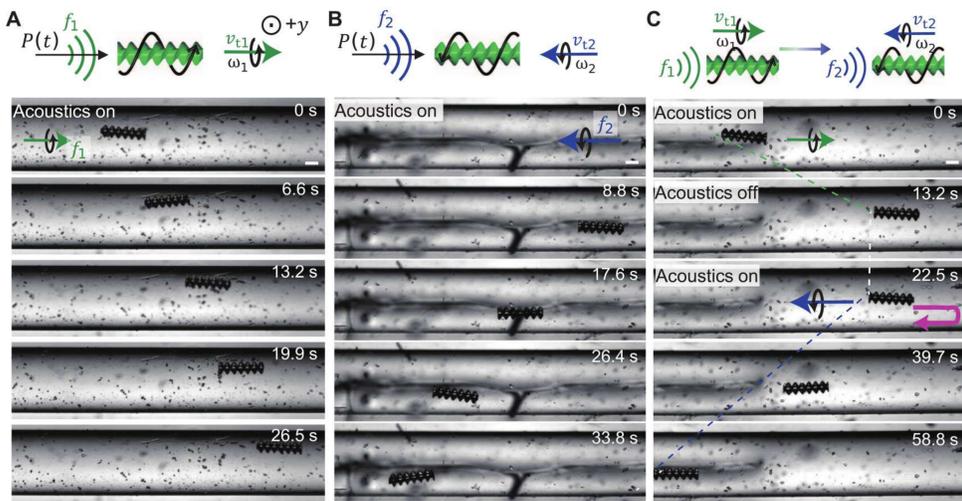
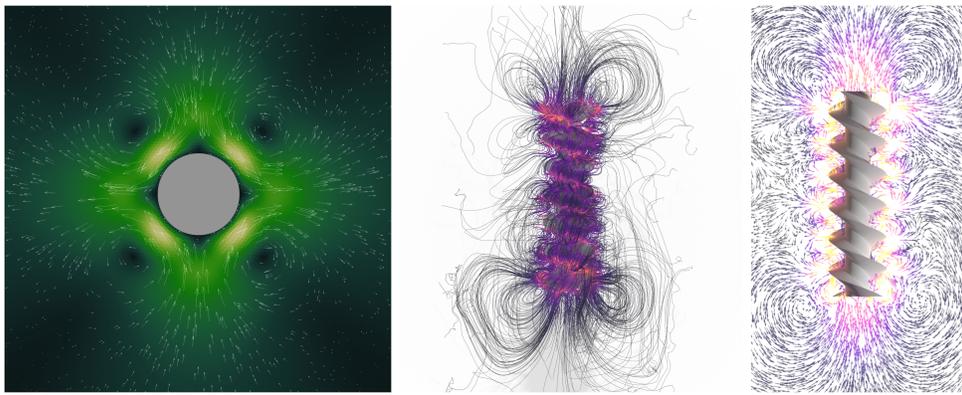


Akustisch angetriebene Teilchen

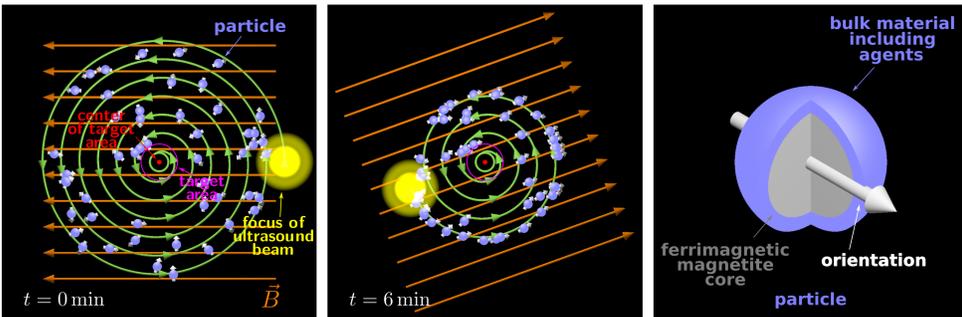


Experimentelle Beobachtung **akustisch angetriebener aktiver Teilchen** in einem Kanal. Unter dem Einfluss eines **Ultraschallfeldes** beginnen die schraubenförmigen Teilchen zu rotieren und bewegen sich so fort. Die Rotationsrichtung (und damit auch die Bewegungsrichtung) ist von der Frequenz des Ultraschalls abhängig.



