

## Verkehrsplanung: Von Schwärmen lernen

1 **A** Verkehrsplaner sind fasziniert von Fischschwärm. Die Fische in einem Schwarm bewegen sich parallel  
 2 zueinander in gleichem Abstand in die gleiche Richtung. Keiner drängelt oder überholt, jeder hat seinen festen  
 3 Platz im Kollektiv. Der Schwarm bildet eine Art Superorganismus. Seine herausragenden Merkmale sind der  
 4 konstante Abstand zwischen den einzelnen Schwarmangehörigen, die perfekt koordinierten Bewegungen und eine  
 5 noch wenig erforschte Kommunikation zwischen den Tieren. Staus sind unmöglich, auch nicht in engen Kanälen.

6 **B** Auf den Autobahnen in Deutschland sieht es anders aus: Ein kollektives Bewusstsein lässt sich nirgends  
 7 beobachten. Staus, nicht nur zu Ferienzeiten, sind an der Tagesordnung. Merkwürdigerweise entstehen Staus auch,  
 8 wenn keine Hindernisse, wie zum Beispiel Baustellen, den Verkehrsfluss behindern. Stauforscher untersuchen  
 9 mithilfe von Computersimulationen, wie Staus entstehen und wie sie vermieden werden können. Es sind Physiker,  
 10 die die Simulationen betreiben, denn man hat herausgefunden, dass ein Fahrzeugstrom auf der Autobahn ähnlichen  
 11 physikalischen Gesetzen gehorcht wie die Bewegung eines Gases oder einer Flüssigkeit in einem Rohr.

12 **C** Ähnlich wie ein Stoff, der vom gasförmigen über den flüssigen zum festen Zustand übergeht durchläuft der Verkehr  
 13 verschiedene Phasen. Freier Verkehr bei geringer Verkehrsichte entspricht einem Gas: Die einzelnen Teilchen,  
 14 also die Autos, bewegen sich unabhängig voneinander wie frei umherfliegende Moleküle. Ein individueller Fahrstil  
 15 hat keine Konsequenzen für den Verkehrsfluss. Wird der Verkehr dichter, fließt er wie Wasser. Die einzelnen  
 16 Fahrer müssen ihr Verhalten dem Vordermann anpassen, sie verlieren gewissermaßen ihre Individualität. In  
 17 diesem Aggregatzustand entspricht der Transport von Menschen in Automobilen am ehesten dem Fischschwarm  
 18 – so fließt der Verkehr am besten. Wenn aber zu viele Fahrer bei hoher Verkehrsichte auf ihrer Individualität  
 19 beharren, die Spur wechseln und unbedingt überholen wollen, dann geht der flüssige Zustand schnell in den festen  
 20 über: Der Verkehr klumpt, friert schließlich ein, es entsteht ein Stau.

21 **D** Doch bei welcher Fahrgeschwindigkeit kann die Autobahn die meisten Fahrzeuge aufnehmen? Wenn  
 22 Autos möglichst schnell fahren, meinen manche und fordern – auch aus diesem Grund – eine Aufhebung von  
 23 Geschwindigkeitsbeschränkungen. Diese Auffassung ist falsch, denn auch der schnellste Fahrer muss bei höherem  
 24 Tempo mehr Abstand zum Vordermann halten. Und dadurch passen auf einen Autobahnkilometer weniger  
 25 Fahrzeuge als bei langsamerer Fahrt.

26 In der Praxis hat sich erwiesen, dass der Verkehrsfluss am höchsten ist, wenn die Autos mit einem Tempo von  
 27 85 Stundenkilometern fahren. Dann ist der Frust der Fahrer nicht zu groß, und die Autos folgen dicht genug  
 28 hintereinander, um das Springen von Lücke zu Lücke zu begrenzen. Bei einem solchen entindividualisierten  
 29 »Fahrzeugschwarm« kann eine Autobahnspur bis zu 2600 Autos pro Stunde aufnehmen. Sobald es einmal zum  
 30 Stau gekommen ist, sinkt diese Zahl – selbst wenn die Bahn wieder frei ist, fahren pro Spur und Stunde nur noch  
 31 1800 Fahrzeuge.

32 **E** Sobald sich die Kolonne mit weniger als 85 Kilometern pro Stunde bewegt, wird die Situation instabil. Es mag  
 33 eine Weile gut gehen, aber die geringste Störung genügt, um den Verkehr vom flüssigen in den zäh fließenden oder  
 34 stockenden Zustand übergehen zu lassen. Der »Stau aus dem Nichts« entsteht. Es erscheint völlig unerklärlich,  
 35 warum sich der Verkehr plötzlich staut. Es gibt weder einen Unfall noch eine Baustelle oder ein anderes Hindernis.  
 36 Forscher haben aber plausible Erklärungen dafür gefunden: Die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Autos  
 37 sind ab einer Verkehrsichte von 2600 Fahrzeugen so komplex, dass alle Fahrzeuge sich gegenseitig beeinflussen  
 38 können. Ein einziger Spurwechsel kann den Stau aus dem Nichts auslösen.

