet [mm]	11 (row 4)	13 (row 5)	15 (row 6)	17 (row 7)
Free jet velocity in oil [m/s]	63.6	57.8	52.9	47.7
Diameter of cylindrical obstacle [mm]	1	1	1	1
Reynolds number	19569	17785	16277	14677

The diameter of the obstacle is small comparing to the jet front surface area preventing from solid-wall like impingement process [7,8].

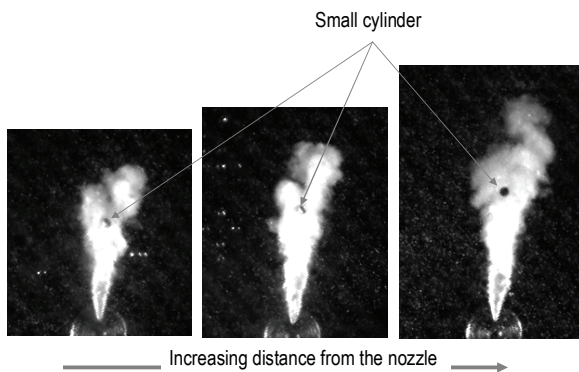


Figure 4: Cylinder overflow instead of jet impingement

In the first step configuration R1d1 is investigated as shown in Fig.5. This figure shows Diesel jet impingement on a single obstacle as a function of time after jet impingement for injection pressure 400bar. The effect of Diesel jet interaction with a small obstacle in the form of two jets may clearly be observed after impingement process. The distribution angle between both jets is shown in Table 2.

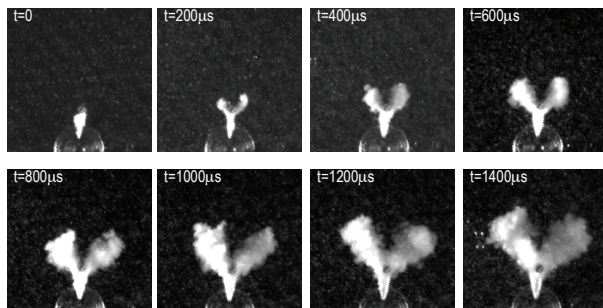
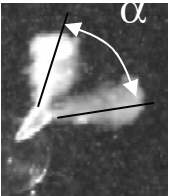


Figure 5: Diesel jet impingement on a single cylindrical obstacle (configuration R1d1) as a function of time after impingement for injection pressure 400bar

For smaller obstacle the distribution angle decreases with increasing injection pressure. For bigger obstacle (d=2mm) the angle separating both jets increases being almost independent of the injection pressure.

Table 2: Distribution angle by Diesel jet impingement on a single cylindrical obstacle

Configuration	Distribution angle α [°]	
R1d1 at 800bar	70.8	
R1d1 at 1200bar	61.8	
R1d2 at 400bar	121.4	
R1d2 at 800bar	121.6	
R1d2 at 1200bar	118	

This angle does not change with time after impingement as indicated in Figure 6. The angle α however decreases with increasing distance between nozzle and the obstacle. At large distances from the nozzle outlet the angle α is still higher for bigger obstacle as for smaller one. Picture presented in Figure 5 and 6 shows the jets at the bottom view angle.

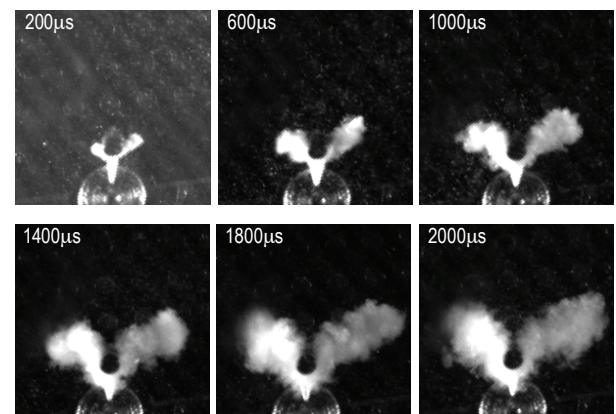


Figure 6: Diesel jet impingement on a single cylindrical obstacle (configuration R1d2) as a function of time after impingement for injection pressure 400bar

An influence of the distance between nozzle outlet and the obstacle is shown in Figure 7, where Diesel jet impingement on a single obstacle is investigated for configurations R1d1 and R2d1at 1000µs after impingement and for 800bar injection pressure.

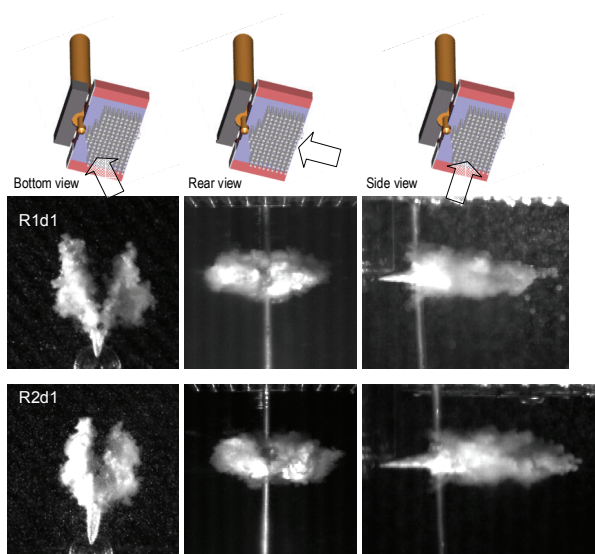


Figure 7: Diesel jet impingement on a single obstacle for two different distances between cylinder and nozzle outlet (configurations R1d1 and R2d1) at 1000µs after impingement and for 800bar injection pressure.

