

## 4. Schwärme

---

### 4.1 Von Überzahl und Überwältigung

Glaubt man den Prognosen diverser Militärtheoretiker:innen der letzten Jahre, so verkörpern Schwärme die Zukunft der strategischen Kriegsführung. Es geht dabei nicht um Bienen, Vögel oder andere Tierarten, an die militärische Hoffnungen geknüpft werden, sondern um Schwärme *technischer* Drohnen, das heißt um selbstorganisierende Kollektive teil-autonomer Flugroboter oder immense Wolken von vernetzten, selbststeuernden Sprengköpfen. Für sich genommen sind diese Drohnen weder übermäßig kompliziert noch leistungsfähig, als Schwarm jedoch sollen sie mit großer Wirksamkeit Ziele attackieren, Gegenden überwachen oder gegnerische Streitkräfte verwirren können. Koordiniert von gemeinsamen KI-Algorithmen und unter minimaler menschlicher Anleitung sollen sie bisherige Formen der Kriegsführung nicht nur ergänzen, sondern in vielen Fällen deutlich übertreffen. In einem Text von 2013 schildern David J. Blair und Nick Helms, zwei Offiziere der US Air Force, ein exemplarisches Zukunftsszenario:

Above a future battlefield, the long-range-strike bomber Saber 01 runs FENCE checks, preparing to penetrate layered defenses of the enemy's air defense system. A thick ›swarm‹ of unmanned combat aerial vehicles (UCAV) guards the leading edge of friendly airspace. When friendly aircraft pass through the swarm on the way to prosecute targets, a number of UCAVs join formation with the outbound strikers as escorts. Seamlessly, as Saber 01 transits through the front lines, seven small UCAVs join on its wing and swap data-link control from theater air battle managers to the bomber's combat systems operator. [...] The tactical formation of these platforms, combined with a fully networked electronic warfare suite, enables Saber's crew to triangulate a precise fix on the target [...] The enemy's air defense operators had long trained to defeat single antiradar missiles, but Saber 01's payload of hundreds of swarming micro air vehicles overwhelms their defenses with a networked mix of inexpensive warheads, sensors, and airframes. (Blair und Helms 2013, 15)

Eine Kriegsführung mittels technischer Schwärme steht hier im Zeichen nahtloser Übergänge, hochgradig präziser Zielerfassung und einer Überwindung und Überwältigung der feindlichen Verteidigungsmaßnahmen durch eine amorphe Vielzahl unbemannter

Flugkörper. Im Anschluss an diese Erwartungen imaginieren Blair und Helms (ebd., 16) einen Zustand der »absolute information supremacy« sowie einen ruhmreichen amerikanischen »cyber warrior«, der allen Bemühungen seines hoffnungslos unterlegenen »desperate enemy« trotzt. Der kriegerische Tonfall dieser Schilderung verfolgt ein klares Ziel. Blair und Helms ist daran gelegen, die besondere Dringlichkeit zu verdeutlichen, als erste Nation die beschriebenen Technologien und Kapazitäten zu entwickeln. Schwarmtechnologien und entsprechende Fortschritte in Hard- und Softwareentwicklung sind für sie nicht lediglich erstrebenswert, sondern unabdingbar, denn die Alternative sei es, im globalen militärindustriellen Wettlauf potenziell dauerhaft ins Hintertreffen zu geraten.

Dieses Urteil wiederholt wenige Jahre später die National Security Commission on Artificial Intelligence (NSCAI 2021) der Vereinigten Staaten – geleitet von Eric Schmidt, dem langjährigen CEO und Executive Chairman von Google bzw. Alphabet, und Robert Work, United States Deputy Secretary of Defense unter Barack Obama und später unter Donald Trump. In ihrem Bericht von 2021 betont die Kommission die große strategische Bedrohung, die von Fortschritten in der KI-Entwicklung ausgehe, wozu sie neben Cyberangriffen insbesondere KI-gesteuerte Drohnenschwärme zählen. Der Entscheidungsgeschwindigkeit von KIs, der koordinierten Flexibilität von »multiple machines making thousands of maneuvers per second potentially moving at hypersonic speeds« (ebd., 23) seien auch die besten menschlichen Operateure ohne eigene KI-Unterstützung hoffnungslos unterlegen. Es sei daher unerlässlich, eigene KI-Forschungen und Projekte intensiv voranzutreiben, um möglichst vor anderen Nationen über entsprechende militärische und technische Kapazitäten zu verfügen.

