Braucht das Auto den Menschen noch?

Grenzen des autonomen Fahrens

30-Jahr-Feier & 4. Innovationsforum InnoMATIK

TIS Technische Informationssysteme

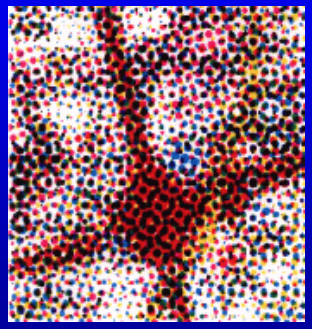
Schermbeck, 18. Mai 2016

Prof. Dr. Michael Schreckenberg

Physik von Transport und Verkehr

Universität Duisburg-Essen

Physik von Transport und Verkehr



Seit 1997 an der Universität Duisburg-Essen

10 Mitarbeiter

Studienrichtung: „Physik von Transport und Verkehr“

Arbeitsgebiete: Analyse, Modellierung, Simulation und Optimierung von Transportsystemen

Physik von Transport und Verkehr

Themen:

- Straßenverkehr
- Schienenverkehr
- Intelligente Transportsysteme
- Verkehrsvorhersagen
- Fußgängerverkehr
- Prognose Wartezeiten Luftverkehr
- Internetverkehr

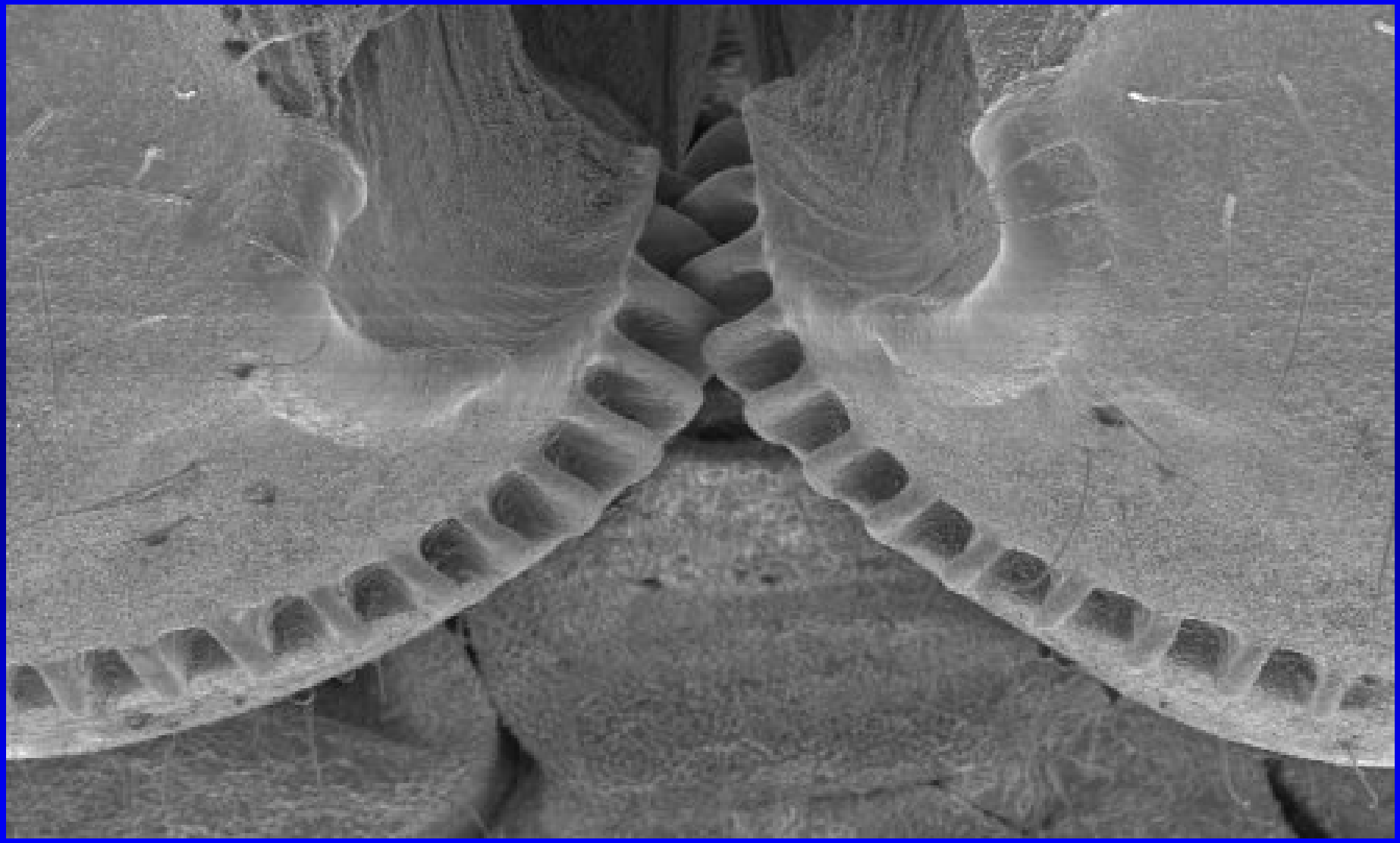
1A B-Ware
ELEKTRO OUTLET
ELEKTRO OUTLET
1A B-Ware
Neueröffnung
JETZT

Fortbewegungsmittel

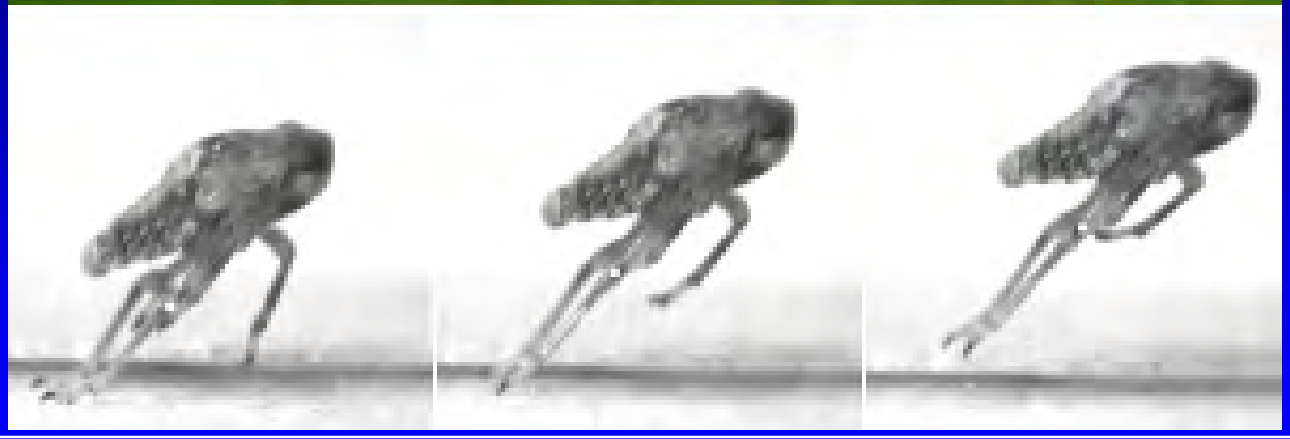
Erstes Fahrrad mit Drahthängespeichen
(England, 1869)

Echte Käferzikade

Issus Coleoptratus

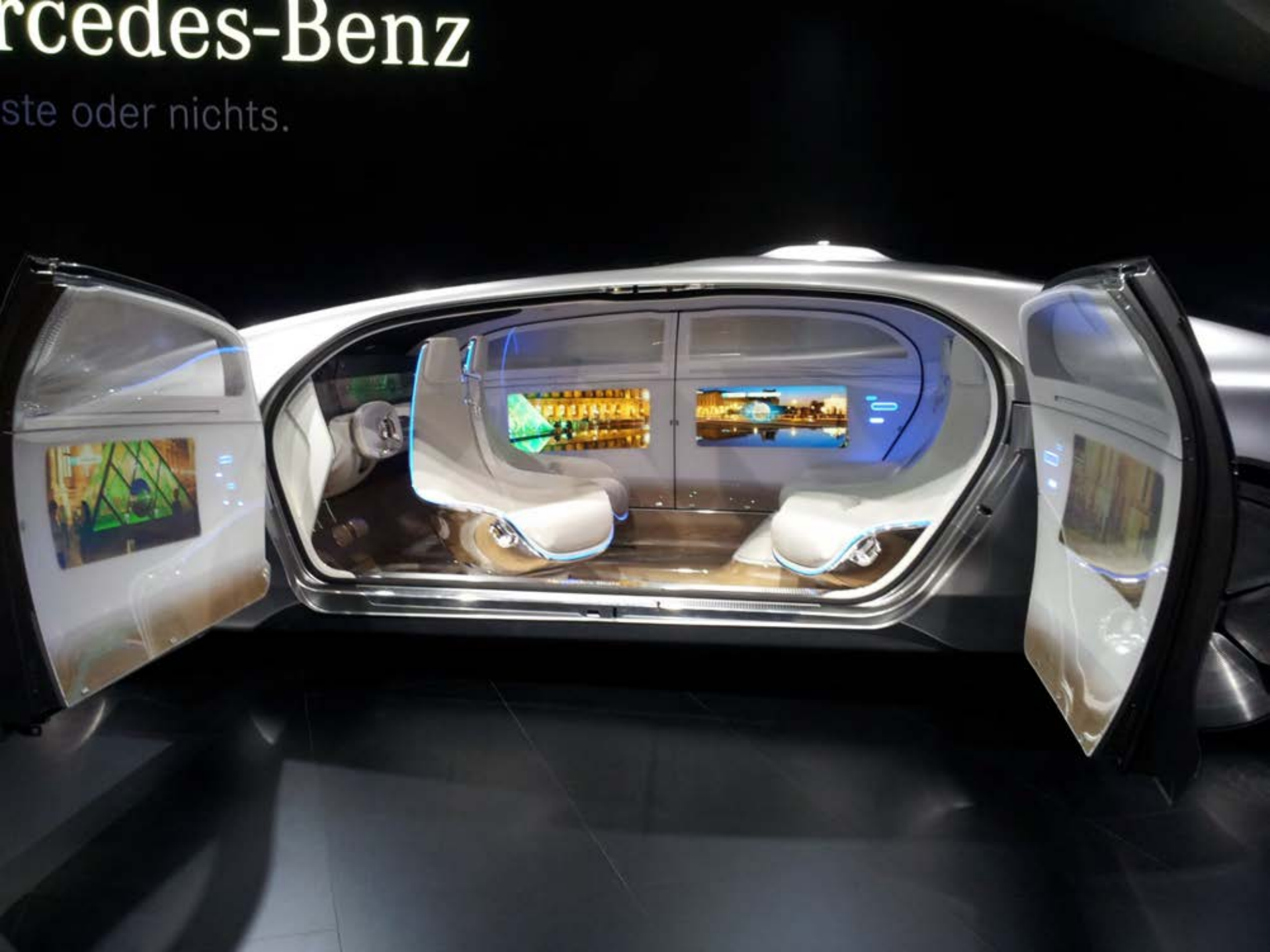


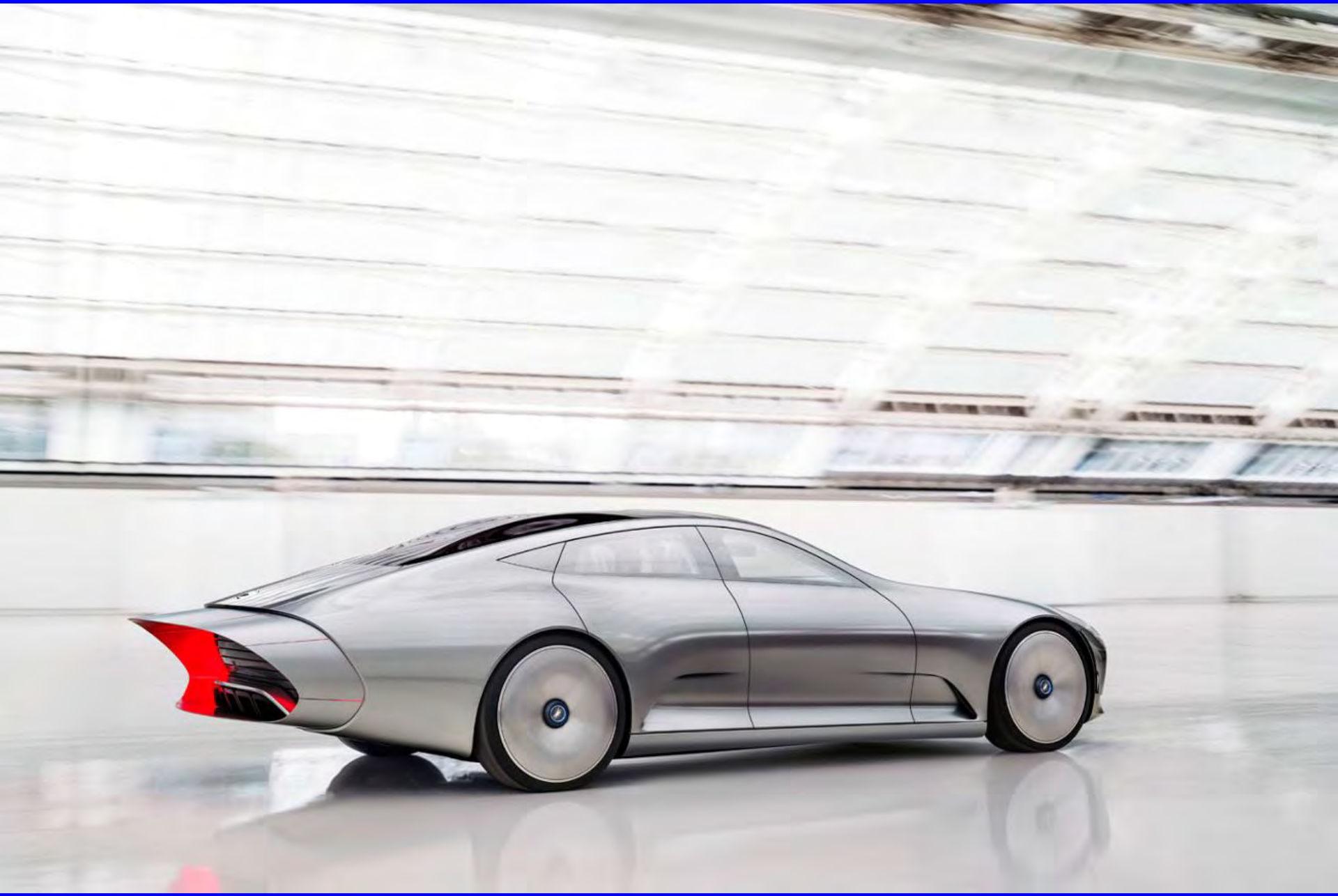
Synchronisation der Beine



Irschenberg

NEW
SPRAY ON
MUD !


rcedes-Benz
ste oder nichts.



ETON
360-degree all-around active
and passive safety protection.
CHANGAN
RAETON

Die „Autobahn“

„Nur-Autostraße“

Später „Autobahn“

BAB-Netz heute:

Länge: 12.950 km

Geplant: >22.000 km

1995: 11.149 km
1975: 5.742 km
1955: 2.187 km
(1935: 108 km)

Rechts oder links?

Kreisverkehre („Magic Roundabout“)

Kreisverkehre („Magic Roundabout“)

Kreisverkehre („Magic Roundabout“)

Arc de Triomphe

Eisbär?

Eisbär!