There are number of different parameters characterizing Diesel jet impingement process on a cylindrical obstacle. First of all the parameters in a bottom view angle may be defined, as shown in Figure 8a: jet length, jet width and jet surface area. Additionally, in the side view angle, jet height is defined as shown in Fig.8b.

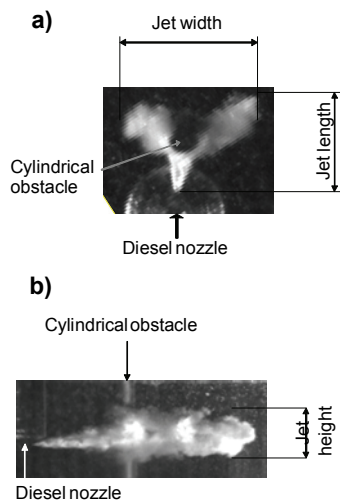


Figure 8: Definition of parameters characterizing jet impingement on a cylindrical obstacle for two view angles: a- bottom view, b-side view.

The length of the jets is quantified for investigated configurations and injection pressures in Figure 9. The jet length increases with increasing injection pressure, and is generally higher for smaller obstacle ($d=1\text{mm}$). Additionally, data for a free jet are also included in the picture.

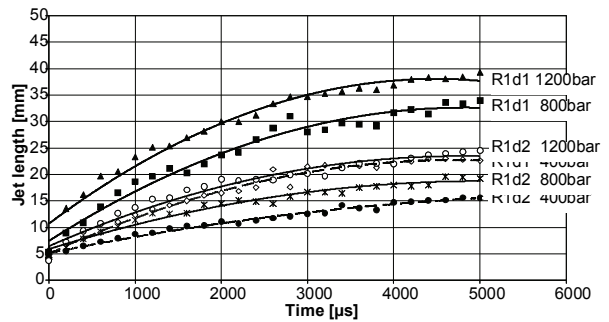


Figure 9: Jet length after impingement on a single cylindrical obstacle as a function of time for three different injection pressures and different surrounding fluids (configuration R1d1 and R1d2)

The next parameter characterizing the effect of jet impingement on the obstacle is the jet width, shown in Fig.10. The bigger the obstacle and the higher the injection pressure the wider distribution of impingement jet in space (jet width).

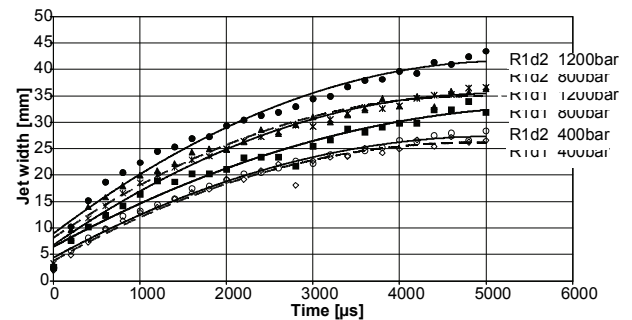


Figure 10: Jet width after impingement on a single cylindrical obstacle as a function of time for three different injection pressures and different surrounding fluids (configuration R1d1 and R1d2)

However the effect of the obstacle diameter on the jet distribution is weaker as it was observed for jet length. Both figures indicate, that in order to get short and wide jets a bigger cylindrical obstacle should be used for impinging Diesel jet. The final parameter characterizing Diesel jet impingement on a small obstacle from the bottom view angle is the jet surface area (Fig.11). In this case, the jet surface area measured from the bottom angle is bigger for smaller obstacle and increases with increasing injection pressure.

Above presented data for Diesel jet impingement on a single obstacle have been analysed from the bottom view angle. At the side view angle the jet impingement looks different, as shown in Fig.12. There are three injection pressures investigated in this figure for configuration R1d1 (left) and R2d2 (right) at time of 800µs after impingement on the cylindrical obstacle. Bigger obstacle makes jet distribution across the impingement direction bigger (side view angle).

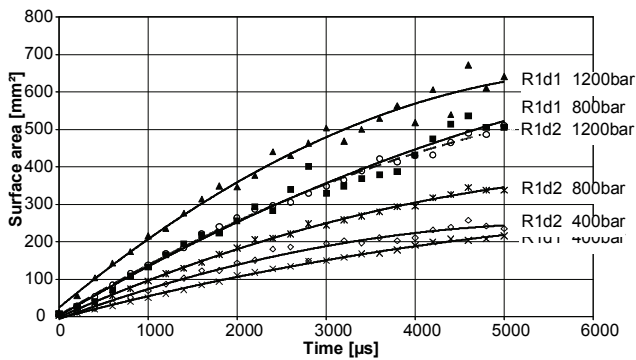


Figure 11: Jet surface area after impingement on a single cylindrical obstacle as a function of time for three different injection pressures and different surrounding fluids (configuration R1d1 and R1d2) (bottom view)

This pictures show also, that the impingement momentum is so large that the long cylindrical obstacle (especially with $d=1\text{mm}$) may significantly bend. The holding of this obstacle should be change to get a stable and stiff geometry.