In beiden Fällen werden Drohnenschwärme als vor allem zukünftige Entwicklungen verhandelt, deren volles Potenzial bisher noch nicht realisiert werden konnte. In den Jahren allerdings, die zwischen den Spekulationen von Blair und Helms und dem neueren Bericht der NSCAI vergangen sind, sind zumindest manche Aspekte der Zukunftsvision bereits Realität geworden. Seit 2013 wurden Drohnenschwärme an verschiedenen Kriegsschauplätzen wirkungsvoll eingesetzt, um Militärinstallationen, Fahrzeuge und andere Ziele anzugreifen. Internationale Aufmerksamkeit erfuhren etwa die wiederholten Attacken gegen den russischen Militärstützpunkt Hmeimim in Syrien von 2018 bis 2020 oder der intensive Einsatz von Kampfdrohnen im Krieg um Bergkarabach bzw. Arzach, zwischen Armenien und Aserbaidzhan im Jahr 2020. Im Rahmen eines Überblicks über den globalen, militärischen Einsatz von Drohnenschwärmen hebt Sameer Joshi, ein früherer Kampfpilot der indischen Luftstreitkräfte, hervor, wie bereits Schwärme aus vergleichsweise günstigen, technologisch simplen Drohnen auch kleineren Nationen und nicht-staatlichen Organisationen die Möglichkeit geben, in einem asymmetrischen Konflikt mit mächtigeren Nationen erfolgreich zu sein. In Bezug auf einen Vorfall in 2019, bei dem (vermutlich) jemenitische Huthi-Rebellen zwei saudi-arabische Ölverarbeitungsanlagen in Abqaiq und Churais mit Drohnen attackierten, schreibt er:

What was noteworthy was that the Saudi air defence, including the potent MIM-104 Patriot and Crotale NGs failed to stop these waves of drones and cruise missiles. This demonstrates how a group of drones and cruise missiles coming from multiple direc-

tions can escape undetected for long and overwhelm conventional air defences. (Joshi 2021)

Auch hier sind Drohnenschwärme nicht lediglich mobil oder beeindruckend durch ihre große Reichweite und die Abwesenheit gefährdeter Piloten, sondern überwältigen ihr Ziel mittels koordinierter zahlenmäßiger Überlegenheit. Ein vernetzter, selbstorganisierter Schwarm von unbemannten Flugrobotern ermögliche nicht nur größere Erfolge und kühnere Missionsziele; für diejenigen, die ihn kontrollieren, verspricht er eine »game-changing capability« und wird zur Grundlage fundamental anderer Formen der Kriegsführung, so Joshi. Wenngleich somit das volle, überwältigende Potenzial von Schwärmen, wie Blair und Helms oder die NSCAI es aufrufen, weiterhin nicht realisierbar sein mag, markieren entsprechende Hoffnungen und Befürchtungen dennoch nur allzu deutlich den Horizont gegenwärtiger Perspektiven. Es überrascht daher nicht, dass auch für Joshi die weitere Verbreitung von Schwarmtechnologie unausweichlich ist: Drohnenschwärme sieht er ausdrücklich als »next evolution in warfare«. Die Verwirklichung des vollen Potenzials von Schwärmen ist auch für ihn lediglich eine Frage der Zeit.