Winterzauber

CAUTION

Spielplatz
70

Schreckenberg
Gemeinde Ruppichteroth
Rhein-Sieg-Kreis
30

70

70
Bad Aussee
40

70

Auf dem gesamten
Parkplatz

Anlieger
frei
256

174 KM AHEAD

Feuerwehr

Fun
Mansion.com

Tokai TV

A3 Nord vor AK Kaiserberg

Stauto

- Jährliche Gesamtkilometerleistung in Deutschland:

528 000 000 000 km

(= 3.500 x mittlere Entfernung Erde – Sonne!)

- Jährliche Gesamtstunden im Stau

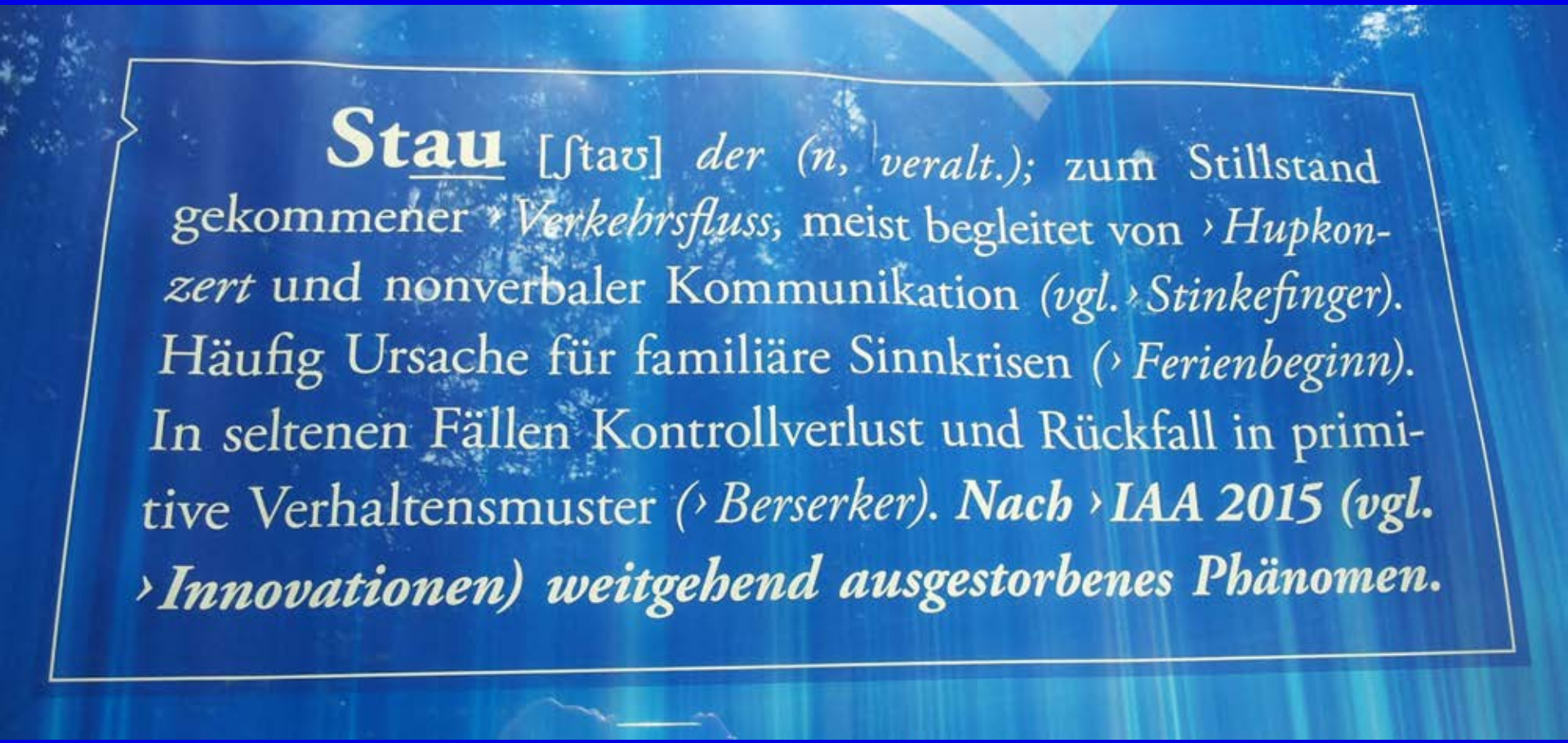
4 700 000 000 h

(ca. 535.000 Jahre, ca. 58 h pro Einwohner und Jahr)

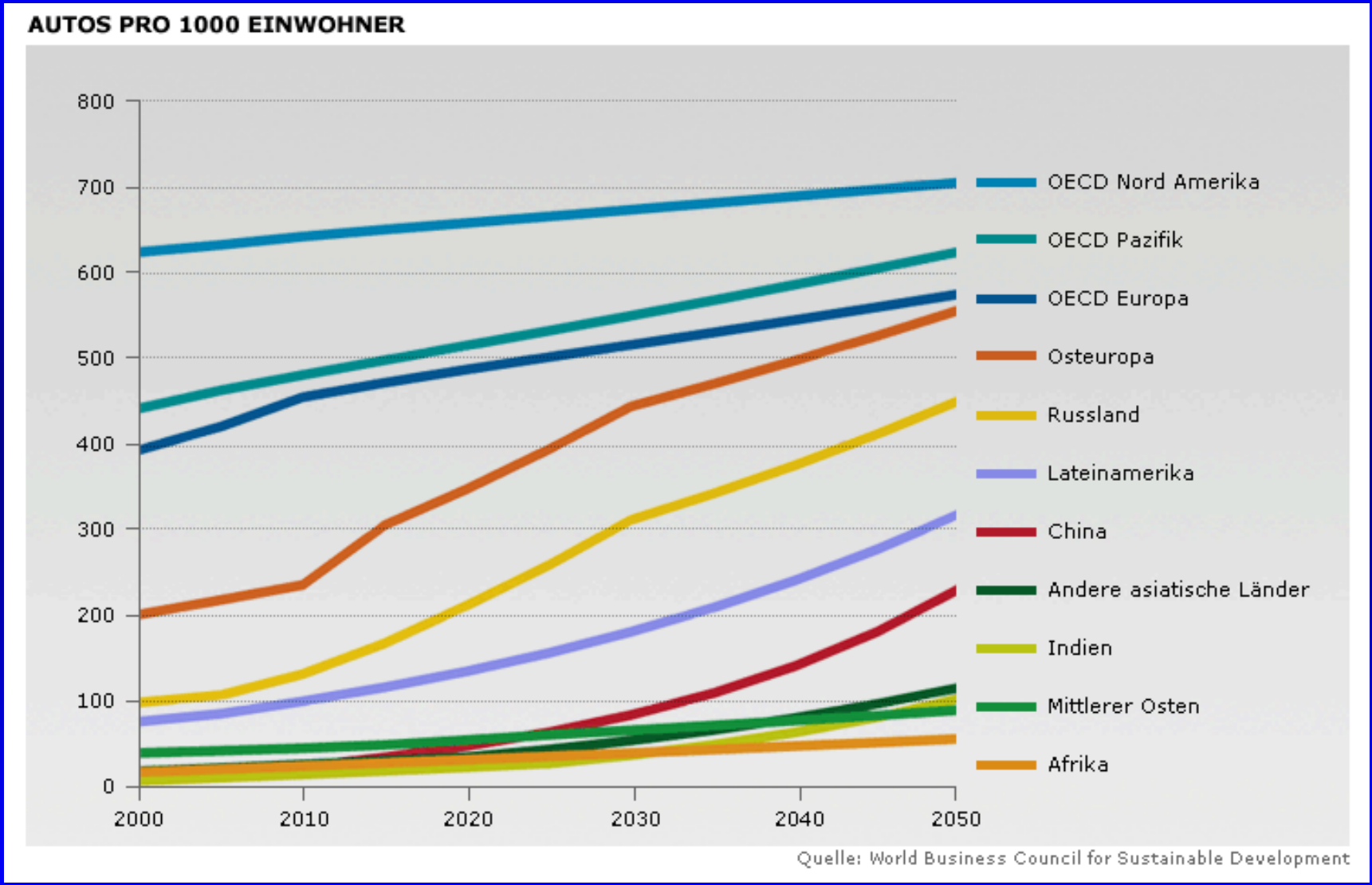
- Gesamtanzahl Fahrzeuge:

53 800 000

(1,53 Einwohner pro Fahrzeug, 82x82m^2/Fahrzeug)


Stau [ʃtaʊ] *der (n, veralt.);* zum Stillstand gekommener ›*Verkehrsfluss*, meist begleitet von ›*Hupkonzert* und nonverbaler Kommunikation *(vgl.* ›*Stinkefinger).* Häufig Ursache für familiäre Sinnkrisen *(*›*Ferienbeginn).* In seltenen Fällen Kontrollverlust und Rückfall in primitive Verhaltensmuster *(*›*Berserker).* ***Nach*** ›***IAA 2015 (vgl.*** ›***Innovationen) weitgehend ausgestorbenes Phänomen.***

Autos pro 1000 Einwohner



Das Energieproblem

- Erdgas (begrenzt)
- Solarmobile (langsam)
- Elektrofahrzeuge (Verluste?)
- Wasser-Diesel (nicht lagerungsstabil)
- Energieträger (!) Wasserstoff (80% Verlust)
- Raps (Monokultur?)
- Methanol (Erdgas)
- Ethanol (Raps, Zuckerrohr/-rüben)
- Menschenkraft

Aspekte

- Automobilhersteller verlieren Identität (überflüssig?, Motorsound, Outsourcing, Mini)
- Imageträger Automobil
- Lithium (Bolivien, China, Russland, Recycling)
- Kosten (Polo, Maut, …)
- Wer glaubt wem? (CO_2 Bilanz stimmt nicht)
- Kennzahlen: Reichweite/Ladezeit/Ladezyklen (Klimaanlage?)
- Stauentstehung („Laden im Stau“, liegen gebliebene Fahrzeuge, „mindestens …km“)

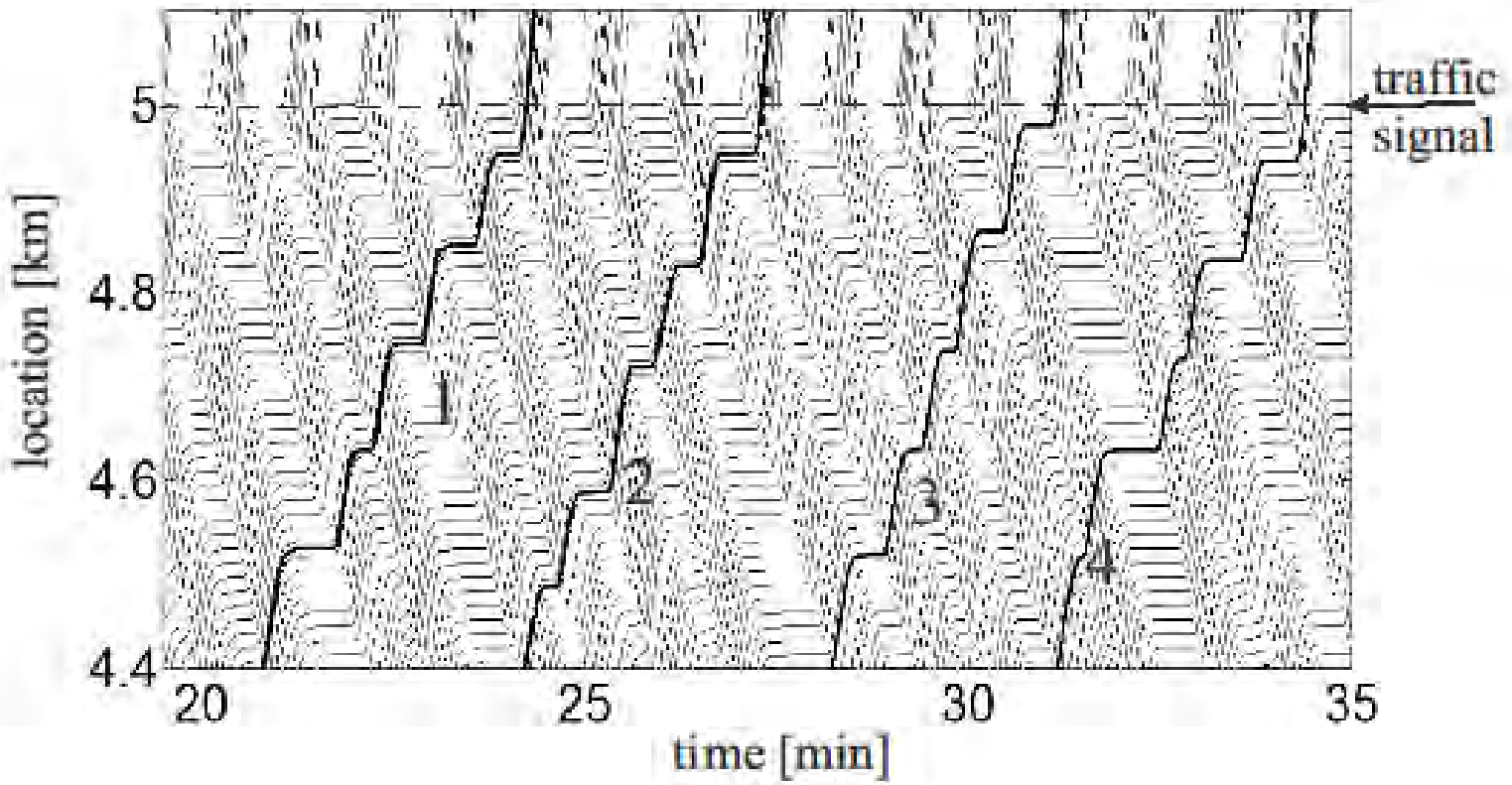
Ford Nucleon (1958)

