

## Komplexe Systeme – wie funktionieren sie?



Bildquelle: pixabay | pixaoppa

Erledigen Sie die folgenden Aufgaben in Einzelarbeit. Sie können dafür das digitale Plakat „Physik für das Klima und andere komplexe Systeme“ und das Video zur Lindauer Online-Matinee 2022 verwenden:



<https://www.mediatheque.lindau-nobel.org/GetFile?id=39532>



<https://www.mediatheque.lindau-nobel.org/videos/39519/lindauer-matinee-2022>

### Aufgaben

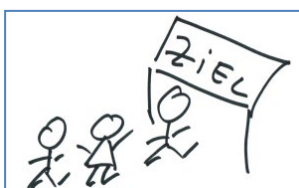
Systeme, einfache wie komplexe, beschreiben unsere reale Welt. Sie bestehen aus klar abgegrenzten einzelnen Komponenten, die im Miteinander eine Funktionseinheit bilden. Ein Flugzeug ist zum Beispiel ein System.

Einfache Systeme bestehen aus wenigen Komponenten. Ihr Verhalten lässt sich vollständig verstehen und vorhersagen, so zum Beispiel der freie Fall eines Balls in der Luft, der von der Schwerkraft angezogen und vom Luftwiderstand gebremst wird.

Schon bei mehreren, miteinander fallenden Bällen wird es schwieriger: Die Luftwirbel hinter jedem Ball beeinflussen die Fallbewegung der folgenden Bälle. Die Bälle können sich treffen und abstoßen und so weiter. Komplexe Systeme enthalten eine Vielzahl an Komponenten, die miteinander in Wechselwirkung stehen, aber auch auf Ihre äußere Umgebung zurückwirken. Dabei treten chaotische und zufällige Phänomene auf, so dass das Ergebnis dieser inneren und äußeren Wechselwirkungen nur sehr schwer zu prognostizieren ist. In der Regel lassen die Eigenschaften der einzelnen Komponenten nicht auf das globale Verhalten des gesamten Systems schließen. Deshalb kann ein Flugzeugbauer letztendlich nicht mit Gewissheit vorhersagen, wie ein Flugzeug tatsächlich fliegen wird. Auch ein Zughersteller kann nicht alle Eventualitäten in der Entwicklung abbilden, sodass bei extremen Wetterbedingungen wie starker Hitze nicht mit absoluter Gewissheit vorhergesagt werden kann, wie sich die einzelnen Bauteile im Zug ausdehnen.

Bildnachweis: <https://pixabay.com/de/photos/stau-der-verkehr-autobahn-langsam-1703575/>

1. Nennen und beschreiben Sie sechs Sachverhalte, die auf der Autobahn zu einem Stau führen können, obwohl die Verkehrsdichte nicht hoch ist.
2. Der Nobelpreisträger Giorgio Parisi hat Vogelschwärme von Staren beobachtet, andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben Fischeschwärme untersucht, um eine Erklärung zu finden, wie es gelingt, dass die Tiere in gleichmäßiger Formation fliegen oder schwimmen und nicht zusammenstoßen oder sich verlieren.  
Recherchieren Sie im Internet, wie es Fischen und Vögeln gelingt sich im Schwarm fortzubewegen, ohne zusammenzustoßen oder auseinanderzudriften.
3. Viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind zu dem Ergebnis gekommen, dass man das Verhalten einzelner Menschen nicht vorhersagen kann, das Verhalten von Menschenmassen aber schon. „Als Masse verhalten sich Menschen durchaus ähnlich wie Teilchen von Flüssigkeiten oder Gasen“, sagt zum Beispiel Professor Massimo Fornasier, Inhaber des Lehrstuhls für Angewandte Numerische Analysis der TU München.  
Beschreiben und begründen Sie, wie sich die Menschen Ihrer Vermutung nach bei einem echten Feueralarm an Ihrer Schule verhalten werden.
4. Natürlich reagieren nicht alle Menschen gleich. Innerhalb von Menschenmengen gibt es daher bestimmte Gesetzmäßigkeiten, wie zum Beispiel Bewegungs- oder Meinungsbildungsprozesse ablaufen. So wie Hütehunde eine Schafherde dadurch anleiten, dass sie die stursten Schafe zu Richtungsänderungen bewegen, sind für die Meinungsbildung in Menschengruppen häufig die radikalsten Vertreter innerhalb der Gruppe entscheidend. Gelingt es, diese zu einer Meinungsänderung zu bewegen, ändert sich auch die Meinung der gesamten Gruppe, wie zum Beispiel der Mathematiker Massimo Fornasier nachweisen konnte.  
Erläutern Sie, wie man nach Massimo Fornasier den Hass im Internet am effektivsten bekämpfen könnte.
5. Der Nobelpreisträger Giorgio Parisi hat auch herausgefunden, dass geringste Veränderungen innerhalb komplexer Systeme große, nachhaltige Veränderungen bewirken können. Am bekanntesten ist das Bild, dass der Flügelschlag eines Schmetterlings am anderen Ende der Erde einen Wirbelsturm auslösen kann.  
Beschreiben Sie anhand eines Beispiels, wie eine Kleinigkeit den gesamten Verkehr auf der Autobahn für Stunden stoppen könnte.
6. Recherchieren Sie im Netz den Lebensweg von Giorgio Parisi und präsentieren Sie Ihr Ergebnis in einer anschaulichen Form (zum Beispiel Video oder Plakat).  
Die Ergebnisse werden anschließend im Plenum vorgestellt und diskutiert.



Zusatzaufgabe für Schnelle: Schauen Sie sich auf dem digitalen Plakat das Schaubild oben rechts an und erklären Sie dann Ihren Mitschülerinnen und Mitschülern am Beispiel eines Stromnetzes, warum die Stromversorgung der Bevölkerung eine höchst komplexe und äußerst fragile Angelegenheit ist.