In einem zentralen Punkt erinnern diese und ähnliche militärtheoretische Prognosen an ein Sprichwort, das bereits in den 1980er Jahren in US-amerikanischen Militärkreisen verbreitet war: »Quantity has a quality all its own.« Die Formulierung, die vermutlich von Wladimir Lenin stammt,<sup>1</sup> wurde üblicherweise verwendet, um die strategische Bedeutung nicht nur von qualitativ hochwertigen Streitkräften, ihrer Ausrüstung etc., sondern von deren Anzahl und ihrer schieren Masse zu betonen. Ab einem gewissen Punkt, so die Idee, sei die Menge an Truppen, Flugzeugen oder Bomben entscheidender als ihre individuelle Leistungsfähigkeit. Das Sprichwort beweist hier eine deutliche Nähe zum dialektischen Materialismus und dessen Gesetz des Umschlagens von Quantität in Qualität (s. Engels 1975, 348). Werden Drohnenschwärme als Mittel zur Überwindung des Gegners geschildert und werden ihre Wirksamkeitsversprechen an die Überzahl zahlreicher miteinander vernetzter Agenten und Apparate geknüpft, so wird auf den ersten Blick eine sehr ähnliche Logik von Quantität und Qualität in Anschlag gebracht. Nicht lediglich technische oder personelle Überlegenheit, sondern die Fähigkeit, eine für den Gegner unüberschaubare Vielzahl an sich simpler Akteure gleichzeitig zum Tragen zu bringen, scheint den Schlüssel zum Sieg bereitzuhalten und die entscheidende militärische Herausforderung und Chance des 21. Jahrhunderts zu markieren.

Auffällig ist dabei jedoch, dass die überwältigende Quantität militärischer Schwärme dennoch spezifische (medien-)technische Grundlagen zu erfordern scheint, die es erst aufwändig zu erforschen und zu erschließen gilt. Blair und Helms imaginieren nicht einfach eine immense Anzahl von Drohnen, sondern eine vernetzte, dynamisch miteinander und mit der Umgebung interagierende Vielzahl, deren amorphe Bewegungen erst im Zuge eines computergestützten Wechselspiels überwältigend werden. Die NSCAI diskutiert Schwärme ausdrücklich als militärische Bedrohung, deren Gefahr in der Erfor-

1 Die Formulierung wird ebenfalls Carl von Clausewitz, Leonid Brezhnev, Joseph Stalin und insbesondere auch Thomas A. Callaghan Jr. (1979) zugeschrieben (vgl. Fox 1980, 68, 77). Die älteste auffindbare Quelle ist jedoch Ruth M. Davis (1978), die das Zitat Lenin attribuiert.

schung und Entwicklung künstlicher Intelligenz begründet liegt. Auch Joshi, obgleich er die hohe Anzahl von Drohnen als wichtige Voraussetzung für ihren Erfolg erkennt, berichtet von vergleichsweise kleinen Schwärmen, die dennoch wirksam feindliche Ziele attackierten. Zusätzlich zu einer ausreichend großen Anzahl von Drohnen, scheint demnach auch ihre spezifische Koordination und Kollektivität ausschlaggebend zu sein. Entscheidend ist die Bewegung der Drohnen *als Schwarm*, wobei ›Schwarm‹ nicht nur auf ihre bloße Ansammlung verweist, sondern auf einen bestimmten vernetzten, computer-gestützten Operationsmodus.

Die besondere Verschränkung von Ideen der Quantität, Qualität, Kollektivität und Computertechnologie, die hier sichtbar wird, lässt sich entschlüsseln mit einem Blick auf die Ausführungen zweier weiterer Militärtheoretiker, John Arquilla und David Ronfeldt. Bereits im Jahr 2000, mehr als ein bis zwei Jahrzehnte vor den anderen genannten Stimmen, entwarfen sie das *Swarming* als entscheidende Kriegsdoktrin der Zukunft, wobei sie manche der späteren Schlussfolgerungen antizipierten. Anders als Blair, Helms und Joshi, bezogen sie sich nicht ausschließlich auf Schwärme aus technischen Drohnen, sondern erörterten das *Swarming* zunächst als generelle Militärtaktik. Sie verstanden darunter ein Vorgehen, das darauf zielt, gegnerische Abwehrmaßnahmen durch eine fortwährende Vielzahl von Angriffen aus unterschiedlichen Richtungen zu überlasten: »Swarming is seemingly amorphous, but it is a deliberately structured, coordinated, strategic way to strike from all directions, by means of a sustainable pulsing of force and/or fire, close-in as well as from stand-off positions.« (Arquilla und Ronfeldt 2000, vii) Einzelne Elemente dieser Taktik sahen Arquilla und Ronfeldt bereits von historischen Vorläufern erfolgreich umgesetzt, beispielsweise im Einsatz berittener Bogenschützen im Partherreich oder später im mongolischen Reich sowie bei biologischen Vorbildern wie Bienen und Wölfen (ebd., viii). Doch während Schwärme in diesem Sinne bereits seit Längerem als militärische Koordinationsform bedeutsam seien, würde ihr volles Potenzial erst jetzt, zu Beginn des 21. Jahrhunderts realisierbar werden. »Swarming«, so Arquilla und Ronfeldt (ebd., vii) im Anschluss an das obige Zitat,

