

**Dinner Speech zum Thema
„Von der Natur lernen: Zur Ausgestaltung unserer Verkehrsinfrastruktur“**

Es ist ja schon ungewöhnlich, dass man beim Essen - und noch dazu bei einem so fürstlichen Essen, an einem so berühmten Ort wie dem Schloss Monrepos – durch Reden gestört wird. Noch ungewöhnlicher ist, dass diese Reden auch noch durch Bilder untermauert werden, aber das muss sein. Denn ohne Beamer geht heute gar nichts mehr. Ich will Ihnen ein paar Gedanken nahe bringen, die mir in den letzten Wochen gekommen sind. Diese Gedanken sind noch ziemlich roh. Es beginnt damit, dass wir zunächst einmal gemeinsam nach Panama wollen. Von Panama habe ich meinen Kindern immer die Geschichte vom Janosch vorgelesen.



Von der Natur lernen:
Zur Ausgestaltung
unserer
Verkehrsinfrastruktur

Prof. Dr. Reinhart D. Kühne
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Verkehrsforschung



„ Oh wie schön ist Panama“ - übrigens diese Geschichte endet damit, dass man dann gemeinsam etwas isst, also die Geschichte beginnt mit dem, was Sie jetzt schon tut. Ich fühle mich dadurch nicht gestört, es könnte allerdings sein, das Sie sich gestört fühlen durch meine Reden. Das müssen wir einfach hinnehmen.

In Panama lebt die Blattschneiderameise und ich entführe Sie nach Panama, weil wir von dieser Blattschneiderameise für unsere Verkehrsinfrastruktur eine Menge lernen können. Es gibt auf dieser Welt 10^{15} Ameisen, die wiegen zusammen, wenn man eine Ameise mit einem knappen Gramm veranschlagt, soviel wie die gesamte Menschheit.

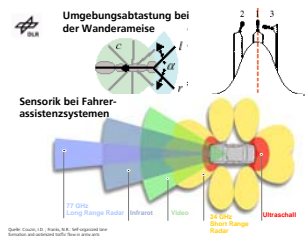

Die Ameise hat enorme Kraft. Sie kann ein Gewicht bis zum 30fachen ihres Eigengewichts ziehen und bis zum 50fachen haben.



Interessant ist aber, was diese Ameisen so leisten. Sie können das Dreißigfache ihres Eigengewichts ziehen und haben eine enorme Kraft zum Heben, die bis zum Fünfzigfachen ihres Gewichts reicht. Wir hingegen, wir Menschen, haben in den letzten 100 Jahren unsere Personenkilometerleistung verzwanzigfacht, unsere Güterverkehrsleistungen in Tonnenkilometern – also den Nutzungsaufwand um diese schönen Produkte die Sie hier essen z.B. Tomaten aus Spanien oder die Äpfel aus Italien - hat sich in den letzten 100 Jahren vervierzigfacht und die Totlast, die wir mit dieser Verkehrsleistung verbinden, hat sich verzweihundertfacht. Stellen Sie sich das mal vor: um die Güter, die Sie jetzt hier genießen, zu bewegen, mussten vor 100 Jahren 200mal weniger Gehäuse, Gefäße und Fahrzeuge bewegt werden bzw. vor die Pferdefuhrwerke gespannt werden. Die erste Anregung, die wir also von den Ameisen bekommen, ist die, dass die Art, wie wir unsere Güter transportieren, absolut Nonsens ist. Unsere Verkehrsmittel bedürfen neuer Formen der Leichtbauweise und einer sehr viel effektiveren Nutzung der Gefäße des Gütertransports.

Auch für das Folgende gilt: von den Ameisen lernen, heißt siegen lernen. So eine Ameisenkolonie besteht etwa aus einer halben Million Ameisen. Diese Ameisen wenden etwa 220.000 Ameisenstunden pro Jahr für den Verkehrswegebau auf. Da ein Jahr 8760 Stunden hat sind das rund $5 \cdot 10^{-6}$ der gesamten Stundenleistung eines Ameisenhaufens, wenn man unterstellt das die Ameisen immer fleißig sind. Für uns Menschen, habe ich mal eine ganz einfache Rechnung gemacht: Der Etat des Verkehrsministeriums beträgt 20 Milliarden bei einem Bruttoinlandsprodukt von 3000 Mrd. Euro. Das heißt, bei uns geht etwa 1 Prozent des Arbeitsaufwands, wenn man unterstellt, dass die Länder und Gemeinden, weil sie Pleite sind, nichts mehr investieren in die Verkehrsinfrastruktur.