39 **F** In Studien wurden drei durch menschliches Fehlverhalten bedingte Ursachen für den »Stau aus dem Nichts«  
 40 herausgefunden: zu dichtes Auffahren, Spurwechsel, ohne den rückwärtigen Verkehr zu beachten, und  
 41 permanentes Fahren auf der linken Spur. In all diesen Fällen muss gebremst werden. Das Bremsen eines einzigen  
 42 Autofahrers verursacht aber bei einer hohen Verkehrsichte eine Kettenreaktion von weiteren Bremsmanövern.  
 43 Die Reaktionszeiten der einzelnen Fahrer addieren sich. So kann aus einer kleinen Störung ein kilometerlanger

der Schwarm, die Schwärme	große Anzahl von Tieren, die sich gemeinsam fortbewegen
12 durchlaufen	in einer bestimmten Abfolge hinter sich bringen
13 die Phase	hier: Aggregatzustand eines chemischen Stoffes
15 der Verkehrsfluss	die gleichmäßig fließende Bewegung der Fahrzeuge im Straßenverkehr
19 beharren auf	sein Verhalten nicht ändern wollen
36 die Wechselwirkung	gegenseitige Beeinflussung physikalischer Objekte
42 die Kettenreaktion	physikalischer Vorgang, der sich von selbst fortsetzt, wenn er einmal begonnen hat

44 Stau entstehen. Der Fahrer, der zu Anfang den Stau verursacht hat, erlebt die Folgen seines Handelns nicht, weil der Stau meist weit hinter ihm beginnt und sich entgegen der Fahrtrichtung fortbewegt. Der Stauverursacher ist also gar nicht von seinem eigenen Fehlverhalten betroffen und hat daher keinen Anreiz, sein Verhalten in Zukunft zu verändern.

45 Die Fehler der Autofahrer lassen sich aber nicht verhindern. Verändert sich etwas in deren Blickfeld, beispielsweise die Helligkeit, verringern sie automatisch die Geschwindigkeit. Selbst unter größten Anstrengungen ließe sich eine

46 völlig gleichmäßige Fahrweise nicht verwirklichen, weil sie die menschliche Wahrnehmung und Reaktionsfähigkeit

47 überfordern.

48 **G** Eine Überforderung für den menschlichen Autofahrer ist auch die Fähigkeit von Vögeln, die in

49 Computersimulationen von Vogelschwärmen entdeckt worden ist. Die Vögel in einem Schwarm orientieren sich

50 nämlich nicht nur an Tieren, die vor ihnen fliegen, sondern auch an hinter und seitwärts fliegenden Artgenossen.

51 Auf diese Weise werden auch bei hohem Tempo die Abstände innerhalb eines Schwarms eingehalten. Das aber

52 wäre für Fahrzeuge, die von Menschen allein gesteuert werden, unmöglich. Verkehrsforcher glauben deshalb, dass

53 nur eine Vernetzung autonom fahrender Fahrzeuge die Abstände zwischen den Fahrzeugen besser koordinieren

54 und den Verkehrsfluss erhöhen könnte.

**1** Welche Überschriften 1. – 8. passen zu den Textabschnitten A – G? *Nicht alle Überschriften passen.*

1. Aggregatzustände des Verkehrs
2. Unvermeidbare Fehler der Autofahrer
3. Verkehrsfluss und Geschwindigkeit
4. Merkmale von Fischschwärmern
5. Vermeidung von Staus durch Orientierung nach vorn und hinten
6. Rätselhafte Entstehung von Staus ohne Hindernisse
7. Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Autobahnen nutzlos
8. Physiker erforschen Verkehrsstaus

**2** Welche besonderen Eigenschaften hat der Superorganismus »Schwarm«? (Stichworte)

**3** Womit wird in Abschnitt B der Autoverkehr verglichen? (Antworten Sie so kurz wie möglich.)

**4** Ergänzen Sie die Tabelle zu den »Aggregatzuständen« des Verkehrs auf den Autobahnen.

Verkehrsdichte	Fahrstil Autofahrer	Aggregatzustand
	können	
	müssen	
	haben	

**5** Stimmen folgende Aussagen mit dem Text überein (R) oder nicht (F)? Bitte ankreuzen.

- a) Ohne Geschwindigkeitsbeschränkungen wäre der Verkehr flüssiger.   R  F
- b) Je schneller die Autos fahren, desto weniger Fahrzeuge passen auf einen Autobahnkilometer.   R  F
- c) Autos, die nur 85 Kilometer pro Stunde fahren, verursachen oft Staus.   R  F
- d) Bei mehr als 2600 Fahrzeuge pro Stunde entstehen leicht Staus.   R  F