will work best – perhaps it will only work – if it is designed mainly around the deployment of myriad, small, dispersed, networked maneuver units [...] swarming depends on a devolution of power to small units and a capacity to interconnect those units that has only recently become feasible, due to the information revolution.

Erst unter den Bedingungen neuer Informations- und Kommunikationstechnologien sei es demnach möglich, die amorphe, omnidirektionale Bewegung von Schwärmen tatsächlich zu koordinieren und sie damit gezielt einzusetzen. Arquilla und Ronfeldt machen hier explizit, was spätere Ansätze bereits voraussetzen: Der erfolgreiche Einsatz technischer Schwärme beruht auf spezifischen informationstechnischen Grundlagen, auf medialen Verbindungen und Mechanismen, die die Bewegungen einer schwärmen-den Vielzahl koordinieren können. Die erhofften und befürchteten Schwärme der Zukunft sind, mit anderen Worten, nicht einfach wirkmächtig, weil sie (zu) viele sind, sondern weil digitale Medien diese Vielheit instrumentierbar machen. Das Versprechen von Schwärmen im 21. Jahrhundert lautet in diesem Sinne, den Umschlag von Quantität in Qualität technisch gezielt entwickeln und kontrollieren zu können.

## Übertragungen

Schilderungen der militärischen Einsatzmöglichkeiten von Drohnenschwärmen und Spekulationen über ihre zukünftige strategische Bedeutung erfordern zweifelsohne eine ganze Reihe von Anmerkungen, insbesondere wenn sie beginnen, die Realität kriegerischer Auseinandersetzungen mit Begriffen der Präzision und Effektivität zu belegen und in einem Register der kühlen Bewunderung zu verhandeln. Es sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass militärische Konflikte auch beim Einsatz von Drohnenschwärmen tatsächliche Momente von Gewalt und Zerstörung bedeuten und ihre Folgen keineswegs auf strategischen Sachschaden beschränkt bleiben. Neben entsprechenden ethischen und politischen Einwänden, die gegen den Einsatz von Drohnenschwärmen vorgebracht werden (s. Benjamin 2013; Chamayou 2015; Kallenborn 2020; Sauer 2016, 2020), muss jedoch auch die grundlegende semantische Tatsache hervorgehoben werden, dass hier überhaupt von ›Schwärmen‹ und von ›Drohnen‹ die Rede ist. Denn während es mittlerweile üblich sein mag, selbststeuernde, flugfähige Roboter als ›Drohnen‹ und ihre Ansammlung als ›Schwärme‹ zu bezeichnen, so unterscheiden sich die technischen Apparate und ihre Zusammenhänge doch offenkundig von den Vögeln, Fischen und Insekten, mit denen sie dabei in Verbindung gebracht werden. Augenscheinlich sammeln weder technische Drohnen Honig, noch bilden biologische Drohnen digitale Netzwerke aus – zumindest in den meisten Fällen.<sup>2</sup>