Die experimentellen Ergebnisse können mit Computersimulationen (hier: Strömungsfelder um ein Teilchen im Ultraschallfeld), durchgeführt in unserer AG, verglichen werden. Diese Arbeiten bieten Einblick in die Funktion des Antriebsmechanismus und bilden eine wichtige Grundlage für zukünftige **Anwendungen** etwa in der **Medizin**.

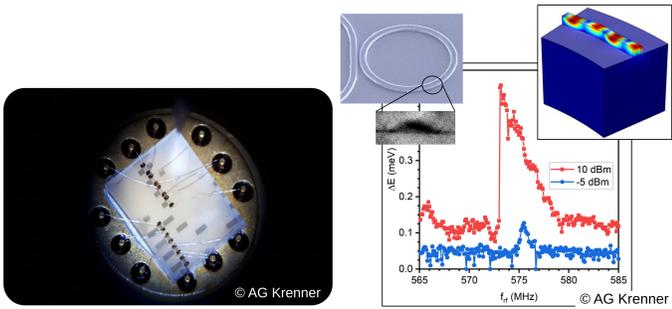
• Medizinische Anwendung aktiver Teilchen



Methode zur **Steuerung** von aktiven Teilchen für medizinische Anwendungen. Ein magnetisierter Kern der Teilchen ermöglicht die Ausrichtung durch ein homogenes externes Magnetfeld mit Flussdichte \vec{B} . Die Teilchen werden nur in der Nähe des Ultraschallfokus angetrieben. Im Zeitverlauf wandert der Fokus auf einer spiralförmigen Bahn zum Ziel, während das Magnetfeld so angepasst wird, dass sich die angetriebenen Teilchen immer in Richtung des Ziels bewegen.

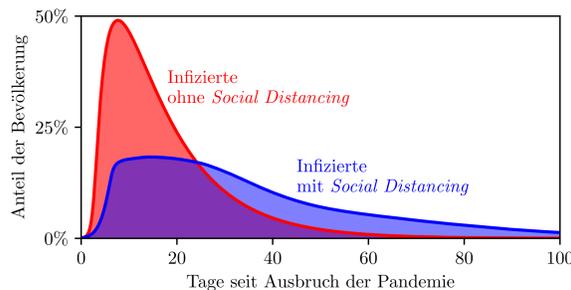
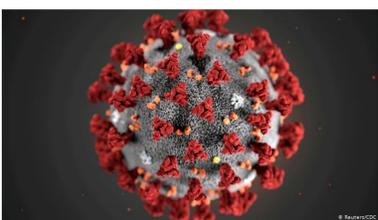
• Nanophononische Schaltkreise

In nanophononischen Schaltkreisen werden **Logikoperationen auf der Basis von Phononen** (quantisierte Gitterschwingungen) implementiert. Die Entwicklung solcher Schaltkreise wird durch **numerische Simulationen** (Elastizitätstheorie) unterstützt.



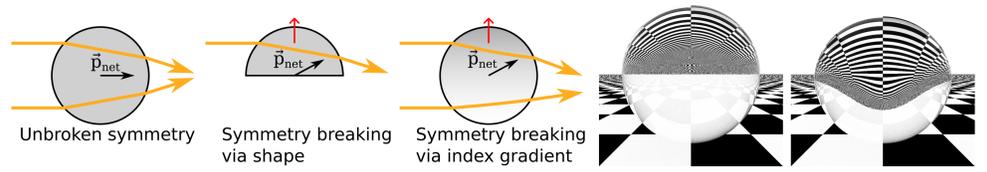
Ausbreitung von Infektionskrankheiten

• SIR-DDFT-Modell

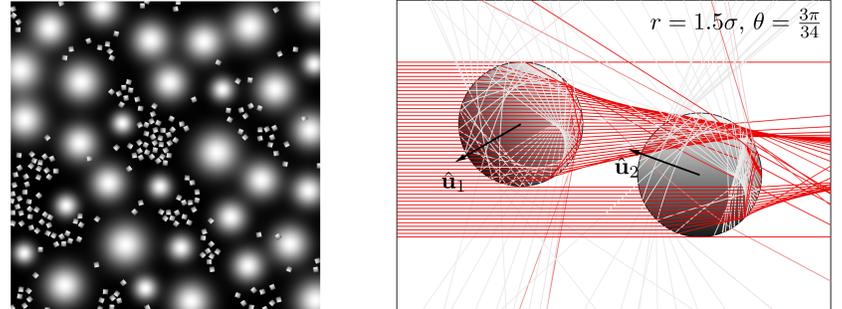


Unsere AG entwickelt und untersucht neue **Modelle für die Ausbreitung von Infektionskrankheiten**. Menschen, die Abstand halten („Social Distancing“), können dabei als Teilchen mit abstoßender Wechselwirkung beschrieben werden. **Links:** 3D-Grafik des SARS-CoV-2-Virus. **Rechts:** Vergleich der Entwicklung einer Pandemie mit und ohne Social Distancing. Der „Flatten-the-Curve“-Effekt ist deutlich sichtbar.