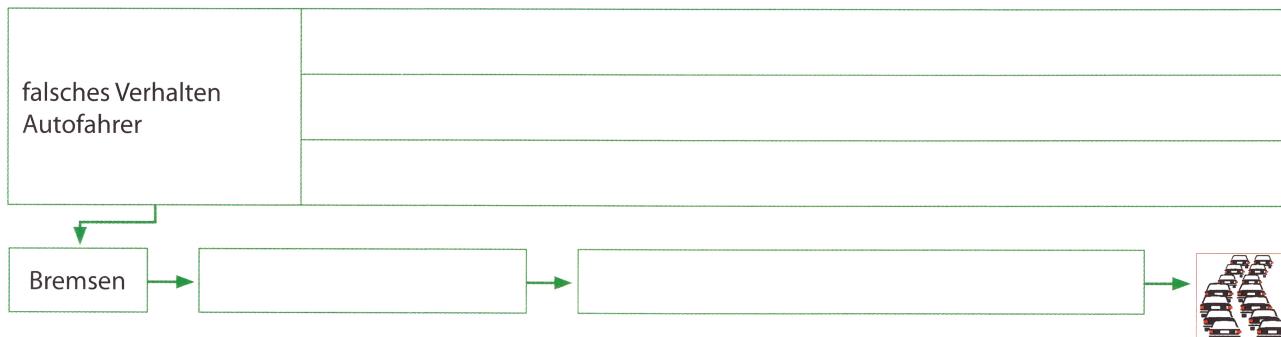
**6** Worauf bezieht sich »dadurch« in Zeile 24?

**7** Erklären Sie mit eigenen Worten, was im Text mit einem »*entindividualisierten Fahrzeugschwarm*« (Z. 28) gemeint ist. (Satz)

**8** »Ab einer Verkehrsdichte von 2600 Fahrzeugen« (Zeile 37) bedeutet: (Nur eine Antwort ist richtig.)

- a)  Die Verkehrsdichte beträgt 2600 Fahrzeuge und mehr.
- b)  Die Verkehrsdichte beträgt weniger als 2600 Fahrzeuge.
- c)  Die Verkehrsdichte beträgt 2600 Fahrzeuge und weniger.

**9** Wie entsteht ein »Stau aus dem Nichts«? Ergänzen Sie das Schema. (Stichworte)



**10** Welche Konsequenzen zieht der Verursacher des Staus für sein zukünftiges Fahrverhalten, und warum? (Satz)

**11** Wie koordinieren Vögel in Schwärmen die Abstände zueinander? (Antworten Sie so kurz wie möglich)

Formen Sie die unterstrichenen Satzteile so um, dass der Sinn der Originalsätze erhalten bleibt.

1. Z. 6: Ein kollektives Bewusstsein lässt sich nirgends beobachten. → Ein kollektives Bewusstsein werden.
2. Z. 13: Die einzelnen Teilchen bewegen sich unabhängig voneinander wie frei umherfliegende Moleküle.  
→ Die einzelnen Teilchen bewegen sich unabhängig voneinander wie Moleküle, die
3. Z. 15: Wird der Verkehr dichter, fließt er wie Wasser. → Bei
4. Z. 34: Es erscheint völlig unerklärlich, warum sich der Verkehr plötzlich staut. → Die Gründe
5. Z. 35: Es gibt weder einen Unfall noch eine Baustelle oder ein anderes Hindernis. → Es gibt Unfall, Baustelle und auch anderes Hindernis.
6. Z. 38: Ein einziger Spurwechsel kann den Stau aus dem Nichts auslösen. → werden.
7. Z. 39: In Studien wurden drei durch menschliches Fehlverhalten bedingte Ursachen für den »Stau aus dem Nichts« herausgefunden. → In Studien wurden drei Ursachen für den »Stau aus dem Nichts« herausgefunden,
8. Z. 45: Der Stauverursacher ist also gar nicht von seinem eigenen Fehlverhalten betroffen und hat daher keinen Anreiz, sein Verhalten in Zukunft zu verändern. → Der Stauverursacher ist also gar nicht von seinem eigenen Fehlverhalten betroffen, sodass
9. Z. 48: Die Fehler der Autofahrer lassen sich aber nicht verhindern. → Die Fehler der Autofahrer sind
10. Z. 49: Selbst unter größten Anstrengungen ließe (!) sich eine völlig gleichmäßige Fahrweise nicht verwirklichen.  
→ Selbst unter größten Anstrengungen werden.
11. Z. 53: Die Vögel in einem Schwarm orientieren sich nämlich nicht nur an Tieren, die vor ihnen fliegen, sondern auch an hinter ihnen fliegenden Artgenossen. → Die Vögel in einem Schwarm orientieren sich nämlich nicht nur an Tieren, sondern auch an Artgenossen,