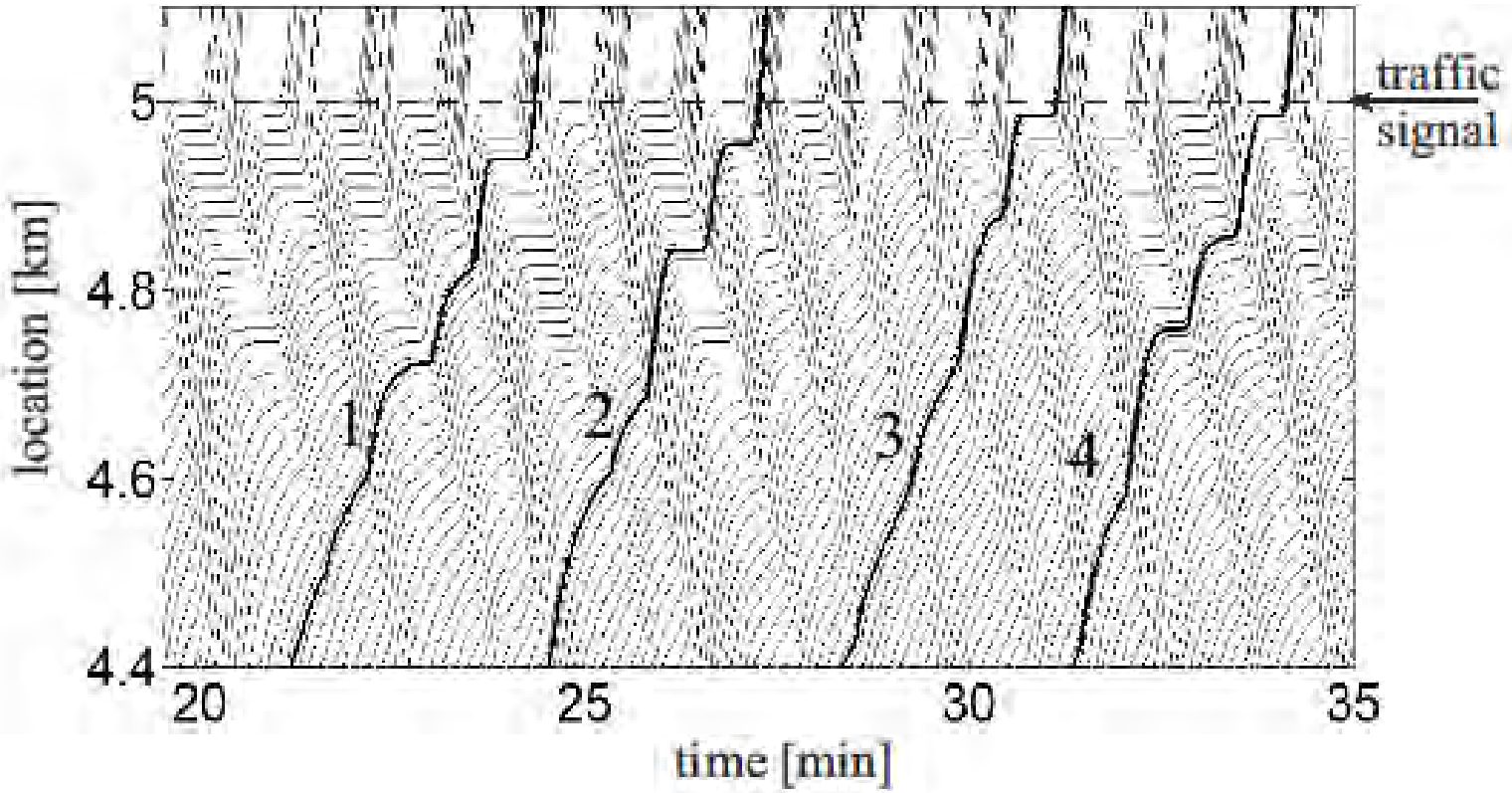
Aeromobil

Terrafugia TF-X

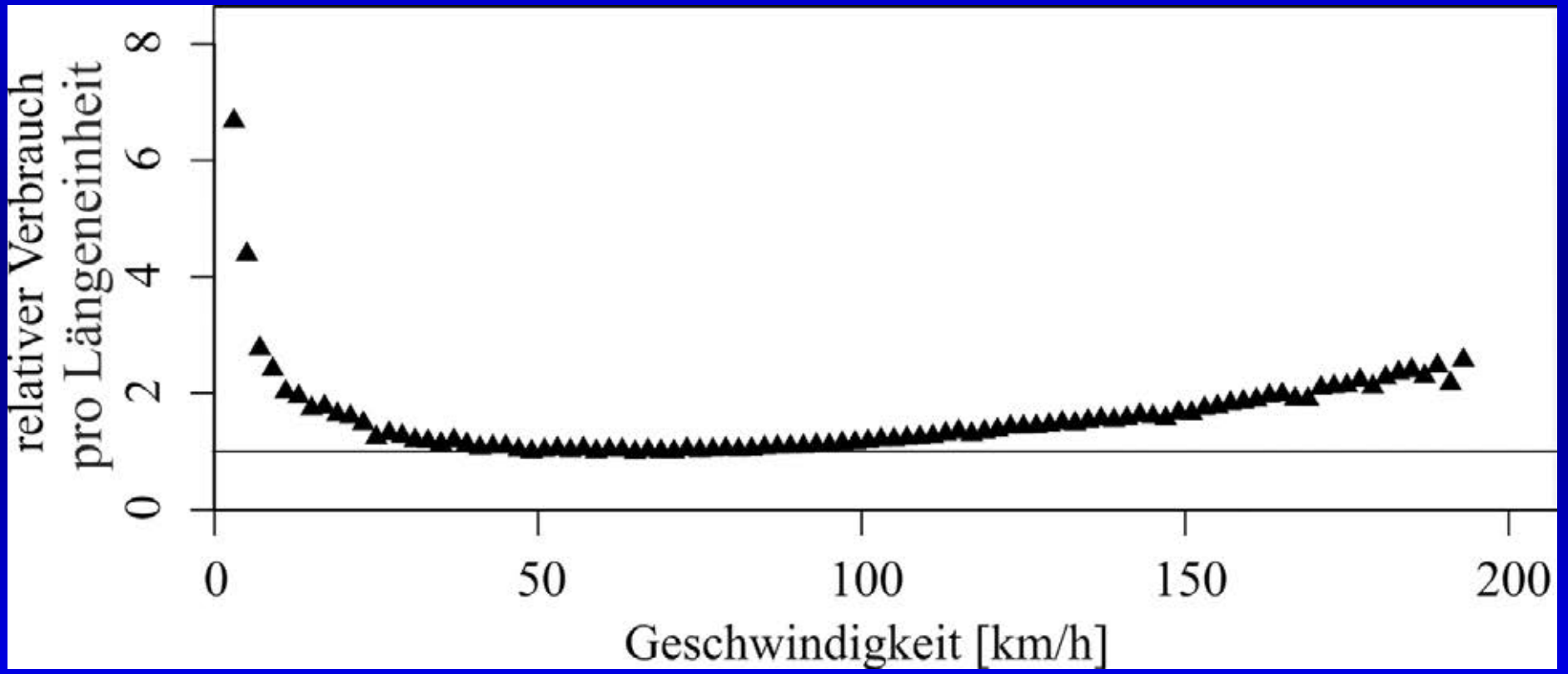
PAL-V

UR:BAN


location [km]
5
4.8
4.6
4.4
20
25
30
35
time [min]
traffic
signal
1
2
3
4


traffic
signal
location [km]
5
4.8
4.6
4.4
1
2
3
4
20
25
30
35
time [min]

Tempo 30


relativer Verbrauch
pro Längeneinheit
0
2
4
6
8
0
50
100
150
200
Geschwindigkeit [km/h]

Assistenzsysteme

- Spurhalteassistent
- Spurwechselassistent
- Notbremsassistent
- Lichtassistent
- Abstandsregler
- Verkehrszeichenassistent
- Nachtsichtassistent
- Einparkassistent
- Müdigkeitswarner

Lotterie des Sterbens

Verkehr Bei selbstfahrenden Autos entscheidet der Rechner über Leben und Tod. Darf er notfalls auch die Insassen opfern? Über die Abgründe einer neuen Maschinenethik.

Eines Tages wird es geschehen, so oder ähnlich: Ein selbstfahrendes Auto saust übers Land, der Computer lenkt. Der Fahrer hat es gemütlich, er liest Zeitung. Da hüpfen drei Kinder auf die Straße, links und rechts stehen Bäume.

In diesem Augenblick muss der Computer entscheiden. Wird er das Richtige tun? Drei Menschenleben hängen davon ab.

Nein, vier.

Der Computer könnte ja auch zu dem Schluss kommen, es sei unter diesen Umständen am besten, den Fahrer zu opfern. Dann setzt er den Wagen an den Baum.

Und warum auch nicht? Sollen lieber drei Kinder sterben?

Kein schönes Ende für unseren Fahrer. Die Visionäre vom selbstfahrenden Auto dagegen machen es sich leicht: Der Mensch rollt entspannt dahin, sagen sie, bequem und sicher wie in der Eisenbahn. Aber es wird immer Unfälle geben, die nicht zu vermeiden sind: Kinder aus dem Nichts, jäh kreuzende Motorradfahrer oder ein schleudernder Bruchpilot auf der Gegenspur.

Was dann?

Bis der Mensch aus der Zeitung auftaucht und die Lage peilt, ist es zu spät. Die Maschine allein muss in so einem Szenario ausrechnen, was zu tun ist; sie ist hoffentlich darauf programmiert, den Schaden möglichst gering zu halten. Das heißt aber auch: Damit urteilt sie über Leib und Leben der Beteiligten.

Ob die Gesellschaft das erträgt? Die Frage stellt sich eher früher als später.

Erstaunlich schnell kam die Technik vo-

schehen ringsum. Sollte er das Steuer übernehmen, dürfte die Zahl der Unfälle stark sinken. Dafür wird es andere Unfälle geben, neuartige und verstörende.

Denn künftig wird so manches Opfer vorher ausgesucht. Das Auto wählt, wen es verletzt und wen es verschont – im Grenzfall auch: wer weiterleben darf und wer nicht. Dagegen nimmt sich der gute alte Verkehrsunfall fast gemütlich aus.

Ein menschlicher Fahrer hat kaum eine Wahl, wenn es passiert: Er steigt in die Bremse, reißt das Steuer herum, lenkt hierhin oder dorthin, streift Passanten, kracht in ein anderes Auto oder gegen einen Baum. Egal, was er tut: Wer wollte ihn für die Reflexe einer Schrecksekunde haftbar machen? Selbst wenn der Unglücksfahrer sieben Fußgänger an der Ampel überrollt, weil er einem Kind ausweichen wollte, das ihm vor die Stoßstange lief: Schicksal!

Niemand trifft überlegte Entscheidungen im Augenblick höchster Not. Da walten nur noch die uralten Paniksysteme eines Lebewesens, das sich retten will.

Ganz anders der Computer. Er kennt kein Entsetzen, er bleibt kalt und jederzeit zurechnungsfähig. Im Nu analysiert er die Lage, tausendmal schneller als der Mensch. Er lenkt zudem ein Auto, das vollgepackt ist mit Sensoren und optischen Abstandsmessern. Kameras sorgen für stete Rundumsicht. Bald kann er, mittels Gesichtserkennung, womöglich auch Alter und Geschlecht der Unfallbeteiligten einschätzen.

Es ist, als könnte ein Fahrer mitten im

Künstliche Intelligenz

Roboter vor Gericht

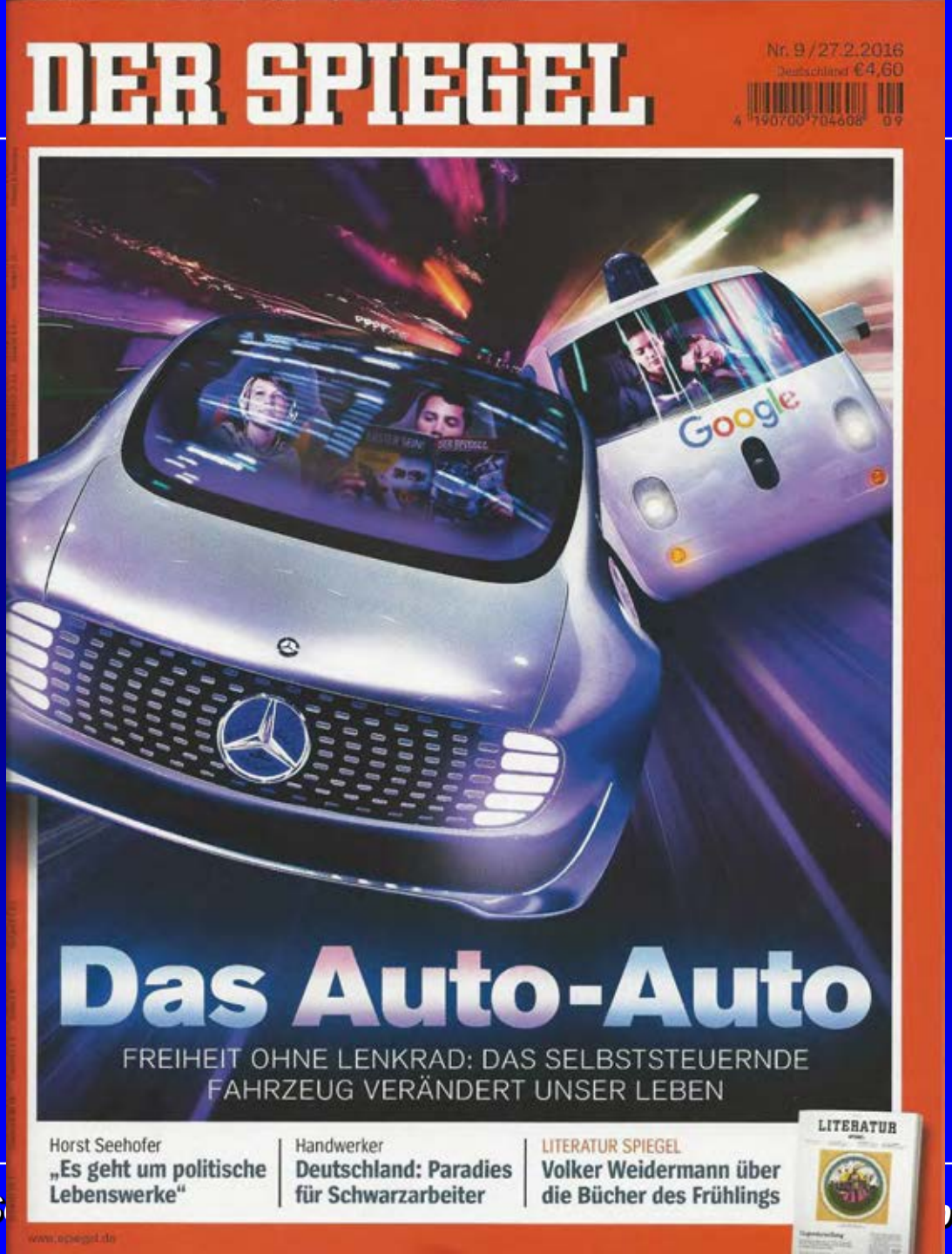
Maschinen werden selbstständiger und lernen dazu. Aber wer haftet künftig, wenn sie Mist bauen?