Die Überkreuzung technischer und biologischer Phänomene in der Rede über Schwärme, die Bienen, das Mongolische Reich und Informationstechnologien zueinander in Beziehung setzt, bleibt keineswegs auf militärtheoretische Zusammenhänge beschränkt. Jene können vielmehr als lediglich eine Facette eines interdisziplinären Diskursfeldes begriffen werden, in dem etwa seit Ende der 1980er Jahre bemerkenswert viele Phänomenbereiche als Schwärme in den Blick genommen werden. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts argumentieren diverse Ansätze beispielsweise dafür, neue politische Bewegungen gemäß Schwarmmodellen zu koordinieren oder Unternehmensmanagement durch Praktiken der »Schwarmorganisation« zu verbessern (s. Falkvinge 2013; Neef und Burmeister 2005). Aus den Verhaltensmustern von Bienen und Ameisen werden Empfehlungen für allerlei menschliche Gruppen abgeleitet, bis hin zu »der Erkenntnis, dass auch wir Menschen echte Schwarmtiere sind« (Lorenzen 2010), während »Schwarmarchitektur« die Gestaltung von Gebäuden und Umgebungen transformieren soll (s. Fisher 2010; Miller 2010; Oosterhuis 2003). Eine wichtige Referenz für viele solcher Ansätze sind häufig informatisch geprägte Konzepte von Schwarmintelligenz. Diese kommen nicht selten auch in der Simulation und Optimierung etwa von Verkehrsflüssen, Logistik, Finanzmärkten und anderen komplexen Systemen zum Einsatz, während eng damit verbunden sogenannte Schwarmoptimierungsverfahren wichtige Fortschritte in der Entwicklung von künstlicher Intelligenz begründen. Nicht zuletzt

2 In unterschiedlichen Forschungsprojekten der letzten Jahre wurde Bienen und auch Vögel mit RFID Tags ausgestattet, um Informationen über ihr Verhalten zu erfassen. Die Aktivität der einzelnen Tiere wurde als Basis genutzt, um die Gesamtheit ihrer Interaktionen und Bewegungen, das heißt ihr Verhalten als Schwarm, zu modellieren und nachzuvollziehen (vgl. Bridger und Bonter 2011; Souza et al. 2018).

sind Schwärme und Schwarmmodelle auch in politik-, kultur- oder medientheoretischen Bemühungen Thema, die Subjekt-Objekt-Verhältnisse, Agency und Kollektivität neu zu denken suchen und Schwärme in diesem Kontext beispielsweise mit Netzwerken kontrastieren (s. Hardt und Negri 2004, 92; Thacker 2004b; Bennett 2010, 31–32). Wie bei den militärischen Schwärmen stehen auch bei diesen Ansätzen und Theorien häufig sprunghafte Verbesserungen im Mittelpunkt, neue Qualitäten, die aus der bewegten Kollektivität von Schwärmen hervorgehen sollen, die jetzt, im Rahmen von medientechnologischen Fortschritten, kontrollierbar werde. Das große Potenzial, das diese verschiedenen Positionen Schwärmen zuschreiben, besteht, wie Eva Horn (2009b, 7) festhält,

in einer anderen Form der Organisiertheit, einer Form, die den traditionellen Architekturen des Politischen, des Denkens, des Rechnens und der Kriegsführung radikal entgegengesetzt ist. Als Kollektive ohne Zentrum und ohne hierarchische Strukturierung erscheinen Schwärme im Sozialen als Organisationsformen mit größeren Freiheitsgraden, im Denken als kreativer und schneller, im Krieg als effizienter.

Ebenso wie in militärischen, soll die amorphe Kollektivität von Schwärmen also auch in zivilen Kontexten Früchte tragen und neue Formen der sozialen Organisation, des Wissensmanagements etc. ermöglichen.