Bei den Ameisen ist dieser Aufwand um mehr als tausend Mal geringer. Die Ameisen sind auch deutlich effektiver beim Verkehrswegebau. Sie wenden fast gar nichts für den eigentlichen Verkehrswegebau auf. Das Einzige, was die Ameisen wirklich tun, ist, sie räumen jeden Unfall, jede Störung, alles was da so auf dem Weg liegt, sofort weg. Der Kollege Brilon hat mir glaubhaft versichert, wir bräuchten diese ganze Standspurfreigabe, die ganze Autobahnleittechnik, das bräuchten wir alles nicht, wenn wir nur an allen Brennpunkten Abschleppautos hätten, die sobald dort ein Unfall oder eine Störung auftritt sofort eingreifen. Und weg damit! Also wie gesagt von den Ameisen lernen, heißt auch in diesem Fall siegen lernen. Wie bewegen sich die Ameisen?



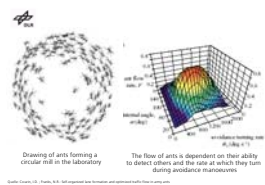
Die Ameisen haben zunächst einmal eine Umgebungssensorik. Sie sehen auf dem Bild eine Ameise aufgemalt, mit einem linken Fühler und einem rechten Fühler - gekennzeichnet durch l und r- mit dem sie jeweils nach vorne tastet. Sie tastet ihre Umgebung ab und baut so einen Kokon von anderthalb Ameisenlängen, rund 1,2 cm, um sich herum auf. Die Ameise hat also einen Nahbereichssensor.

Und jetzt schauen Sie sich einmal in dem Bild unten an, was Bosch gerade im Bereich Fahrzeugsensorik entwickelt. Bosch hat eine Arbeitsgruppe in Leonberg, also umweit vom Schloss Monrepos hier in Ludwigsburg - Leonberg gehört übrigens zum Kreis Ludwigsburg – eingerichtet. Diese Arbeitsgruppe heißt RUMS-RundumSicherung. Und was die alles machen: Sie gucken nach vorn mit einem 77 Gigahertz Radar und einem Infrarotsensor, sie gucken mit Videokameras auf die Umgebung, und nach hinten mit Ultraschall. Seitenairbags werden ausgelöst durch 24 Gigahertz-Seitenradar. Das sind alles Aktivitäten, die bei Bosch laufen, um einen Kokon rund um das Fahrzeug zu bilden. Da hat es die Ameise doch deutlich leichter, die tastet mit den Antennen nach vorne und hinten hat sie noch mit Sensorik ausgestattete Beine. Und kaum kommt ihr eine Ameise entgegen, dann weicht sie aus. Wir sehen gleich wie sie ausweicht. Was sie im Bild rechts sehen, ist eine Glockenkurve, eine so genannte Gaußsche Kurve wie sie früher auch auf den 10 Markscheinen aufgedruckt war. Diese Gaußsche Kurve zeigt die Duftverteilung auf der Straße. Die Ameisen hinterlassen nämlich, wenn sie die Straße entlang gehen, einen gewissen Duft. Pheromone heißt das. Sie sind jetzt gerade beim Essen und ich möchte das auch nicht weiter vertiefen. Man könnte auch sagen: "die Ameisen schießen auf den Weg". Diese Pheromone sind also glockenförmig verteilt. Damit gelingt eine ganz einfache Orientierung. In der Position 1, bei symmetrischer Anordnung, kann sie ganz genau sehen: ich bin in der Mitte der Pheromonspur, da bleibe ich. Wenn

sie sich dann, durch welche Störungen auch immer, leicht irritiert in der Position 2 oder 3 befindet, dann sehen Sie, das es schon etwas schwieriger wird. Diese Position führt dazu, dass einzelne Ameisen nicht mehr genau wissen, was da nun schon Pheromone oder nicht und die hauen dann einfach ab. Das ergibt ganz merkwürdige Bewegungen.

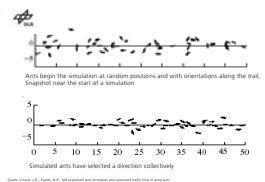


Solche Bewegungen kennen wir als Trampelpfade oder als selbst organisierte Verkehrsinfrastruktur. Sie sehen hier im Labor angeordnete Ameisen, die sich im Kreisverkehr bewegen, so eine Art Gefängnisrundgang.



(Zur Erklärung des Gefängnisrundgangs ist das Schema der Bewegungsmanöver der Ameisen aufgetragen. Zum einen die Winkelrate mit der sich die Ameisen beim Auftreten eines Hindernisses wegdrehen, zum anderen die dazugehörige Ameisenstromstärke). Dabei zeigt sich, dass sowohl die Reaktionsgeschwindigkeit, wie schnell ausgewichen wird, als auch die Winkelausschläge mit der Ameisenstromstärke zunehmen. Also je mehr Pheromone auf dem Weg sind, umso agiler im Ausweichen werden die Ameisen.