Von **Marcus Rohwetter**

14. Februar 2016 / DIE ZEIT Nr. 7/2016, 11. Februar 2016 / 73 Kommentare

Wer trägt die Verantwortung für Schäden, die Roboter anrichten? © Andreas Solaro/AFP/Getty Images

Im Namen des Volkes: Das autonome Fahrzeug Robocar 4.1 wird der fahrlässigen Körperverletzung für schuldig befunden. Aufgrund eines fehlerhaften Karten-Updates seiner Navigationssoftware war es am 1. April 2036 in falscher Richtung in eine Einbahnstraße eingebogen, wodurch die Kollision mit einem entgegenkommenden Oldtimer nicht mehr vermieden werden konnte. Dessen menschlicher Fahrer wurde dabei verletzt. Dem


DER SPIEGEL
Nr. 9 / 27.2.2016
Deutschland €4,60
Google
Das Auto-Auto
FREIHEIT OHNE LENKRAD: DAS SELBSTSTEUERNDE FAHRZEUG VERÄNDERT UNSER LEBEN
Horst Seehofer
„Es geht um politische Lebenswerke“
Handwerker
Deutschland: Paradies für Schwarzarbeiter
LITERATUR SPIEGEL
Volker Weidermann über die Bücher des Frühlings
LITERATUR

MARCH 7, 2016
TIME
No traffic.
No accidents.
No deaths.
All you have to do is give up your right to drive.
By Matt Vella
time.com

S 500 INTELLIGENT DRIVE

Stadtpilot
BS HC 959

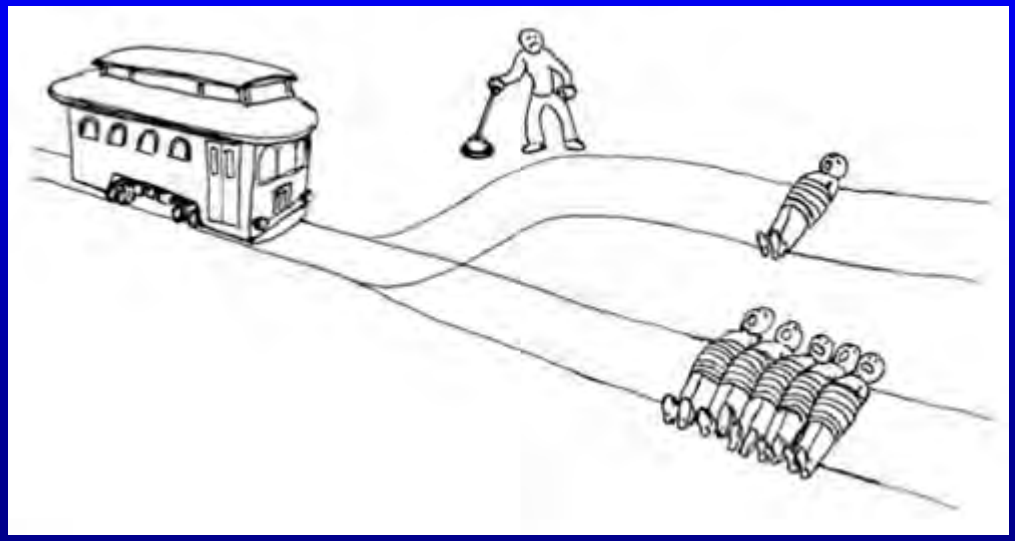
Fahrzeugregeln nach Asimow

1. **Ein autonomes Fahrzeug darf nicht mit einem Fußgänger oder Radfahrer zusammenstoßen.**

2. **Ein autonomes Fahrzeug darf nicht mit einem anderen Fahrzeug zusammenstoßen, es sei denn, die Vermeidung so einer Kollision führt zu einer Verletzung der Ersten Regel.**

3. **Ein autonomes Fahrzeug darf mit keinem anderen Objekt in seiner Umgebung zusammenstoßen, es sei denn, die Vermeidung einer solchen Kollision führt zu einer Verletzung der Ersten oder Zweiten Regel.**

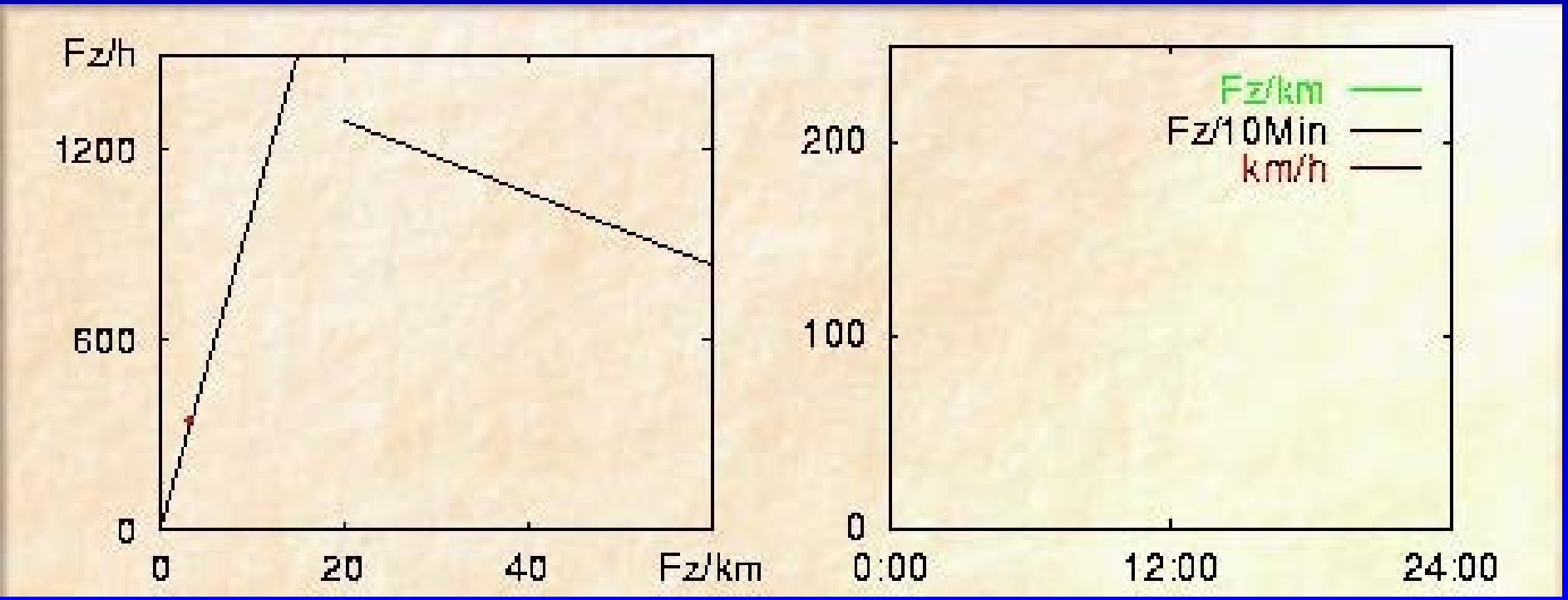
Trolley-Problem „Dicker Mann“



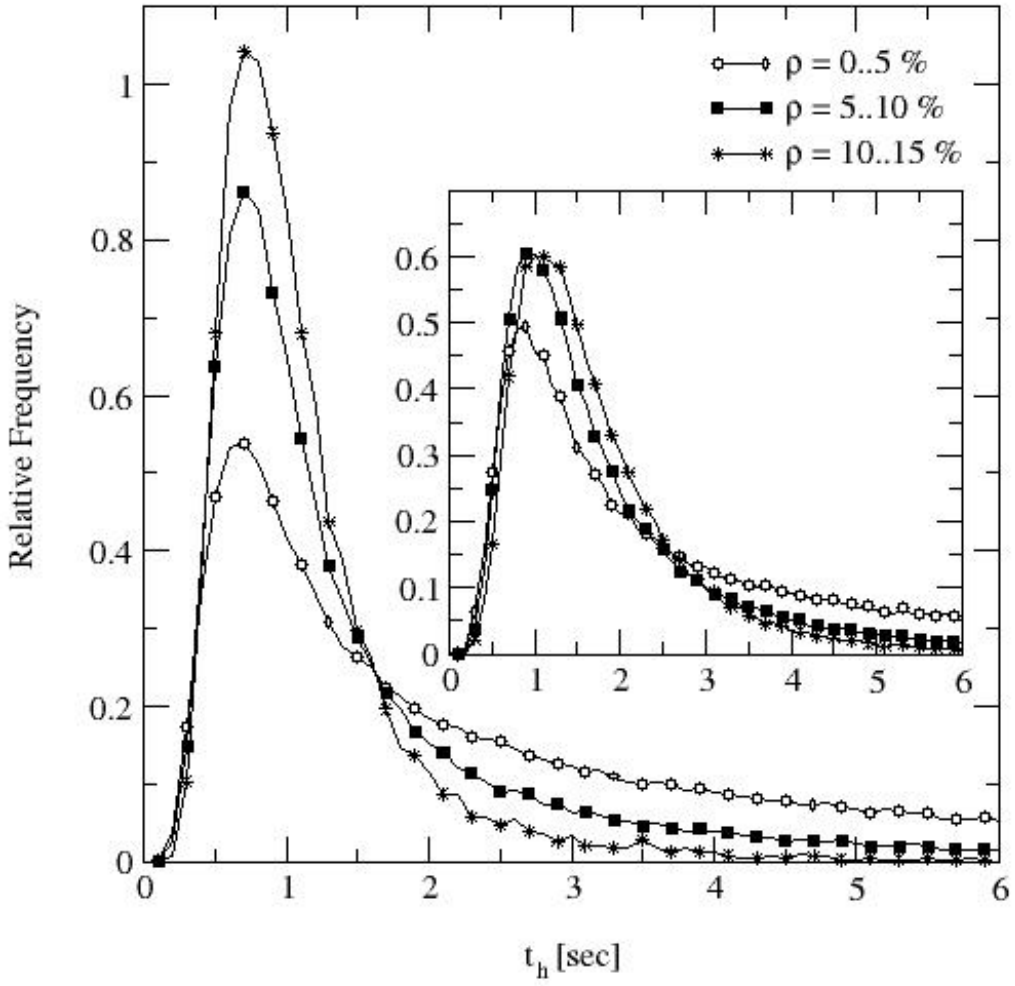
- **Konsequentialismus (Utilitarismus, Ergebnis zählt!)**
- **Deontologismus (Tat zählt!)**

- **Ausweichverhalten als Zielalgorithmus**

Dynamisiertes Fundamentaldiagramm



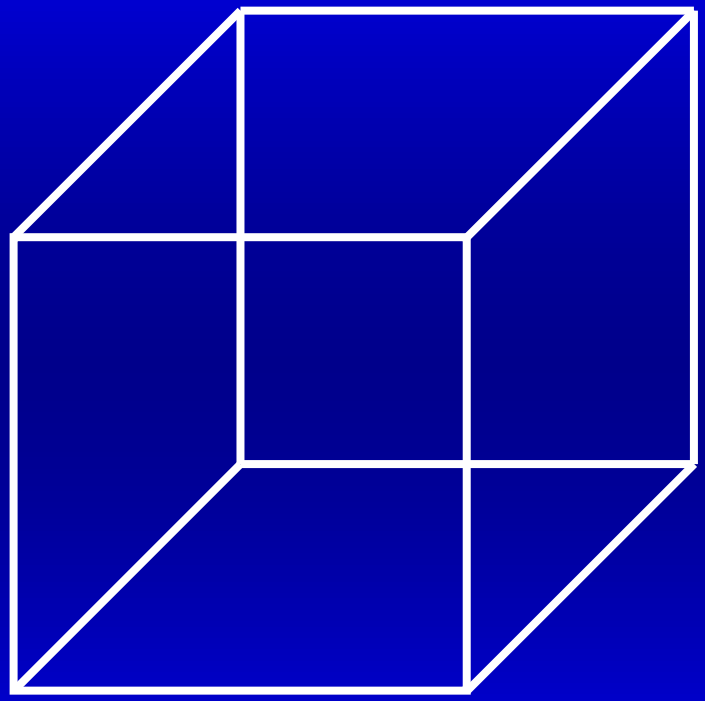
Zeitlücken


ρ = 0..5 %
ρ = 5..10 %
ρ = 10..15 %
Relative Frequency
t_h [sec]
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
0
1
2
3
4
5
6
0.1
0.3
0.5

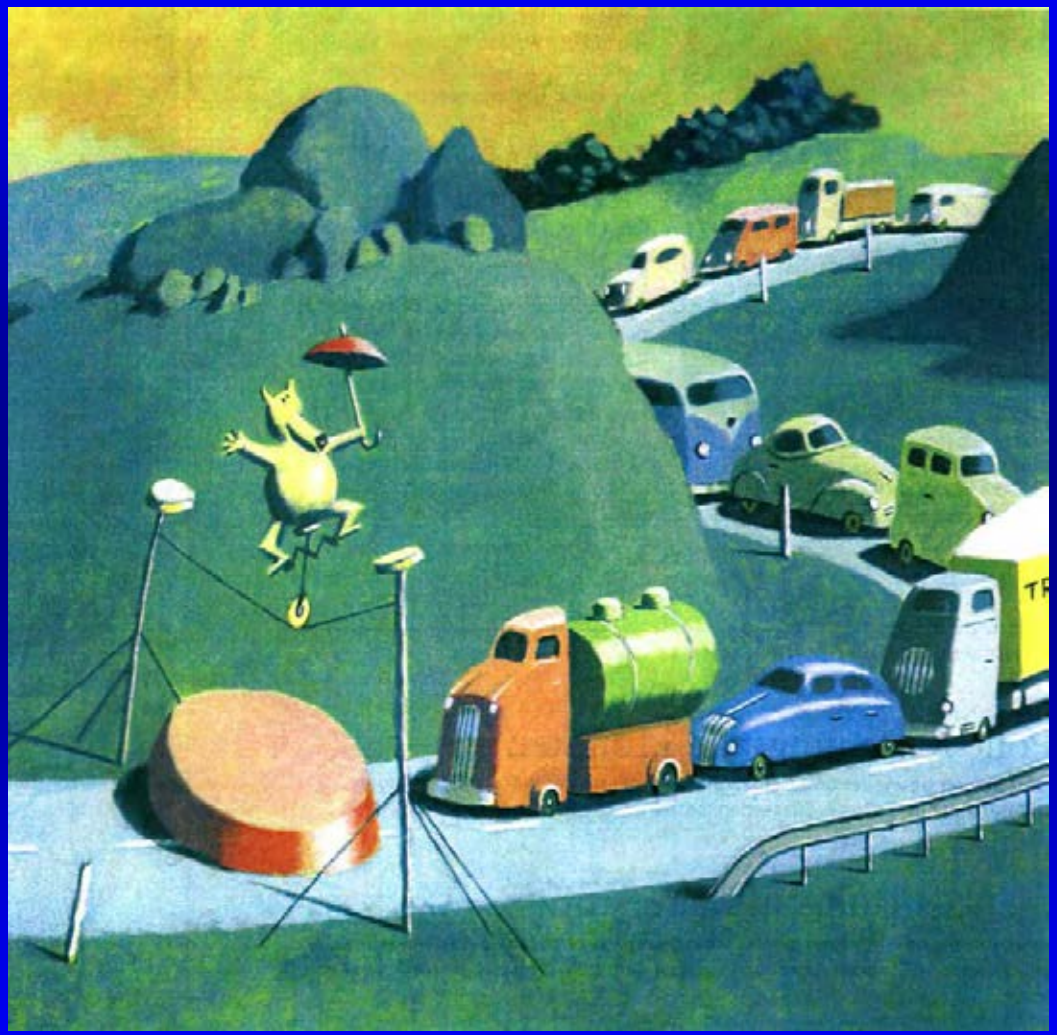
Zeiten im Verkehr

- Sicherheitsabstand („halber Tacho“): 1,8 sec
- Reaktionszeit: 1 sec (bis zu 3 sec)
(„Applaus-Synchronisation“)
- Anfahrverzögerung („Capacity-Drop-Phänomen“): ~ 2 sec
- Menschliches Integrations-Vermögen: 3 - 4,5 sec
(„Wie lange dauert die Gegenwart?“)
- „Simple Heuristics“ (Straßenüberquerung 1 h)
- Restgeschwindigkeit 50/70 km/h (30 km/h?)
- Wahrnehmung von Überholvorgängen (2/3, 1/3)