Bei näherem Hinsehen zeigt sich, dass in dieser Rede von Schwärmen auf sehr unterschiedliche Phänomene Bezug genommen wird und die Bedeutungen im Detail variieren. Die jeweils spezifischen Hintergründe, Bedingungen oder auch Größenordnungen der verschiedenen Schwärme und die Implikationen ihrer Überkreuzung zu vernachlässigen, hieße, außer Acht zu lassen, dass im Diskurs über Schwärme, mit Niels Werber (2009, 186) gesprochen, »offensichtlich ein poetisches oder rhetorisches Verfahren am Werk [ist, T. O.], das die einzelnen Sachgebiete zu einer Isotopie verschaltet, die dann die Aussagen des Typs »so wie« plausibilisiert: Das Ameisennest sei wie ein Rhizom, wie ein Bienenschwarm, wie eine Routerwolke, wie eine Multitude.« Zahlreiche Auseinandersetzungen mit Schwärmen behandeln, mit anderen Worten, nicht einfach unterschiedliche Varianten von Schwärmen, sondern distinkte Gegenstandsbereiche, zwischen denen sie ein Konzept von Schwärmen übertragen. Sowohl konkrete Phänomene als auch ihre Kontexte werden dabei wechselseitig aufeinander bezogen und in neue Verhältnisse zueinander gesetzt. Mit Blick auf die diversen Phänomenbereiche und Wissensfelder, die in Auseinandersetzungen mit Schwärmen aufeinander treffen, erkennt daher auch Horn (2009b, 9) Schwärme grundlegend als »Gegenstand von Übertragungen – vom Biologischen ins Politische, Technische oder Soziale, vom Natürlichen ins Künstliche, vom Tier auf den Menschen.«<sup>3</sup> Diese Beobachtung geht einher mit einer Kritik: Die Übertragungen seien häufig unscharf, würden mangelhaft reflektiert oder beschränken sich auf metaphorische Kurzschlüsse, so Horn (2009b, 9–15). Schwärme würden auf diese Weise zu einem oberflächlichen Modell abstrahiert, das von einer nur scheinbaren Evidenz

3 Auch Brandstetter et al. (2007) behandeln Schwärme als Übertragungsphänomen. Sie sind dabei allerdings vor allem an Übertragungen von Bewegungen und Bewegungsimpulsen interessiert, die innerhalb von Schwärmen stattfinden können.

geprägt sei und die vielfältigen Materialitäten und Medialitäten, in denen Schwärme tatsächlich stattfinden, vergessen mache. Werden Schwärme als vielversprechende Organisationsform für militärische, menschliche oder mediale Aktivitäten beansprucht, deren Eigenheiten und Differenzen dabei jedoch unterschlagen, so würden viele wichtige und kritische Fragen außer Acht geraten.<sup>4</sup>

Der generellen Stoßrichtung dieser Kritik kann zugestimmt werden, zumindest insofern sie auf ein Plädoyer hinausläuft, die Medialitäten, epistemischen Annahmen und soziopolitischen Implikationen von unterschiedlichen Schwärmen gezielt freizulegen. Dies stellt nicht zuletzt ein Ziel der folgenden Kapitel dar. Zugleich jedoch – und in gewissermaßen entgegengesetzter Richtung – muss betont werden, dass die Beschreibungen bzw. Konzeptionen verschiedener Phänomene als Schwärme, während sie zweifelsohne von Unschärfen oder mangelnder Reflexion gekennzeichnet sind, keineswegs als beliebig angesehen werden können. Kollektive aus Bienen, Flugrobotern, Algorithmen oder auch bestimmte politische Bewegungen werden nicht zufällig allesamt als Schwärme identifiziert. Aussagen des Typs »so wie« erschöpfen sich bei näherem Hinsehen nicht in einer ausschließlich poetischen oder rhetorischen Dimension und ebenso wenig haben Übertragungen zwischen biologischen und technischen Wissensbereichen einen rein metaphorischen Gehalt. Wie sich im Verlauf der folgenden Kapitel zeigen wird, sind zudem viele einflussreiche Schwarmtheorien kaum so medienvergessen, wie es ausgehend von Horns Diagnose scheinen mag. Über die begrifflichen Dimensionen hinaus, wird die Verknüpfung unterschiedlicher Phänomene in der Rede von Schwärmen ebenfalls von diversen weiteren Übertragungen bedingt, die vor allem technische, praktische und ästhetische Aspekte von Schwärmen betreffen. Erst jene Übertragungen schaffen die Grundlage, auf der eine Ausweitung des Schwarmbegriffs stattfinden kann. Insbesondere zwei dieser Aspekte sollen an dieser Stelle kurz angeführt werden, nicht zuletzt weil sie auf eine grundlegende Schwierigkeit hinweisen können, die gerade im theoretischen Umgang mit Schwärmen bedacht werden muss.