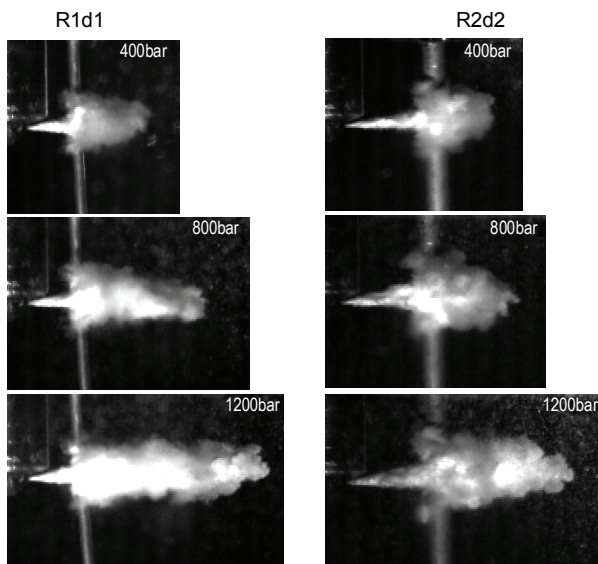


Figure 12: View of the jet impingement on a single cylindrical obstacle at a side view angle for three injection pressures, both investigated obstacle diameters at $t=800\mu\text{s}$ after jet impingement

The effect of jet impingement on a single obstacle from the side view angle may be characterized by the jet height as shown in Fig.13. As shown, the effect of the injection pressure on the jet height is clear for smaller obstacle, only. The jet height is bigger for bigger obstacle ($d=2\text{mm}$) and increases with time until reaching the maximal value. The last parameter to be used for characterizing of jet impingement on a single obstacle is the jet surface area at the side view angle (Fig.14). This jet surface area increases with injection pressure and with obstacle diameter.

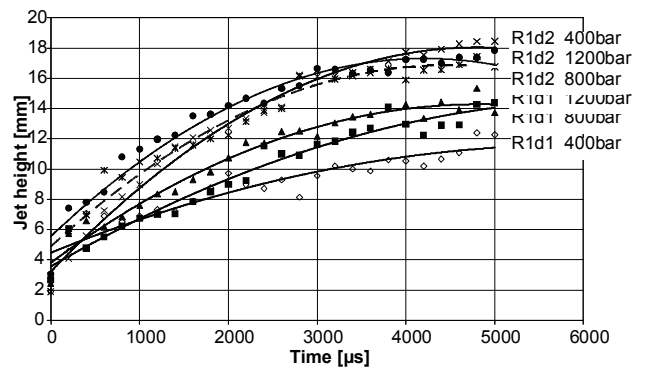


Figure 13: Jet height after impingement on a single cylindrical obstacle as a function of time for three different injection pressures and different surrounding fluids (configuration R1d1 and R1d2)

The data presented in above figures were obtained for configuration R1, i.e. the obstacle was mounted in the first row in the holding plate (see also Fig.6). It has been found for geometrical configurations R2 and R3 that with increasing distance between nozzle outlet and obstacle the length of the jet increases and the jet width decreases.

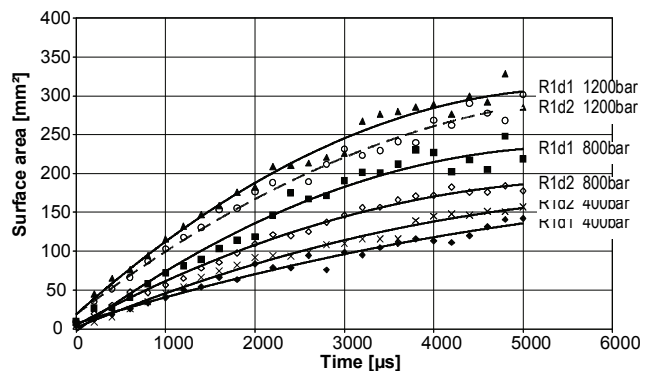


Figure 14: Jet surface area after impingement on a single cylindrical obstacle as a function of time for three different injection pressures and different surrounding fluids (configuration R1d1 and R1d2) (side view)

Also the jet surface area reduces with increasing distance from the nozzle. Additionally, with increasing distance from the nozzle the effect of the obstacle diameter is significantly reduced.

4. Diesel jet impingement on multiple-cylindrical obstacles

The next geometrical configuration to be investigated in this paper is characterized by three obstacles (configurations 3d1 and 3d2). General overview of the jet impingement on three cylindrical obstacles is given in figure 15 for three investigated injection pressures at different times after impingement on the first obstacle (R1d1).