Neckerscher Würfel

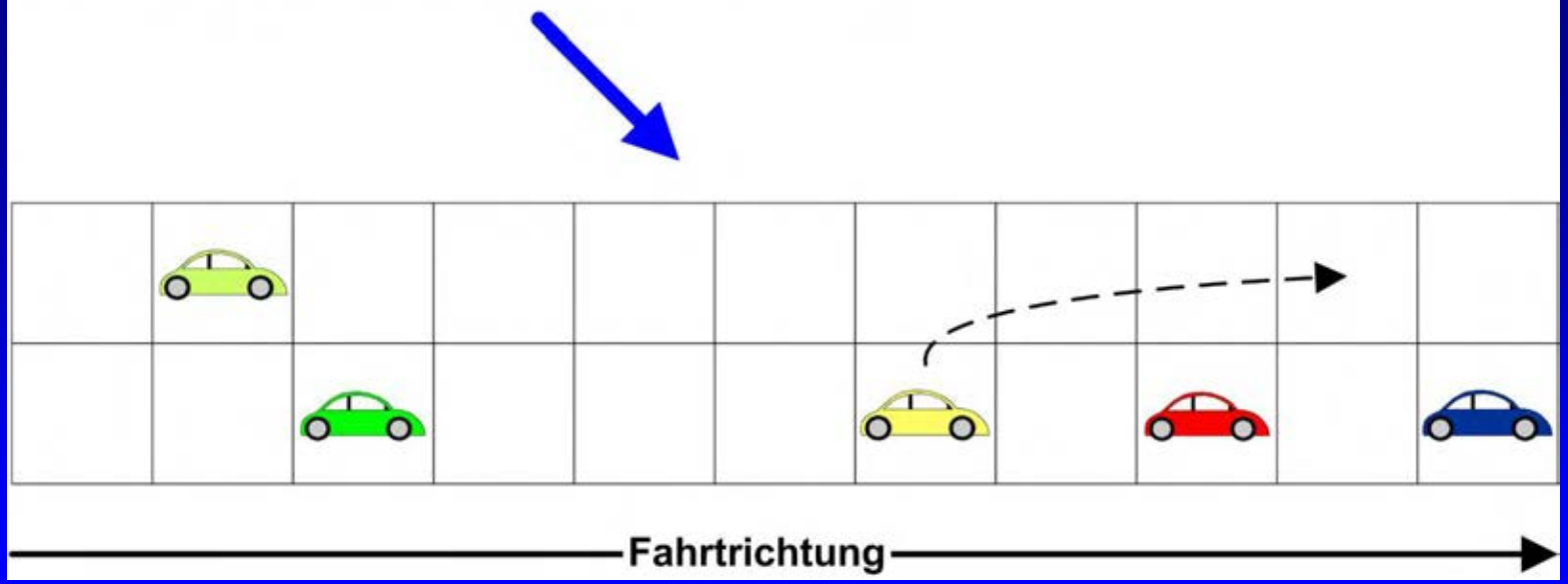


Der Stau aus dem Nichts

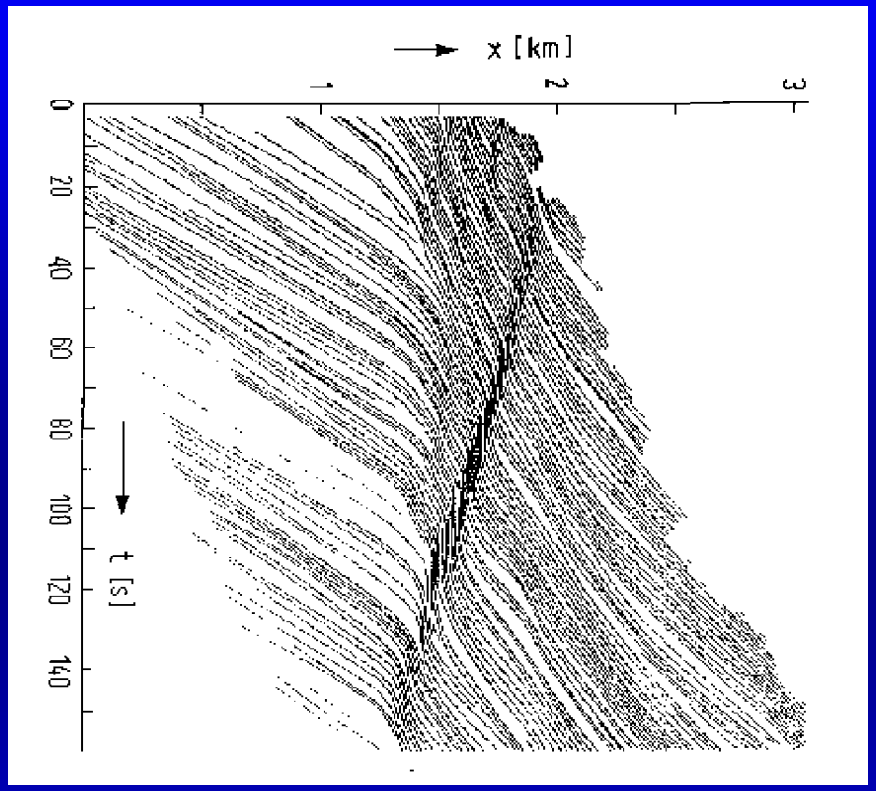


Der gefürchtete „Stau aus dem Nichts“ findet zuweilen doch eine erstaunlich simple Erklärung

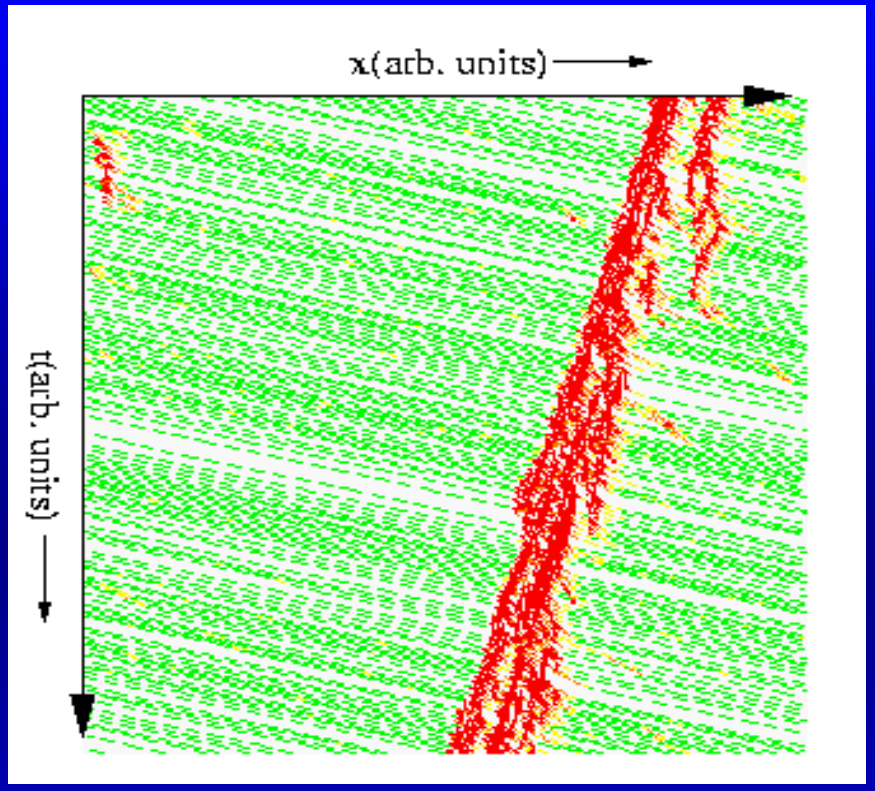
Bernd Pfarr (Die Zeit)


Fahrtrichtung

Beispiel spontaner Staubildung



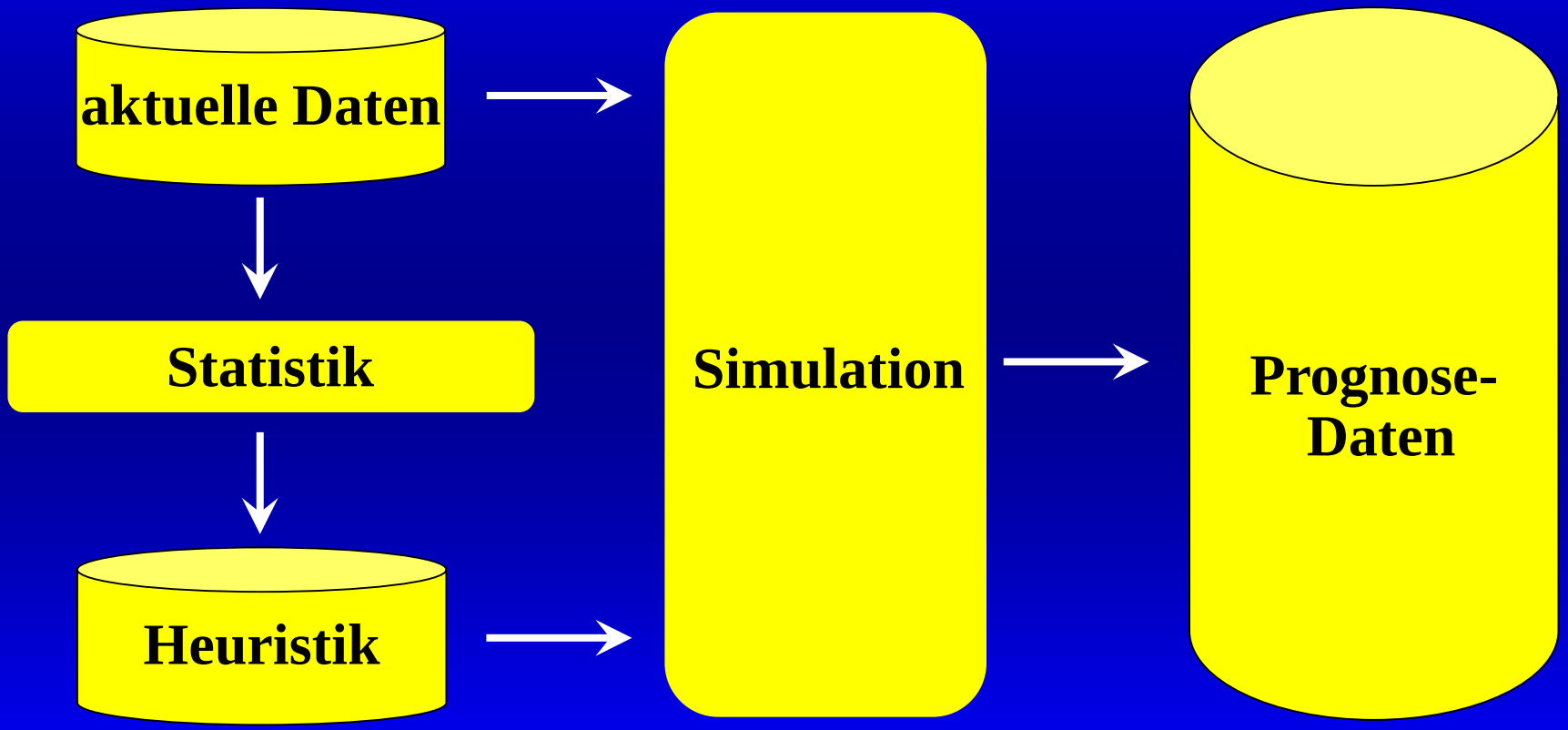
Luftbildanalyse
(Treiterer 1965)