Grundlegend für die Konzeption oder Konstruktion von Kollektiven technischer Apparate, Algorithmen oder menschlicher Akteure als Schwärme ist zunächst eine informatische und funktionale Dimension. Einen möglichen Anfangspunkt hierfür kann Craig Reynolds markieren, der in der Mitte der 1980er Jahre erstmals das Verhalten von (Vogel-)Schwärmen mathematisch modellierte und via Computerprogramm simulierte. Der simulierte Schwarm setzte sich aus individuellen Agenten zusammen, den »Boids« (kurz für bird-oid object), die jeweils eigenständig drei simple Verhaltensregeln befolgten:

1. Collision Avoidance: avoid collisions with nearby flockmates
2. Velocity Matching: attempt to match velocity with nearby flockmates
3. Flock Centering: attempt to stay close to nearby flockmates (Reynolds 1987, 28)

4 Auch Sebastian Vehlken (2012, 410) bemerkt einen »diskursive[n] Wildwuchs an Übertragungen des Schwarm-Begriffs« und kritisiert, dass diese oftmals unspezifisch blieben und materielle und medientechnische Grundlagen unbeachtet ließen.



Bewegten sich die simulierten Tiere auf jeweils lokaler Ebene und in Abgleich mit ihren direkten Nachbarn gemäß dieser Regeln, so brachte ihr Zusammenspiel die Muster und Dynamiken eines Vogelschwarms hervor. Viele spätere Ansätze, insbesondere im Kontext von Schwarmintelligenz und Schwarmoptimierung, bauen seither in der einen oder anderen Weise auf Reynolds Ergebnissen auf, sodass diese Verhaltensregeln, ihre Wiederholungen und Variationen mittlerweile einen Grundstein des Denkens über Schwärme bilden.

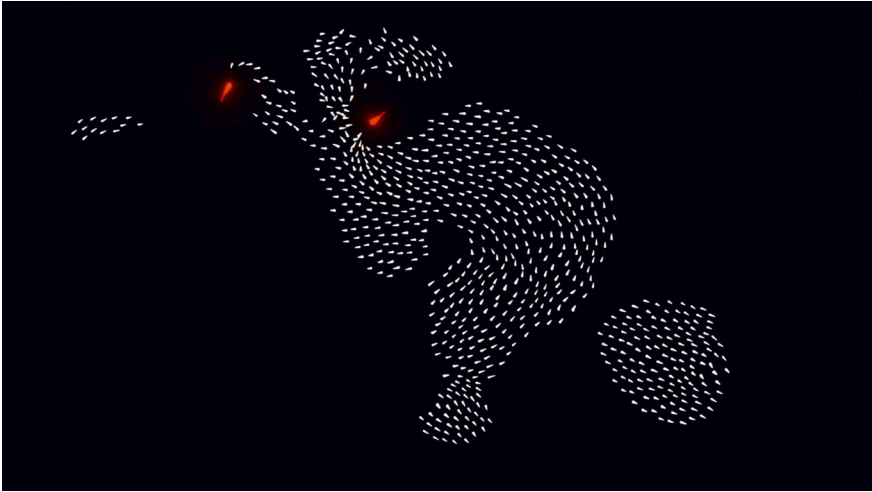


Abb. 9: Momentaufnahme einer Boids-Simulation nach Reynolds, mit einer Vielzahl von Agenten und zwei »Raubtieren«.

Quelle: Jorkoh (2020).

Es sind diese Regeln der Aggregation und individuellen Koordination sowie ein daran geknüpftes Verständnis von Schwarmverhalten als Form dynamischer Selbstorganisation, die im Mittelpunkt stehen, wenn technische Drohnen, Algorithmen oder andere Elemente als Schwärme beschrieben werden. Sie prägen die Idee von Schwärmen als kollektive Koordinationsform, die durch ein bestimmtes Verhalten individueller Agenten zu Verbesserungen, beispielsweise Effizienzsteigerungen, auf übergeordneter ökonomischer, logistischer oder anderer Ebene führen kann. Auch dem militärtheoretischen Verständnis von Schwärmen liegt diese Vorstellung zu Grunde: Die Schilderungen über den Einsatz von großen Mengen autonomer Flugroboter sind nicht (nur) auf Schwärme bezogen, da ihr Zusammenspiel an das Verhalten von Vögeln oder Bienen erinnert, sondern weil die technischen Drohnen spezifische Verhaltensregeln befolgen, die ein gemeinsames, selbstkoordinierendes Schwärmen hervorbringen sollen. Der Eindruck, den die Drohnen dabei erzeugen, wie auch ihre potenzielle Wirkmacht, stehen hier beide in Relation zu einem technischen Wissen, das auf die Gestaltung und den gezielten Einsatz von Schwarmverhalten ausgerichtet ist und in dessen Licht eine genuin biotechnische Form von Kollektivität aufscheint.