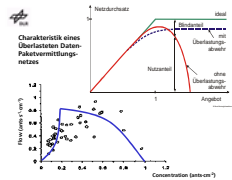
Die Ameisen haben also zwei Möglichkeiten ihre Wege zu finden. Der Eine ist das unmittelbare Abtasten im Nahbereich und der Andere ist das Riechen und den anderen auf der Spur folgen. Diese Orientierung entspricht im Verkehr der Verkehrsinformationen, der Weginformationen und der Leitinformationen. Im nächsten Bild sehen Sie das Zusammenspiel aus Nahbereichskommunikation und Verkehrsinformation über die Pheromone als Simulationen. Die Gesamtreaktionen auf diese aufgelegte Spur der Pheromone ergibt die daraus resultierende Straßenbildung.



Die Infrastrukturbildung als Trampelpfad besteht darin, dass man seine Duftstoffe hinterlässt und die Nahbereichskommunikation einsetzt. Die Infrastrukturleistung ist enorm: so eine Ameise ist 8 mm groß und bildet Straßen von etwa 300m Länge, um die Blätter, die sie vorher gesehen haben, abzuknipsen und in das Nest zurückzubringen. Der Verkehrsfluss auf den Straßen besteht dabei nicht nur aus Hinameisen sondern auch aus Rückameisen. Und witzigerweise sind die Rückameisen, weil die ja beladen sind, weit mehr darauf aus, einen guten, einen kurzen und schnellen Weg zu finden. Und so bilden sich dann auf Grund des Vortastens mit oben beschriebener Winkelabhängigkeit und des etwas gemächlicheren Zurückgehens, Autobahnen. Die daraus abzuleitende Anregung wäre - ich will die Lösung gleich vorwegnehmen - sehr viel mehr darüber

nachzudenken - wie wir das in der Steiermärkerstraße in Stuttgart-Feuerbach hatten - wie man einen Richtungswechselbetrieb entwickeln kann und die verkehrsabhängige Nutzung der Infrastruktur gestalten kann. Also lange Rede kurzer Sinn – auch das wäre eine Anregung aus dem Ameisenbereich.

Schließlich gilt: auch Ameisen und das ist das Beruhigende für den Verkehrsingenieur, haben so etwas wie ein Fundamentaldiagramm.



Hier im Bild sehen Sie, aus Filmaufnahmen, von Wanderameisen gewonnene Fluss-Dichte-Beziehungen. Die Blattschneiderameise, das hatte ich noch vergessen, bringt die Blätter zurück, um damit Blattläuse zu ernähren und dann zu melken. Die Wanderameisen sind Fleischfresser. Die gehen tagsüber auf Beutesuche und nachts im Schutze der Dunkelheit ziehen die ganzen Kolonien um. Das zeigt sich dann im Fundamentaldiagramm. Wenn wenige auf dem Pfad sind, ist nur eine schwache Abhängigkeit zwischen Fluss und Konzentration, wenn viele auf dem Pfad sind, dann ergibt sich ein selbstverstärkender Effekt mit einem überproportionalen Anstieg. Die Ameisen arbeiten also nicht wie normale Verkehrsteilnehmer, die erschreckt sind, wenn viele auf der Autobahn sind, sondern sie wurden dadurch erst ermuntert, den vielen zu folgen. Dies führt zu einem konkaven Anstieg des Fundamentaldiagramms im Gegensatz zum Autoverkehr oder zum Datenverkehr etwa bei Datenpaketvermittlungssystemen, wie beim Internet. Natürlich irgendwann bricht auch bei den Ameisen der Verkehr zusammen, aber das überrascht ja nicht weiter.

Die Schlussfolgerung, die aus allem zu ziehen ist, ist dass wir anstatt an der Infrastruktur deutlich mehr an der Kommunikation verbessern müssen. Wir können also aus der Natur lernen, wie man eine solche Kommunikation aufbaut. Nahbereichskommunikation und generelle Leitinformation heißt das Rezept der Natur. Und wenn diese Kommunikation richtig aufgebaut ist, dann entstehen merkwürdige aber durchaus positive Effekte. Das ist hier ein Bild aus Berlin.



Dort wurde mit großem Tamtam die Baustelle am Hohenzollerndamm an einer anderen Stellen der A100 angekündigt und verschiedene Verkehrssenatoren haben sich dazu geäußert, dass hier der Verkehrskollaps droht. Aber tatsächlich ist in Berlin gar nichts passiert, denn die Leute haben sich langfristig auf Grund des Trommelfeuers der Meldungen umorientiert und haben somit den angedeuteten Kollaps vermieden. Also Sie sehen, dass man, wenn man aus der Natur lernt und die Nahbereichskommunikation mit der allgemeinen Verkehrsinformation dem Vorbild der Natur folgend kombiniert, dass man dann auch auf diese Weise Staus vermeidet.

Ich bedanke mich ganz herzlich für die Aufmerksamkeit.