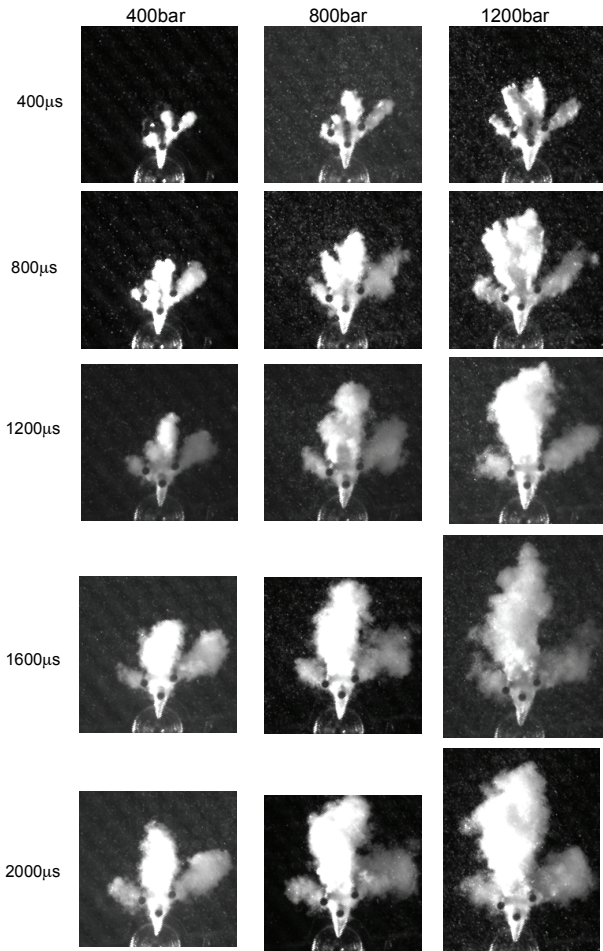


Figure 15: Jet impingement on three cylindrical obstacles for three different injection pressures at different times after impingement on the first obstacle (R1d1)

Obviously a third secondary jet after impingement on the first obstacle may be observed. This third jet is not clearly present in the case of bigger obstacle (Fig.16).

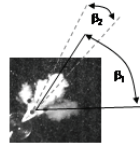


Figure 16: Jet impingement on three cylindrical obstacles for three different injection pressures and $d=2\text{mm}$ at $1600\mu\text{s}$ after impingement on the first obstacle

This figure shows Diesel jet impingement on three cylindrical obstacles of diameter $d=2\text{mm}$ for three investigated injection pressures at $1600\mu\text{s}$ after jet impingement on the first obstacle. This is a result of geometrical configuration to be investigated. Impingement on a single obstacle for $d=2\text{mm}$ indicated the angle α on the order of 120 degree mak-

ing impingement on two additional obstacles mounted in the second row unimportant. The distribution angles for three obstacles are defined and summarized in Table 3.

Table 3: Distribution angles by impingement on three obstacles (configuration 3d1)

Configuration		Angle β_1 [°]	Angle β_2 [°]
3d1, 400 bar, $t = 1400 \mu\text{s}$		51	20,8
3d1, 800 bar, $t = 1200 \mu\text{s}$		51,4	23
3d1, 1200 bar, $t = 800 \mu\text{s}$		59,6	25,8

5. Phenomenological model of Diesel jet impingement on small cylindrical obstacles

A three jets observed for configuration 3d1 indicated necessity of putting an additional obstacle on the way of the middle jet to get a good distribution in space (configuration 4d1). This effect is indicated in Figure 17 (left) presenting jet impingement in configuration of four obstacles. The first insight in the impingement process indicates similarity to the already analysed jet impingement on three obstacles.

The middle jet will clearly divided in to two jet giving together four singular jets to be recognized in the system. For more information on the role of obstacles mounted in rows 2 and 3, the system of 4-obstacles is modified to the eight small cylinders (8d1). This configuration consists of configuration 4d1 plus four additional obstacles in the row 3. Results of Diesel jet impingement on eight small obstacles is shown in Fig 17 (right) indicating quite similar impingement process to the configuration with 4-obstacles.

This “unexpected” similarity is clarified in Figure 18.

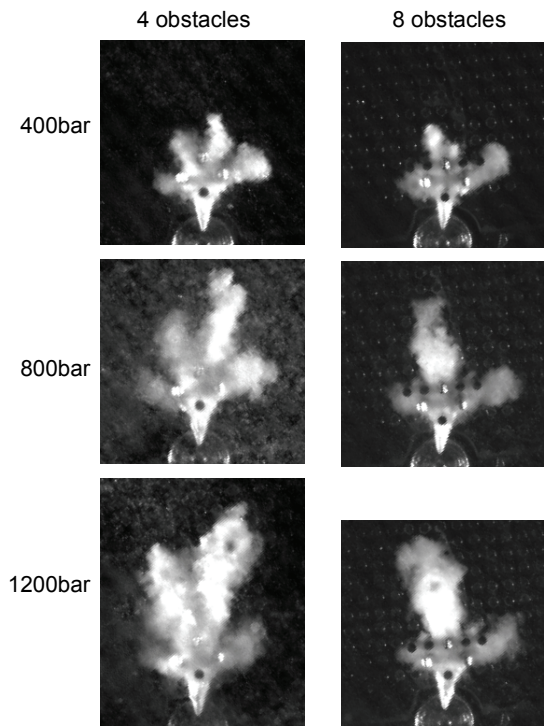


Figure 17: Jet impingement on four- and eight-cylindrical obstacles for three different injection pressures at $t=1200\mu s$ after impingement on the first obstacle

This figure also explains why the middle jet is more compact for 8-obstacles configuration than for 4-obstacles case (see Table 4).

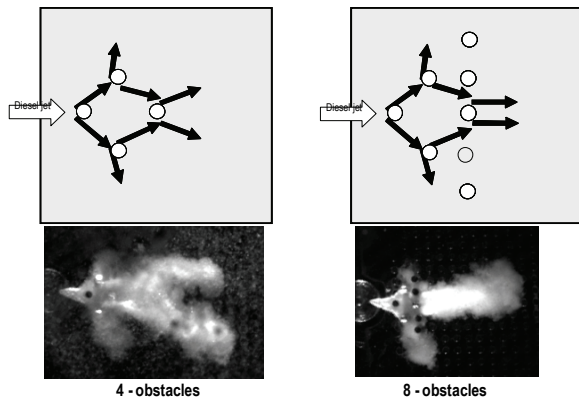


Figure 18: Model comparing jet impingement on four and eight cylindrical obstacles

This similarity is also clearly given analysing the jet length, width and surface area for both geometrical configurations.