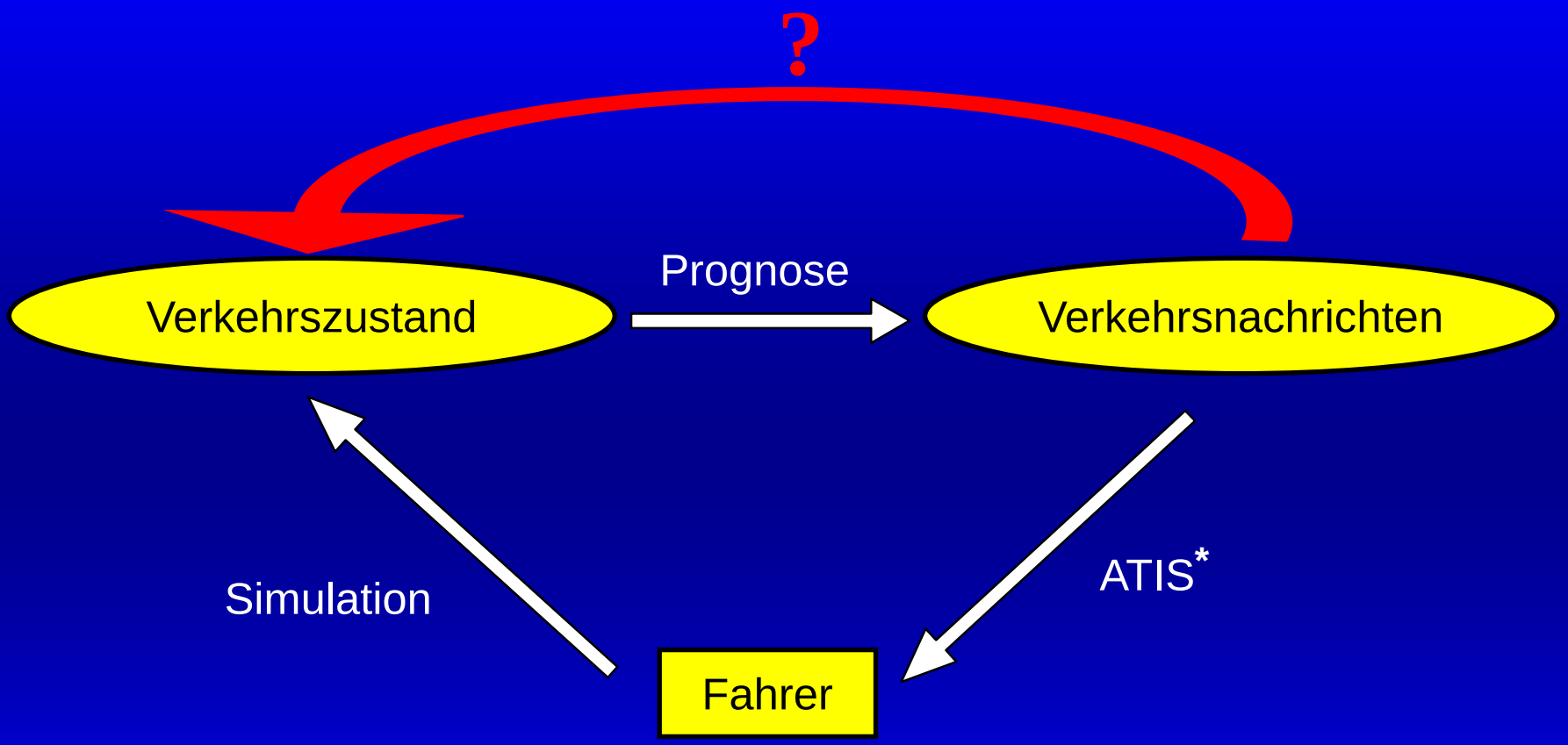
Simulation

Verkehrsprognose

aktuelle + historische => prognostizierte Daten



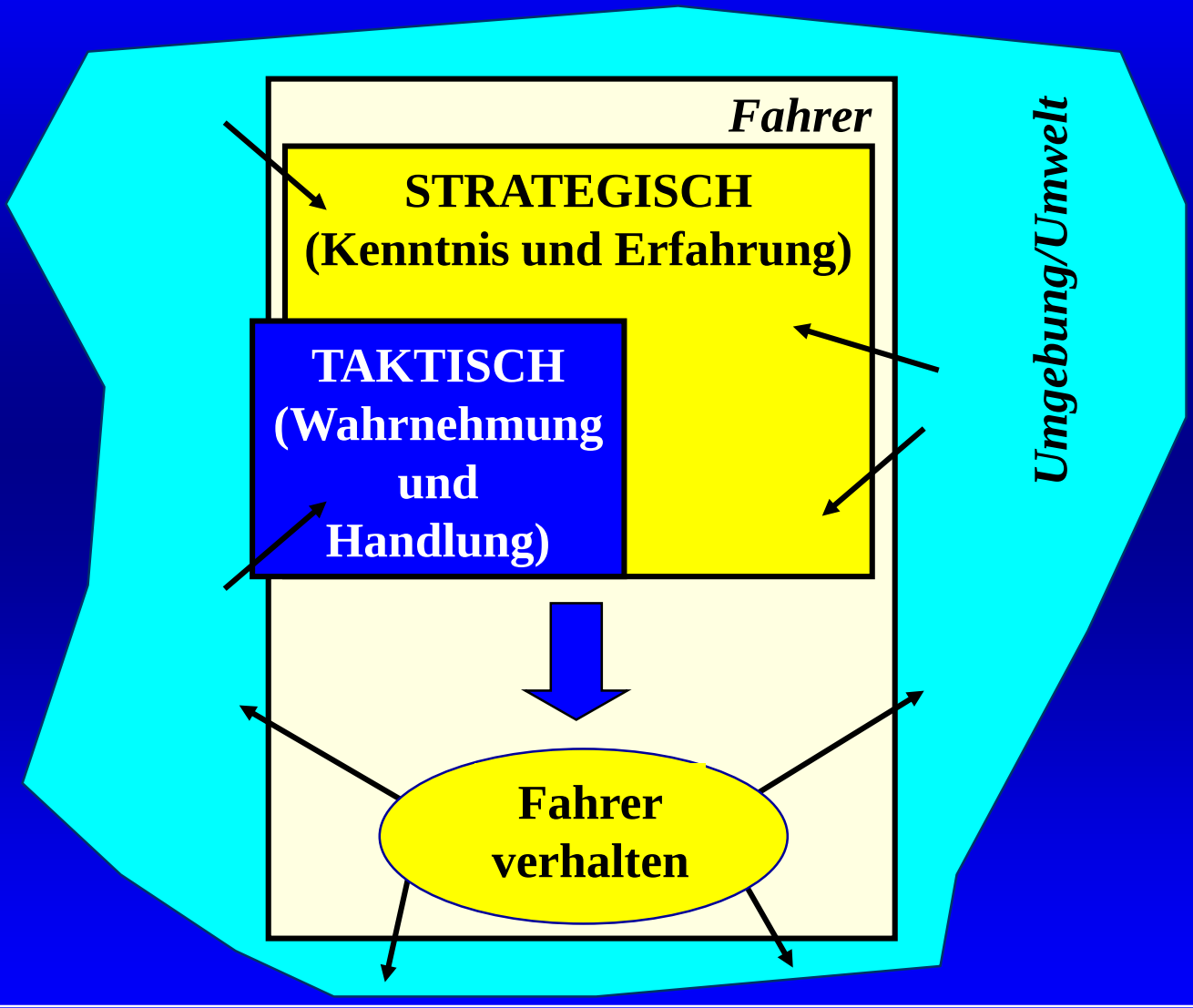
Antizipatorische Verkehrsvorhersage



Verkehr: nicht kooperatives Phänomen

*Advanced Traveler Information Systems

Fahrer-Modell



Experimentelle Untersuchungen

Quelle: http://www.elfe.wiwi.uni-due.de/

Wie beeinflusst die Entscheidung der Mitspieler die eigene Streckenwahl?

Teilnehmer auf der Mautstrecke:	0
Teilnehmer auf der Strecke ohne Maut:	4

Sie haben die Strecke ohne Maut gewählt.

Wollen Sie diese Wahl beibehalten?

Wähle andere Strecke

Wahl beibehalten

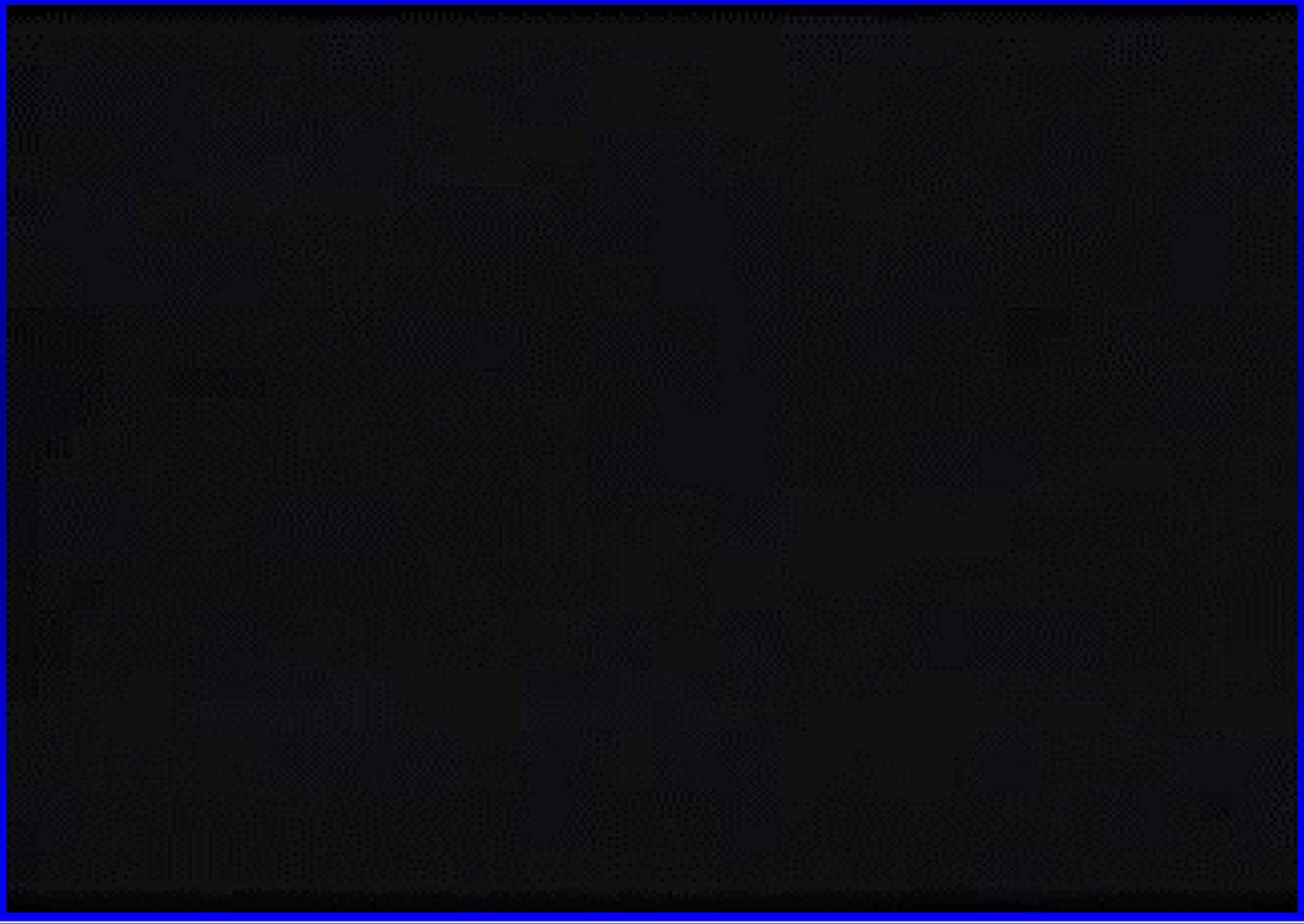
Ergebnisse der letzten Runden

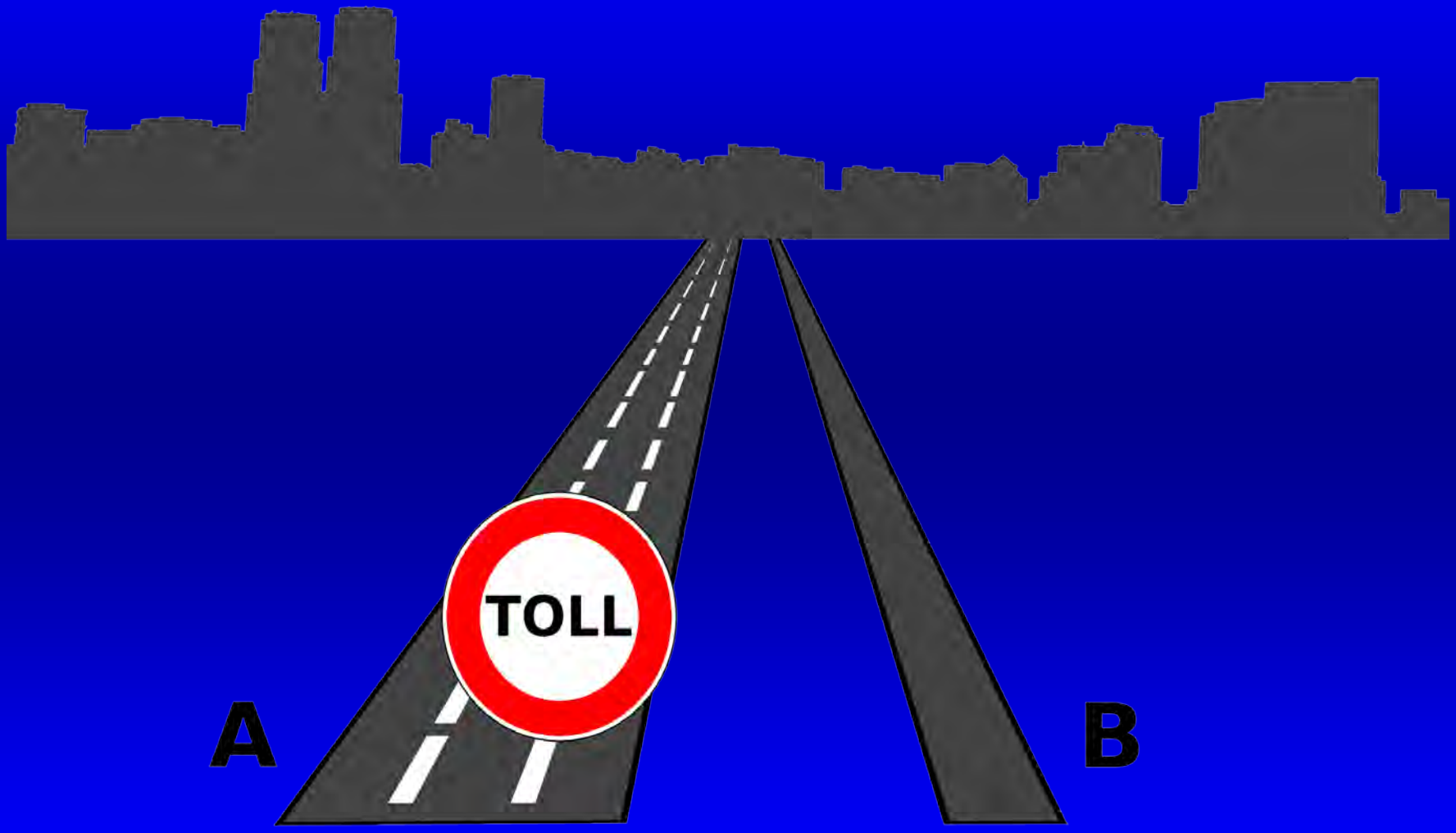
Kosten	Teilnehmer auf Strecke ohne Maut
20	2

Reaktion auf Verkehrsnachrichten

Ergebnisse

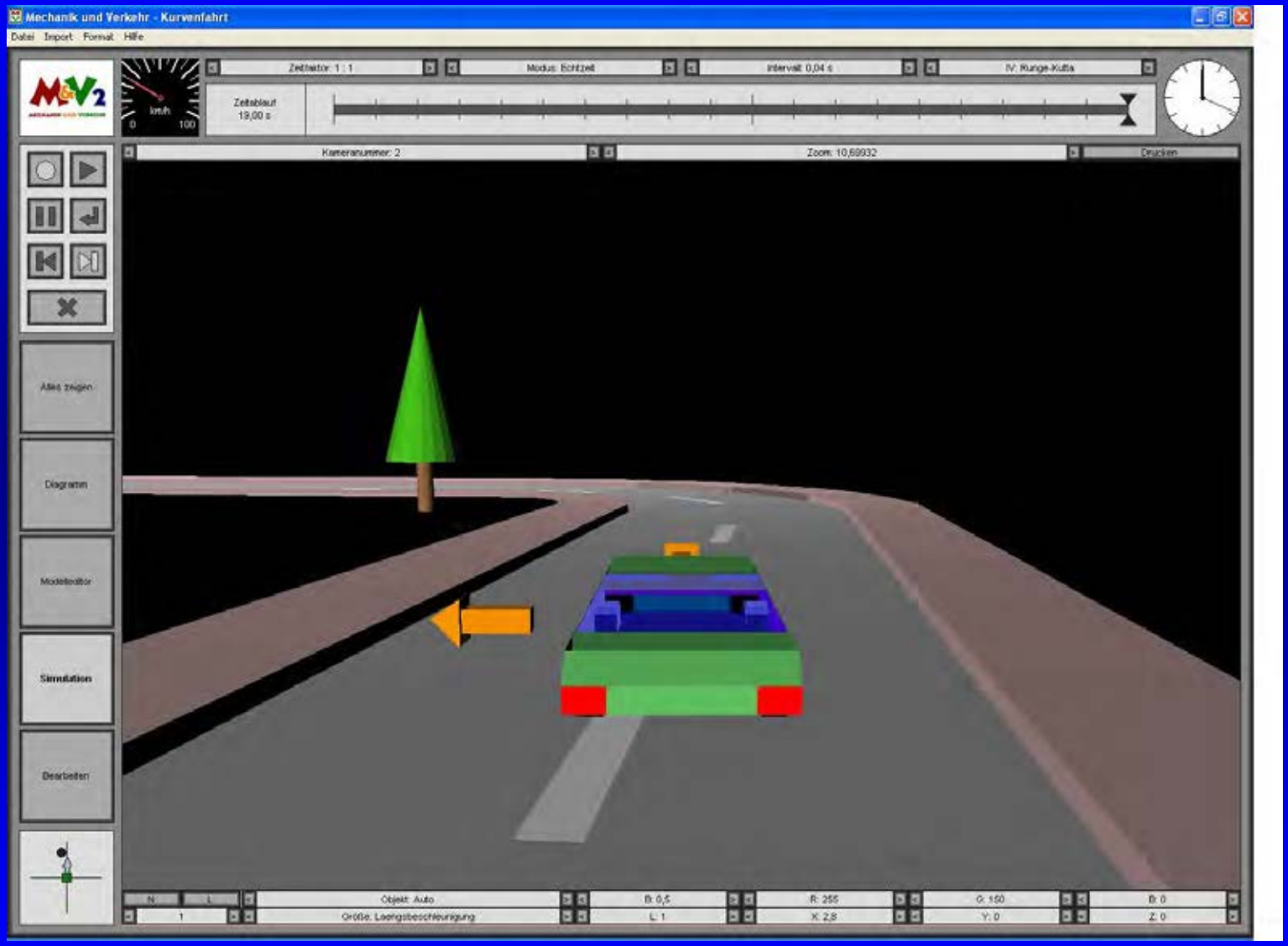
1. Mittlere Anzahl der Spieler auf der Haupt- und Nebenstrecke liegen nahe am Gleichgewicht.
2. Fluktuationen bleiben in beiden Experimenten bis zum Ende.
3. Fluktuationen sind signifikant geringer in Experiment II .
4. Die Gesamtanzahl der Streckenwechsel ist signifikant größer in Experiment I.
5. Drei Typen können klassifiziert werden: direkt („Sensibler“, 44%), gegenläufig („Taktierer“, 14%) und konservativ („Unsensibel“, 40,5% und „Stoiker“, 1,5%).
6. Anzahl der Streckenwechsel und ihre Gesamtauszahlungen sind in allen Beobachtungen negativ korreliert.