Refraktive Mikroschwimmer

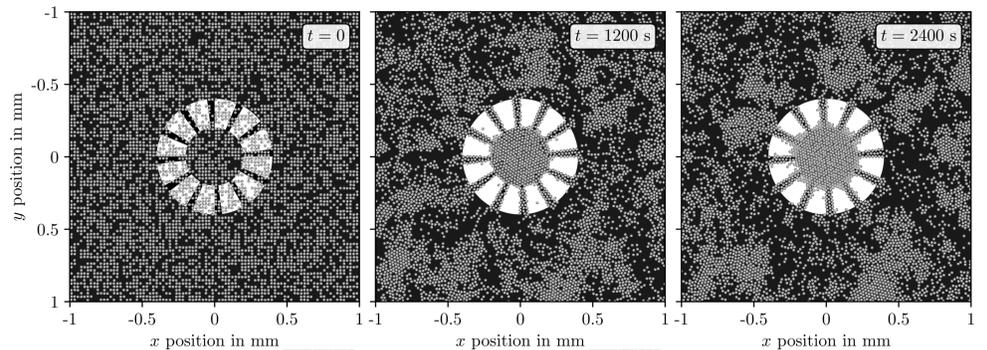


Durch den Impulserhalt findet bei der **Lichtbrechung** ein Impulsübertrag vom Lichtfeld zu dem brechenden Material statt. Dieser Effekt kann als **Antriebsmechanismus für aktive Teilchensysteme** eingesetzt werden. Die Symmetrie der beleuchteten Teilchen kann entweder durch die Teilchenform oder durch das **Profil des Brechungsindex** gebrochen werden.



Ein lichtbasierter Teilchenantrieb hat viele Vorteile. Insbesondere können Lichtfelder sehr gut **räumlich und zeitlich strukturiert** werden. Außerdem wird relativ wenig Energie von den Teilchen absorbiert. Die **Durchdringungstiefe** ist daher besonders groß und der **Feedback** zwischen den Teilchen erlaubt komplexeres Verhalten.

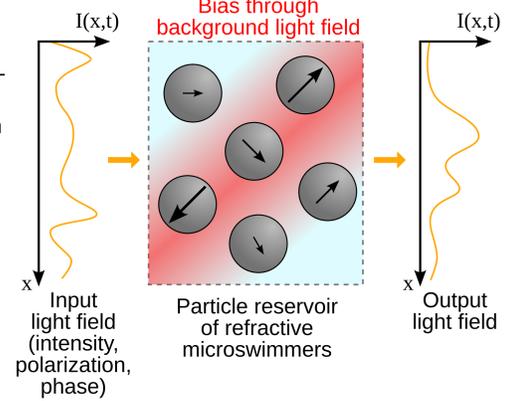
• Emergentes Verhalten



Beispiel eines zweidimensionalen Teilchensystems mit inhomogener Beleuchtung. Durch die trichterförmige Struktur der Lichtintensität bildet sich ein Kristall in der Mitte des Systems.

• Optisches Reservoir Computing

Systeme aus refraktiven Mikroschwimmern vereinen starke Nichtlinearität, komplexe Netzwerk- und Feedbackeffekte sowie Gedächtniseffekte durch die Trägheit der Teilchen. Diese Kombination von Eigenschaften macht refraktive Mikroschwimmer zu einem aussichtsreichen Kandidaten für **rein optisches Reservoir Computing**, eine spezielle Form der **künstlichen Intelligenz**. In unserer AG wird daran gearbeitet, diese Systeme genauer zu charakterisieren und mögliche Anwendungen zu entwickeln.



Simulation von (aktiven) Vielteilchensystemen

Für die numerische Analyse von aktiver Materie werden oft **Vielteilchensimulationen** eingesetzt. In klassischen **Molekulardynamik-Softwarepaketen** fehlen aber oft Features, die für aktive Systeme relevant sind. In unserer AG entwickeln wir daher ein neues Softwarepaket für hochflexible Vielteilchensimulationen (FIPS) auf der Basis von modernen Techniken aus dem Bereich der **Programmiersprachen** und **Compiler**.