Table 4: Distribution angle β_2 by impingement on 4- and 8- obstacles

Configuration	Angle β_2 [°]
4d1, 400 bar	34,8
4d1, 800 bar	34,8
4d1, 1200 bar	31
8d1, 400 bar	16,6
8d1, 800 bar	18
8d1, 1200 bar	16,6

The jet length by impingement on 4- and 8-obstacles for three investigated injection pressures is compared in Fig.19. As indicated in this figure the jet length after impingement on 4-obstacles is practically the same like after impingement on 8-obstacles, independently of injection pressure.

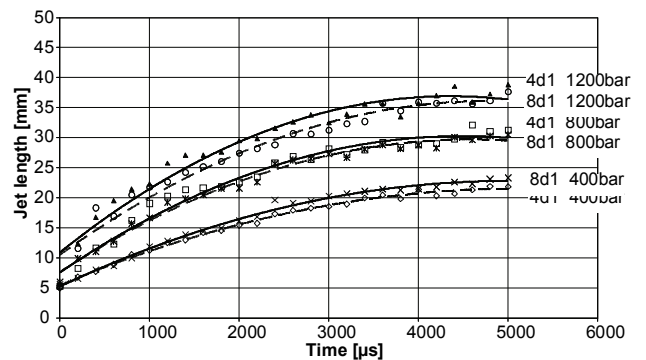


Figure 19: Jet length after impingement on 4- and 8-cylindrical obstacles as a function of time for three different injection pressures (configuration 4d1, 4d2 and 8d1, 8d2)

Almost no effect of number of obstacles or injection pressure is indicated by jet width, as shown in Fig.20. It must be noted that the effect of number obstacles concern small cylinders in the third row.

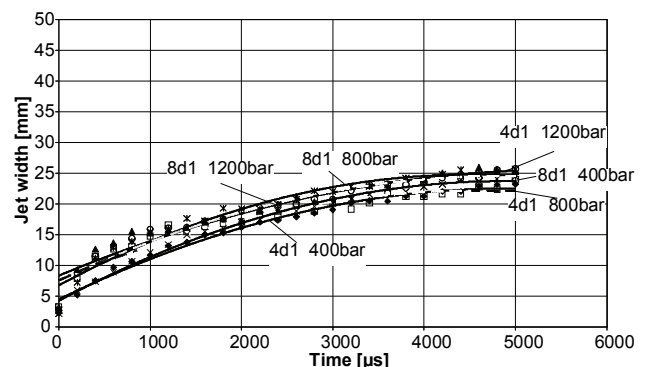


Figure 20: Jet width after impingement on 4- and 8-cylindrical obstacles as a function of time for three different injection pressures (configuration 4d1, 4d2 and 8d1, 8d2)

Also surface area is similar for both investigated configurations, and practically depend only on the injection pressure (Fig.21). Exception is much higher surface area for configuration with 4-obstacles for injection pressure 1200bar. This can be explained by impingement on the obstacles in the third row. Why this effect is observed only for 1200bar is not clear.

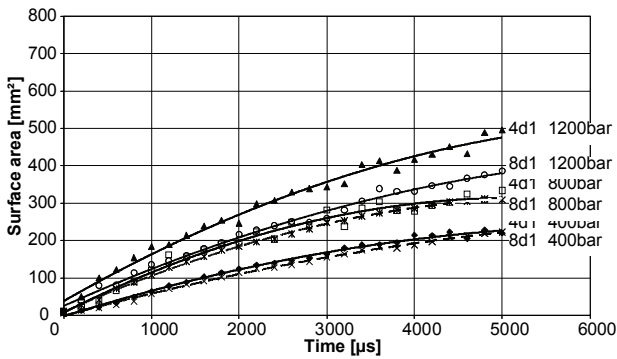


Figure 21: Jet surface area after impingement on 4- and 8-cylindrical obstacles as a function of time for three different injection pressures (configuration 4d1, 4d2 and 8d1, 8d2) (bottom view)

Similarity and differences of Diesel jet impingement on a number of obstacles are indicated in Figure 22. This figure shows jet impingement on multiple obstacles (from four to eight) for injection pressure ($\tau=1500\mu s$) 800bar at two times after impingement: 1200µs and 2000µs.