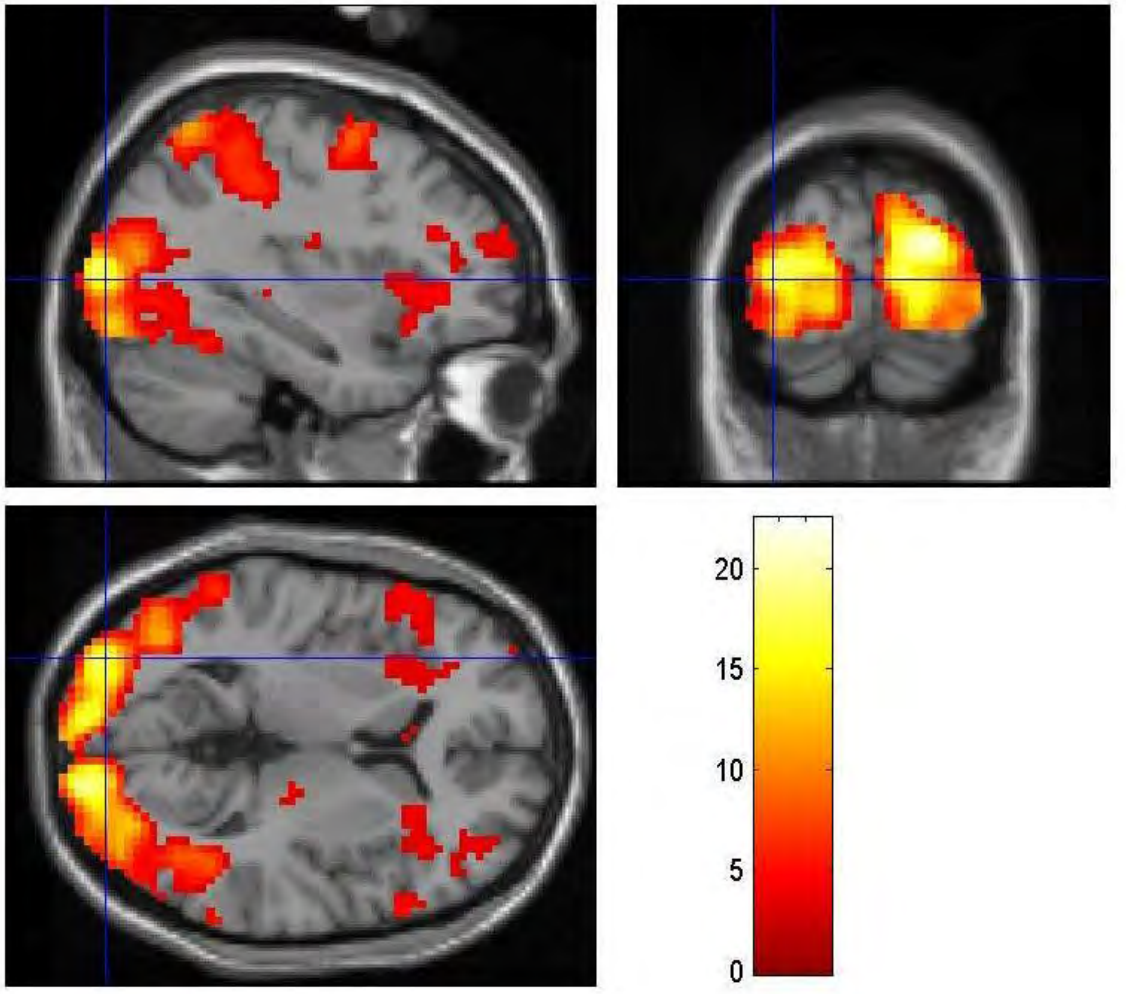

TOLL
A
B

fMRT

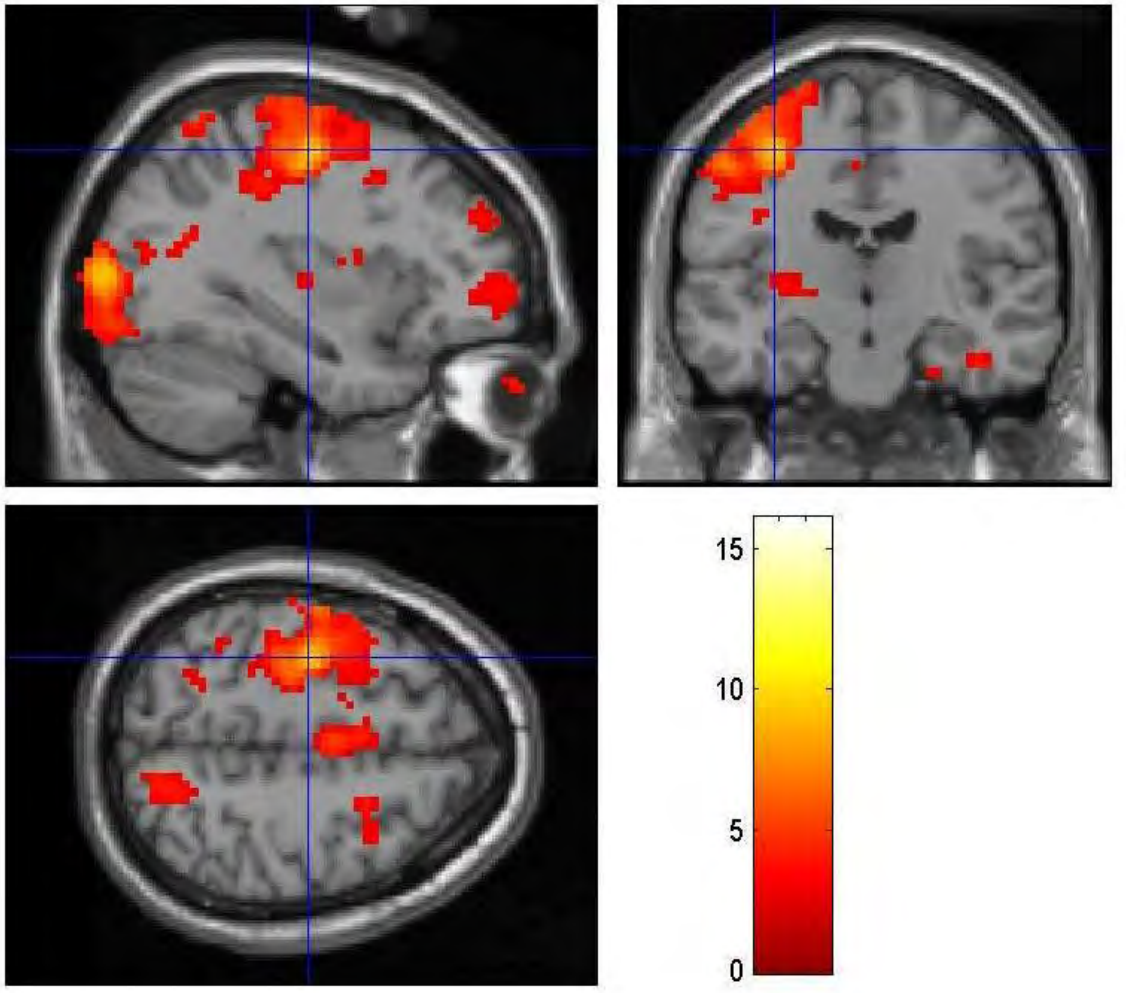
Simulation


Mechanik und Verkehr - Kurvenfahrt
Datei Import Format Hilfe
Zeitraffer: 1 : 1
Modus: Echtzeit
Intervall: 0,04 s
IV: Runge-Kutta
Zeitablauf
19,00 s
Kameranummer: 2
Zoom: 10,68932
Drucken
Ablauf zeigen
Diagramm
Modelleditor
Simulation
Bearbeiten
Objekt: Auto
Größe: Längsbeschleunigung

Sehen



Fahren



Bildung und Unfälle (Disziplinierung?)

Bildung	Rowdies	Normal	Vorbild
• Niedrig:	43%	36%	18%
• Mittel:	19%	43%	61%
• Hoch:	38%	21%	21%

Quelle: www.auto.de

Simpson Paradoxon: Straftaten

	Einheimische	Zuwanderer
Vorstadt	50.000 (50)	50.000 (50)
Speckgürtel	90.000 (9)	10.000 (1)
Gesamt	140.000 (59)	60.000 (51)
	0,42/t	0,85/t

Fehlschluss: Zuwanderer sind krimineller!

Simpson Paradoxon: Straftaten

	Einheimische	Zuwanderer
Vorstadt	50.000 (50)	50.000 (40)
Speckgürtel	90.000 (18)	10.000 (1)
Gesamt	140.000 (68)	60.000 (41)
	0,49/t	0,68/t

Fehlschluss: Zuwanderer immer noch krimineller!

Simpson Paradoxon: Unfälle

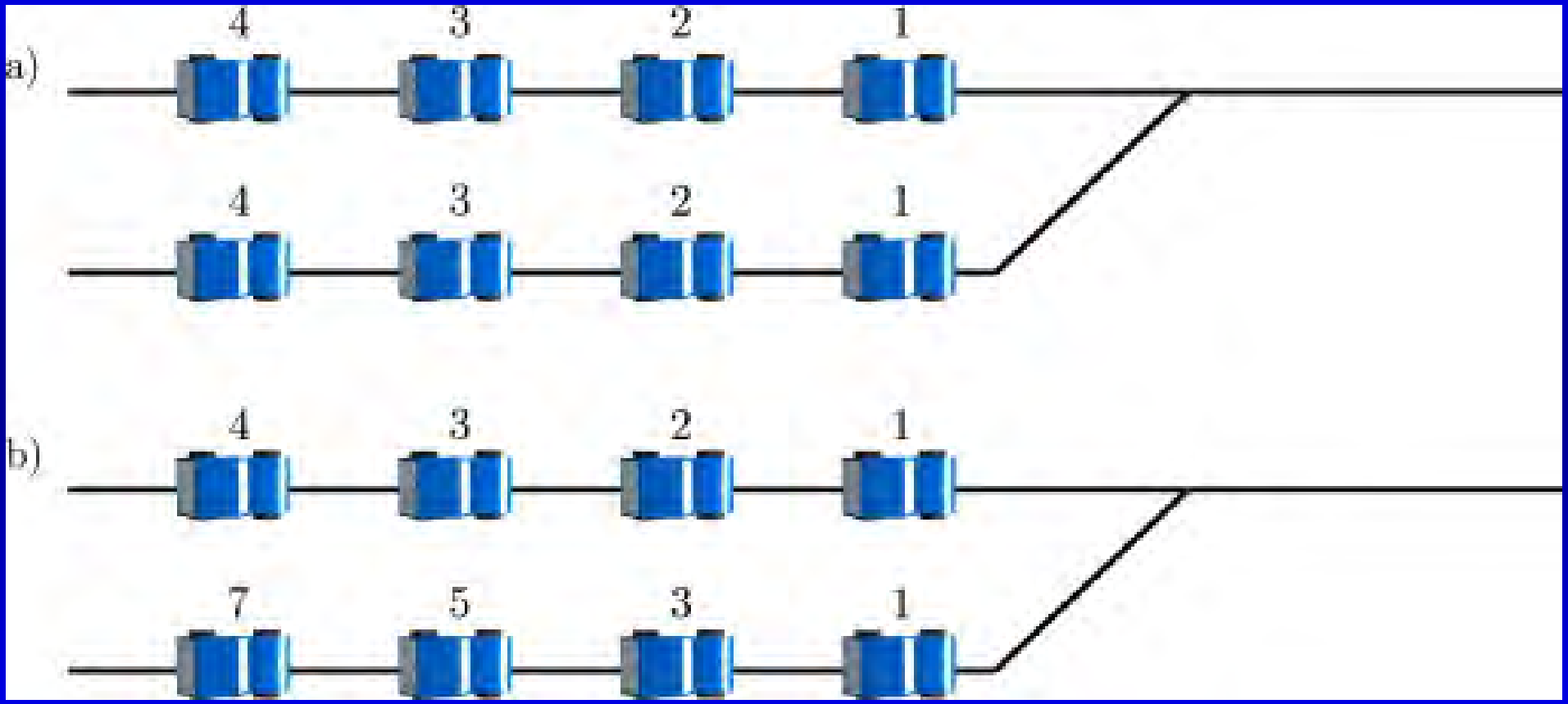
	Erfahrene Fahrer	Junge Fahrer
Stadt	500 (50)	500 (50)
Land	900 (9)	100 (1)
Gesamt	1.400 (59)	600 (51)
	0,042	0,085

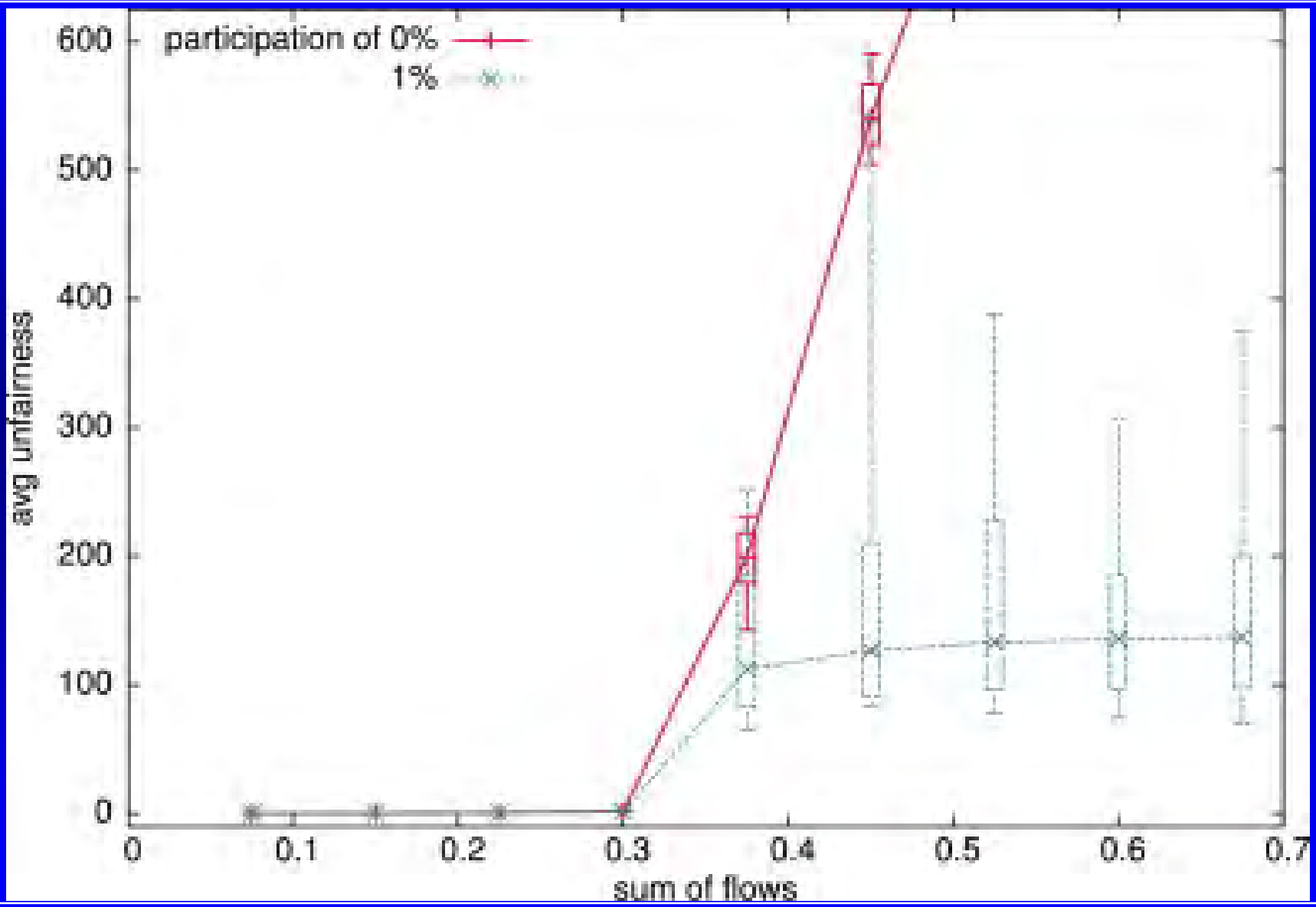
Fehlschluss: Junge Fahrer haben mehr Unfälle!