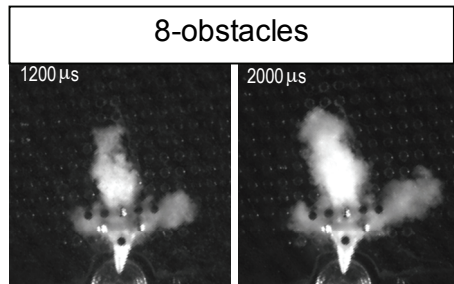
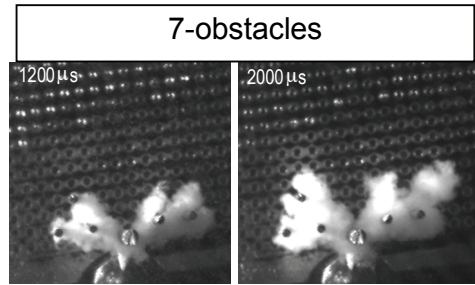
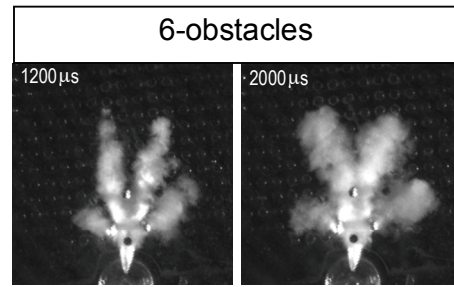
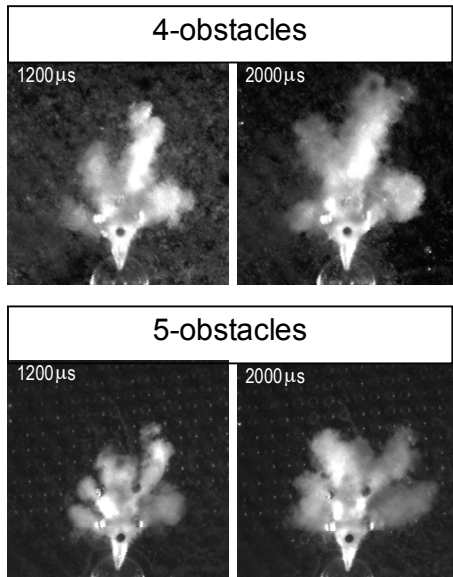


Figure 22: Jet impingement on multiple obstacles (from four to eight) for injection pressure 800bar at two times after impingement: 1200µs and 2000µs ($\tau=1500\mu s$)

Analysis of such experimental data allows creation of phenomenological model for a given configuration giving very good qualitative and even quantitative agreement with experimental data, as shown in Fig.23 for 800bar.

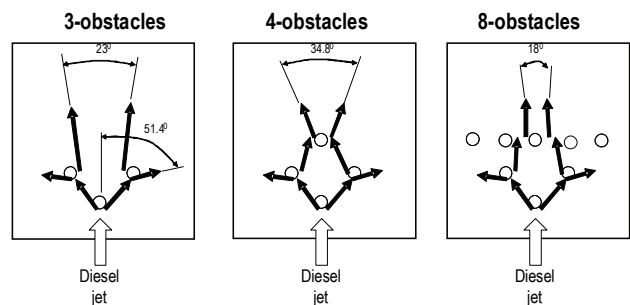


Figure 23: Phenomenological model of Diesel jet impingement on three-four- and eight-cylindrical obstacles for 800bar injection pressure

Phenomenological model for configuration 5d1 and data presented in Figure 23 indicate possibility of very intensive fuel distribution in a selected area

(e.g. combustion chamber) applying Diesel jet impingement on 5-cylindrical obstacles.

A view of the Diesel jet impingement on the five obstacles (configuration 5d1) is given in Figure 24. Contrary to above presented configurations with 3-4- and 8-obstacles, in this case the fuel is pretty well distributed across selected area. Six individual jets may be selected for this configuration.

slightly dependent on the injection pressure. The jet width is mostly dependent on the angle β_1 which increases with increasing injection pressure.

Till now the data presented in this paper were obtained in oil as a surrounding fluid. Additional experiments have also been performed in air at atmospheric pressure.

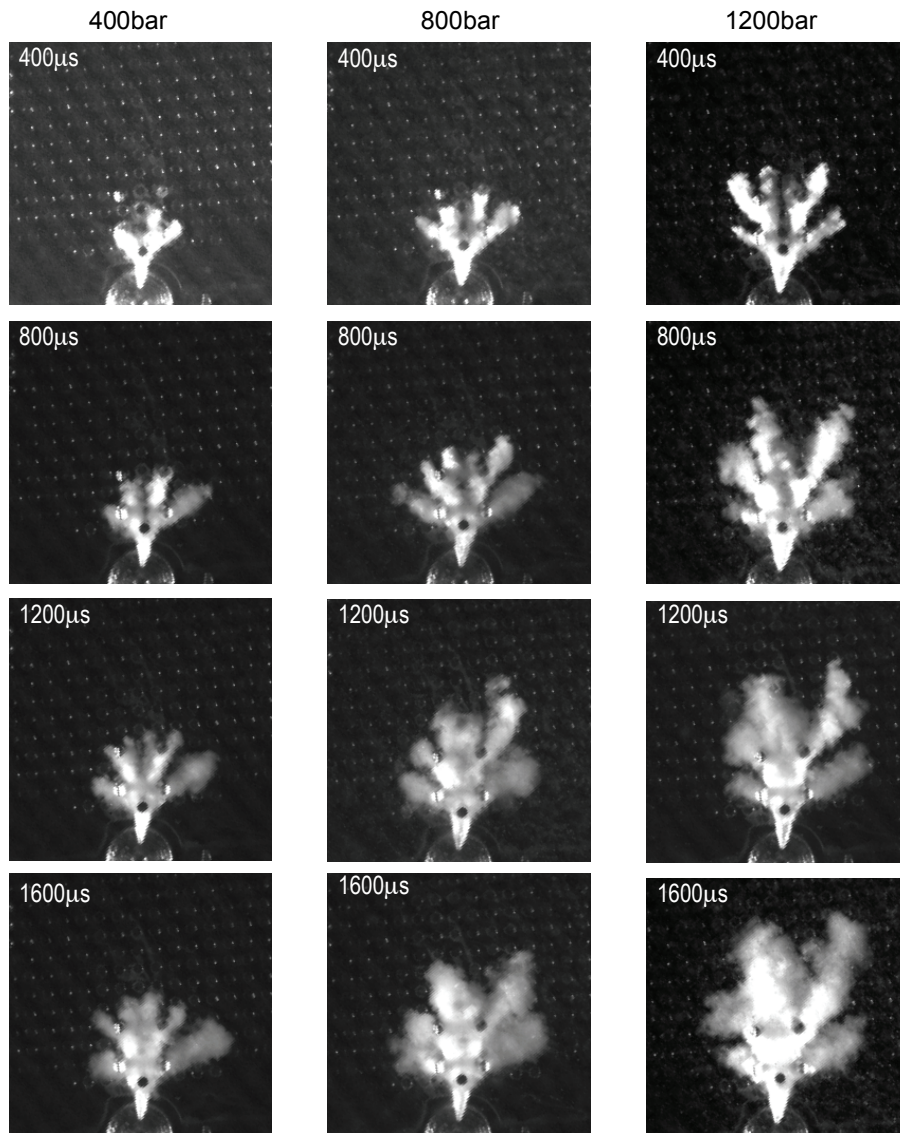


Figure 24: View of Diesel jet impingement on 5-obstacles for three investigated injection pressures as a function of time after jet impingement on the first cylinder

As already observed by other configurations, the jet length after impingement depends on the injection pressure and increases with increasing rail pressure. Much lower dependence on the injection pressure was observed for jet width. Short after impingement on the first obstacle the jet width is still

A view of impingement process from three different angles is shown in Figure 25 at 400μs after impingement on the first obstacles for 8-obstacle configuration and 400bar injection pressure.

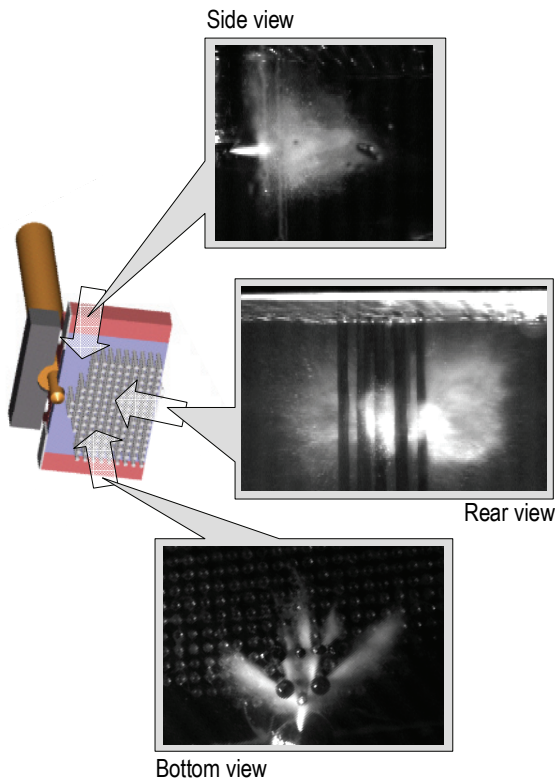


Figure 25: View of impingement process from three different angles at 400µs after impingement on the first obstacles for 8-obstacle configuration and 400bar injection pressure (in air)

Comparison of jet impingement on to 3- and 8-obstacles in air as a surrounding fluid at 400µs after jet impingement on first obstacle is shown in Figure 26. The quality of the process is quite similar to hat observed in oil. Some comparisons between quantitative data obtained in oil and air are discussed below.

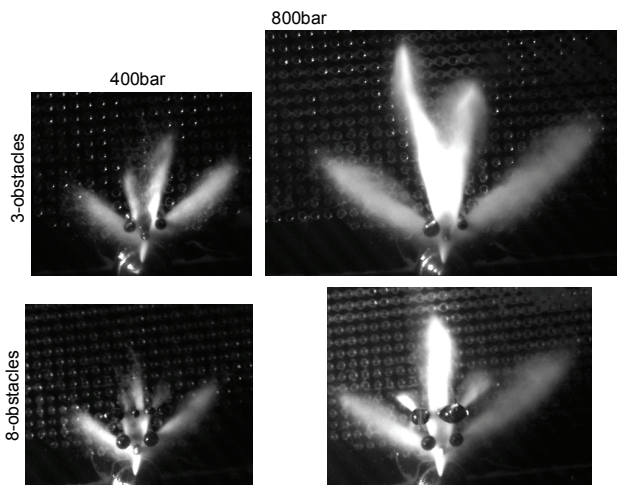


Figure 26: View of jet impingement on to 3- and 8-obstacles in air as a surrounding fluid at 400µs after jet impingement on first obstacle

Figure 27 presents the jet length measured in both surrounding fluids by Diesel jet impingement on cylindrical obstacles for 800bar injection pressure. The jet width is presented in Figure 28.