7–10
0–16 m

中国第一条
手机人行道
NO CELLPHONES

„Bodenampel“


a)
4
3
2
1
4
3
2
1
b)
4
3
2
1
7
5
3
1


participation of 0%
1%
avg unfairness
sum of flows
600
500
400
300
200
100
0
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7

Abgelenkt!

- In Deutschland: 2,4 Mio. Unfälle pro Jahr
- Jeder dritte (800.000, aktuelle Studie der Allianz) verursacht durch

Unaufmerksamkeit

- In der Schweiz ebenfalls: Jeder dritte!

Eine Sekunde Unaufmerksamkeit bei 100km/h bedeutet fast 28 Meter Blindfahrt!

Ablenkungen (zugegeben)

- Streit / Intensive Gespräche: 80 %
- Navi: 55 %
- Essen / Trinken: 50 %
- „Bücken“: 50 %
- Handy (frei): 40 %
- Spiegel / Sitz : 40 %
- Armatur: 35 %
- SMS (Lesen): 30 %
- Körperpflege / Kleidung: 30 %
- SMS (Schreiben): 20 %

Quelle: ADAC

Risiko: Zeitstress

Rechenbeispiel:

Reiseplanung von A nach B und zurück.

Geplante Schnittgeschwindigkeit: 120 km/h

120 km/h 120 km/h

A → B → A

Risiko: Zeitstress

Durch hohes Verkehrsaufkommen auf dem Hinweg nur 80 km/h im Schnitt.

Frage: Wie schnell muss man auf dem Rückweg, um die Zeit wieder herauszuholen?

80 km/h ?

A → B → A

Risiko: Zeitstress

Durch hohes Verkehrsaufkommen auf dem Hinweg nur 80 km/h im Schnitt.

Frage: Wie schnell muss man auf dem Rückweg, um die Zeit wieder herauszuholen?

80 km/h **240 km/h**

A → B → A

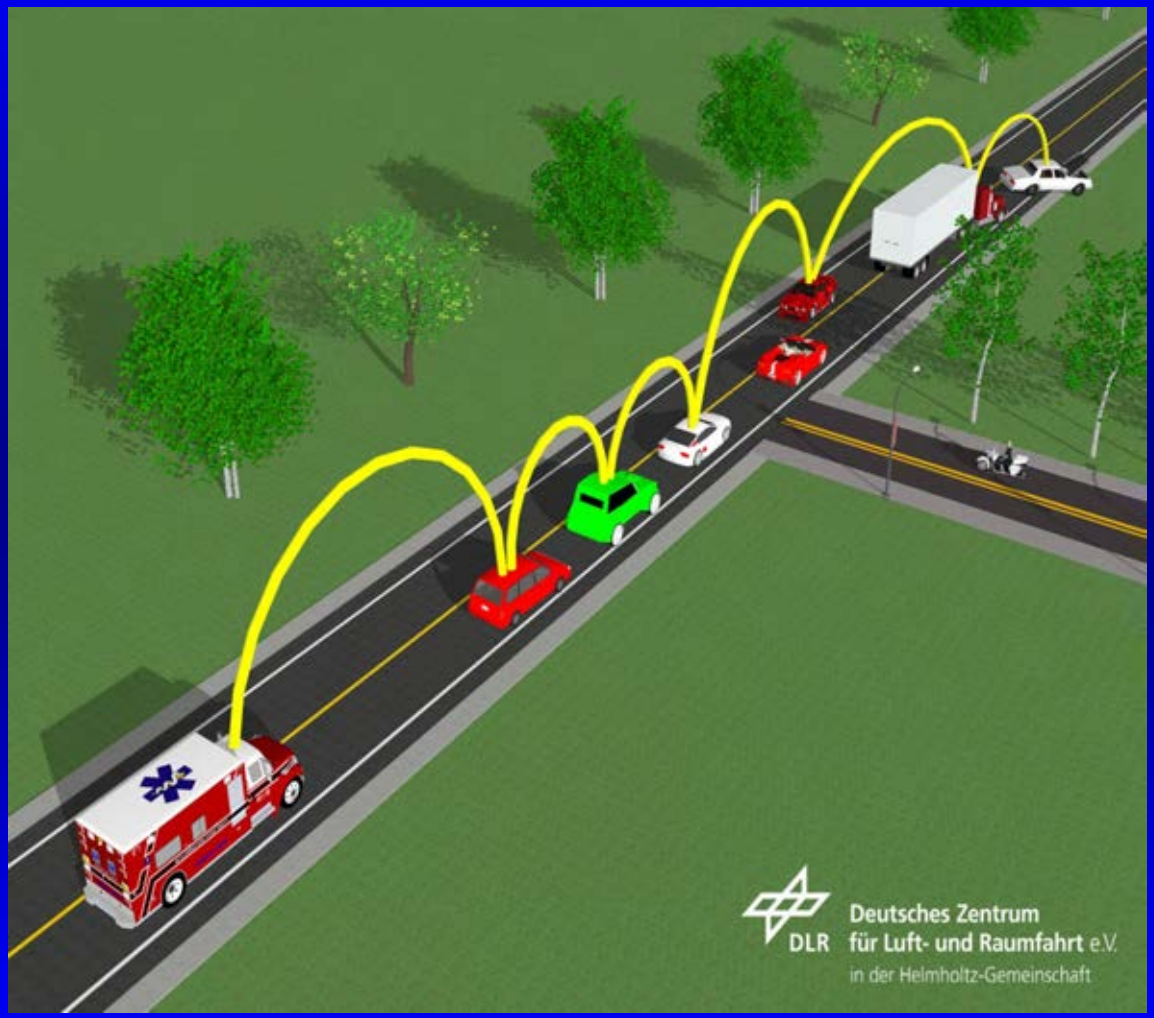
Risiko: Geschwindigkeit

„Blitzermarathon“ zielt auf Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

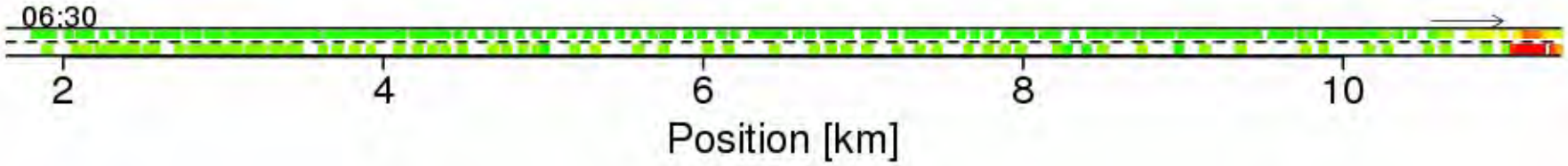
Aber: Fast 15 mal so viele Unfälle durch nicht angepasste Geschwindigkeit unterhalb des Limits wie oberhalb!

Ameisenpfade

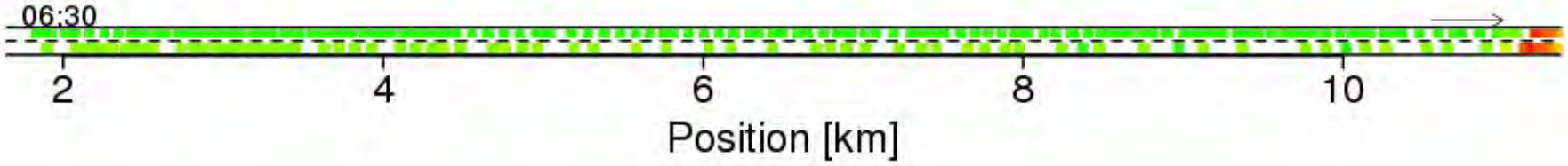
Kommunikation: Ameisen und Fahrzeuge



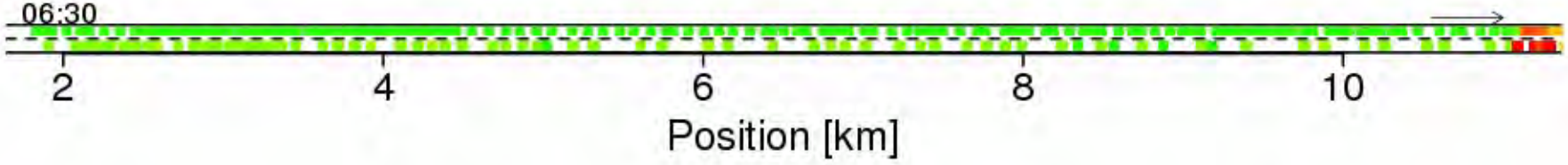
Kommunikation vermeidet Staus



0 %



15 %



40 %

Vernetzung

Physisch: Wir bewegen uns körperlich von A nach B

Digital: Wir kommunizieren über Medien,
ohne uns zu bewegen

Kombination von beidem: Teleportation!?

Zwei Zukunftsszenarien

1) Das Leben findet nur noch zuhause statt

- **reisen mit google earth**
- **arbeiten wo man wohnt**
- **nur Konsum lokal produzierter Güter**
- **am Wochenende ins Nachbarviertel (wie früher auf dem Lande)**
- **Google-Haus in Berlin**

2) Komplette physische Vernetzung

- **komplette Nutzung aller Verkehrsmittel**
- **zum Abendessen „mal eben“ nach Australien**
- **Totale Beschleunigung**

Stand heute

- **Die Jugend wendet sich vom Automobilbesitz ab**
- **Extreme Nutzung digitaler Medien**
- **Innenstädte immer teurer**
- **Wachsende Metropolen**
- **Online Dienste nehmen Überhand (Ikea!)**

Was kostet ein Stau?

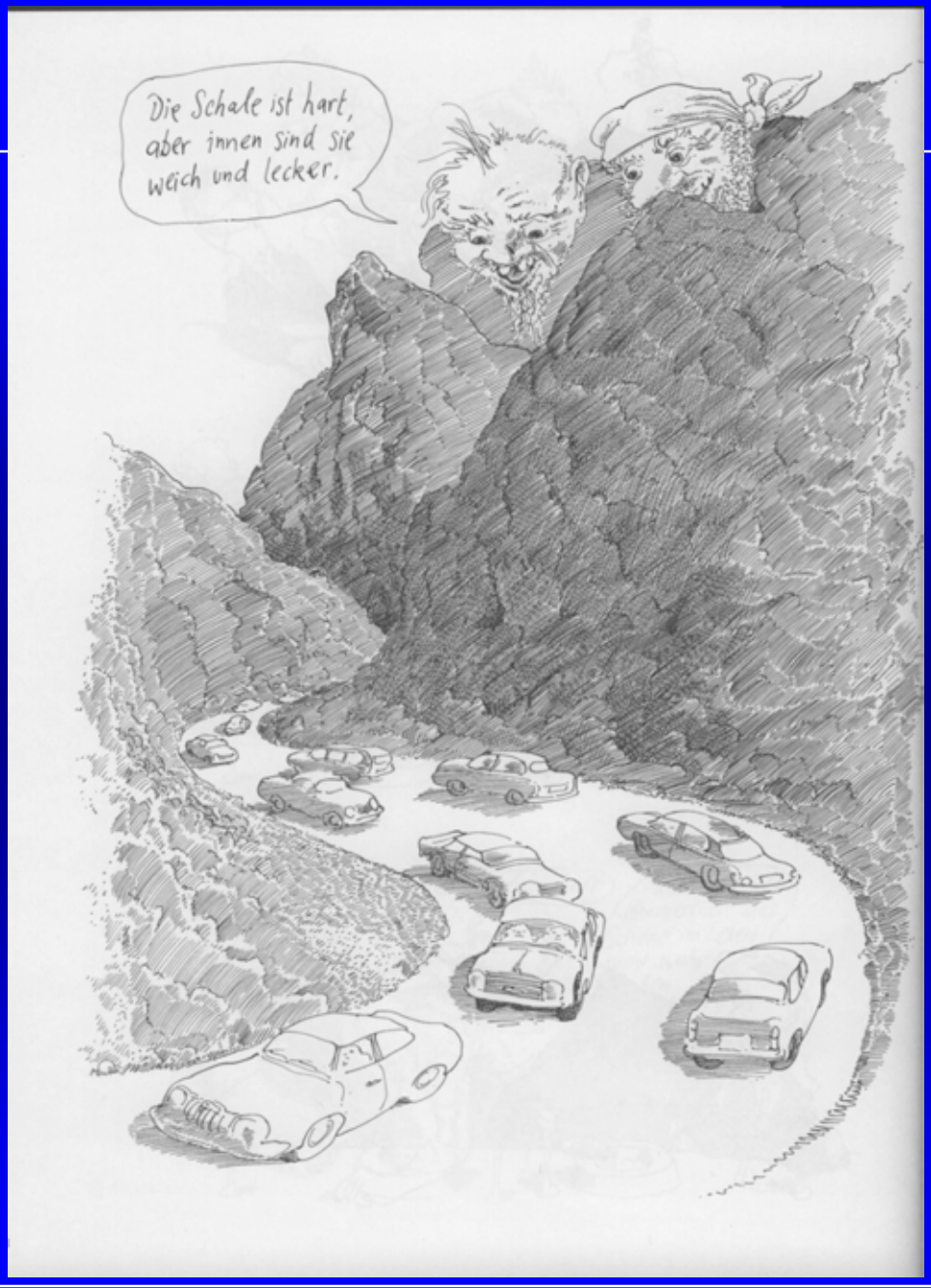
- 4 Kilometer lang
- 2 Spuren
- 3 Stunden
- Baustelle (A40)
- 10 statt 80 km/h
- Zwischen 50 und 100 T€!

Aktuell

- Forschung: Autonomes Fahren!
- Infrastruktur: Unterfinanzierung
- BVWP2015: Sanierung, wenig Neubau.
- Elektromobilität: Fahren auf der Stelle.
- E10: 15% Hürde.
- LKW-Maut: Datenfreigabe?
- PKW-Maut: ?

Internet-Adresse

http://www.ptt.uni-due.de



„Die Schale ist hart, aber innen sind sie weich und lecker“

F.K. Waechter

Konsequenzen für Versicherer

- Verantwortlichkeiten verlagern sich im Dreieck Fahrer – Automobilhersteller – Programmierer.
- Versicherungsgegenstand verändert sich in kurzen Zyklen (via Software-Updates).
- Kaum Einblick in die programmtechnischen Inhalte (Algorithmen werden geschützt).
- Selbst Fahrer kennen die genauen Regeln nicht.
- Durch Kommunikation wird das Verhalten sogar durch andere Fahrzeuge direkt beeinflussbar.
- Hacken wird für Fahrer zusätzlich zum Problem.

Bewältigung der Krise