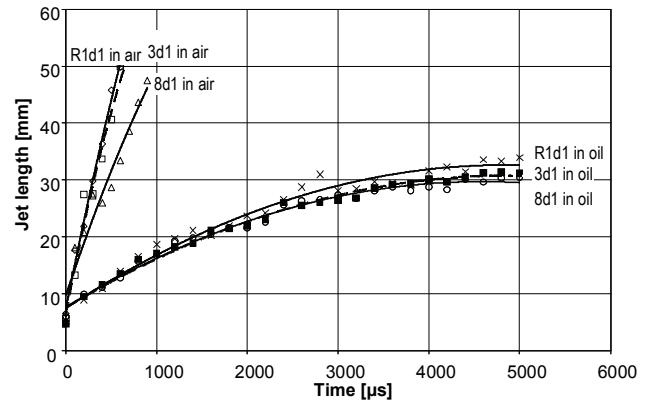


Figure 27: Jet length after impingement on cylindrical obstacles in both surrounding fluids for different geometrical configurations for injection pressure 800bar (bottom view)

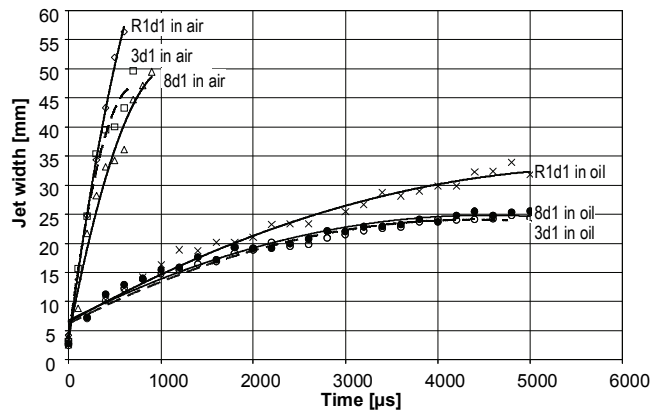


Figure 28: Jet width after impingement on cylindrical obstacles in both surrounding fluids for different geometrical configurations for injection pressure 800bar (bottom view)

6. Concluding remarks

Basic aspects of a high velocity Diesel jet interaction with small cylindrical obstacles are presented in the paper. Especially the effect of high velocity Diesel jet “destruction” and its distribution in space are discussed in the paper. This permits very quick jet distribution in the volume. The dominant role in this process plays a fist obstacle: its diameter, distance from the nozzle outlet and injection pressure play a dominant role in characterization of the jet distribution in space. The jet spatial distribution bases on a multi-jet model.

By Diesel jet impingement on a single obstacle with smaller diameter the distribution angle decreases with increasing injection pressure. For bigger obstacle the angle separating both jets increases being

almost independent of the injection pressure. This angle does not change with time after impingement process, however decreases with increasing distance between nozzle and the obstacle.

For Diesel jet impingement on more than single obstacle, the jet distribution depends on the obstacle geometrical configuration but not necessarily on the number of obstacles. As shown in the paper quite similar distribution has been obtained for three and eight obstacles configurations. Presented phenomenological model explains this observation. Still the geometry of the jets after impinging on the first obstacle defines the distribution on other cylinders. There is possible to design such configuration of small obstacles which permit very good charge homogenization in defined space (combustion chamber). Multi-jet structure permits also higher air entrainment comparing to free jet configuration. All these effects promote fast spatial distribution of Diesel jet, and under hot conditions faster vaporization and better mixing with air.

Acknowledgement

The author thanks Mr. Faltermeier who contributed to performing of experimental investigations.

References

- [1] Bai, C., Gosman, A.D. 1995, Development of Methodology for Spray Impingement Simulation, SAE Technical Paper No. 950283.
- [2] Grover, O.R., Jr., Assanis, D.N. 2001, A Spray Wall Impingement Model Based upon Conservation Principles, The Fifth International Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines (COMODIA 2001), July 1-4, 2001, Nagoya.
- [3] Lee, S. and Ryou, H., 2000, Modeling of Spray-Wall Interactions Considering Liquid Film Formation., Proceedings of the Eighth International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Pasadena, CA, pp. 586-593.
- [4] Mundo, C., Sommerfeld, M., and Tropea, C., 1995, Droplet-Wall Collisions: Experimental Studies of the Deformation and Breakup Process., Int. J. Multiphase Flow 21, pp.151-173.
- [5] Senda, J., Kobayashi, M., Iwashita, S., and Fujimoto, H. 1994, Modeling of Diesel Spray Impingement on a Flat Plate., SAE Technical Paper No. 941894.
- [6] Senda, J., Fujimoto, H., Kobayashi, M., Yamamoto, K., Enomoto, Y. 1995, Heat Transfer Characteristics of a Diesel Spray Impinging on a Wall, Translated from Journal of MESJ, Vo1.29, No.10.
- [7] Weclas, M., Faltermeier, R. 2007, Diesel jet impingement on small cylindrical obstacles formixture

homogenization by late injection strateSeite gy, Int. Journal of Engine Research, vol.8, Nr.5, pp.399-413.

[8] Weclas, M. 2006, High velocity CR Diesel jet impingement on to porous structure and its utilization for mixture homogenization in I.C. engines, DITICE Workshop: Drop/wall interaction: Industrial applications, Experiments and Modeling, May, 19th, Bergamo, Italy.

[9] Weclas, M. 2008, Some fundamental observations on the Diesel jet "destruction" and spatial distribution in highly porous structures, Submitted for publication in Journal of Porous Media, vol. 11, No.2, pp.125-145.

[10] Weclas, M., 2005, Porous media in internal combustion engines, [in:] Cellular Ceramics-Structure, Manufacturing, Properties and Applications, Scheffler, M., Colombo, P. (eds), Wiley-VCH-Publ.