Wie Sebastian Vehlken (2012, 14) betont (dessen ausführliche Mediengeschichte der Schwarmforschung es an späterer Stelle zu vertiefen gilt), sind Schwärme in den diversen Schilderungen militärischer, algorithmischer oder menschlicher Konstellationen in diesem Sinne vor allem als abstraktes »Steuerungsmodell und Problemlösungsverfahren« relevant. Sie fungieren als Koordinationslogik, die in verschiedenen Bereichen ein- und umgesetzt werden kann, um bestimmte Effekte zu erzielen: effizientere Organisation, flexiblere Entscheidungsfindung, Optimierungsstrategien etc. Den diversen metaphorischen Bezügen auf Schwärme, die verschiedene Sachgebiete miteinander verschalten, liegt demnach, so Vehlken (ebd., 13; Herv. i.O.), »ein medientechnisches *Modell kollektiver Organisation* oder *Selbstorganisation* zugrunde, das prinzipiell in verschiedensten Gegenstandsbereichen wirksam werden konnte.« Die Analogiesierungen von Bienen-schwärmen, bestimmten soziopolitischen Organisationen und Flugrobotern werden somit, zumindest zum Teil, von der Idee angetrieben, dass in allen Fällen Elemente gemäß ähnlicher Regeln miteinander interagieren. Für Vehlken hat sich das Verständnis von Schwärmen folglich zunehmend von seinen tierischen Wurzeln distanziert. Kurzgefasst: Das Schwarmverhalten wurde auf mathematischem und informationstechnischem Wege zu einem Organisationsmodell abstrahiert und dabei von einem »Wissensobjekt« zu einer »Wissensfigur« transformiert (ebd., 17). Waren Schwärme zuvor ein eigener Erkenntnisgegenstand, dem auf verschiedene experimentelle oder theoretische Weise begegnet werden konnte, wurden sie im Rahmen von Informatik und Computersimulation zusehends von konkreten Phänomenen losgelöst und als »Prinzip agentenbasierter Simulationsmodelle« (Vehlken 2009, 128) operationalisiert. Spezifische Schwärme, auch tierische, seien seither nur noch als eine Inkarnation der übergreifenden Organisations- und Koordinationslogik von Schwärmen zu begreifen.<sup>5</sup>

Versteht man Schwärme in diesem Sinne als abstraktes Modell kollektiver Organisation, das auf eine Reihe von Bereichen und Phänomenen übertragen werden kann, so lässt sich nicht nur die Verschränkung distinkter Gegenstandsbereiche unter dem Schwarmbegriff besser nachvollziehen. Auch werden Aspekte sichtbar, die Schwärme in der Tat von klassischeren Organisationsformen unterscheiden. Es ist beispielsweise bemerkenswert, dass die Regeln, die die Kollektivität des Schwarms begründen, gerade nicht den Schwarm als Ganzen betreffen, sondern nur auf der Ebene der einzelnen Elemente zum Tragen kommen. Praktisch wie auch steuerungslogisch geht das gemeinsame, womöglich überwältigende Verhalten eines Schwarms aus den vergleichsweise simplen Interaktionen vieler, für sich je autonomer Einzelteile hervor. Diese Abwesenheit einer zentralen Steuerungsinstanz, die die Bewegungen der Schwarmelemente eigens koordiniert, Hierarchien durchsetzt etc., ist einer der entscheidenden Punkte, der viele der Versprechen von Effizienz und Anpassungsfähigkeit begründen soll, die Schwärme in sozialen oder ökonomischen Kontexten begleiten (vgl. Horn 2009b, 8).

Mit Blick auf die Verschiebung in der Rede von Schwärmen, die hier sichtbar zu werden beginnt, ist ebenfalls bemerkenswert, dass in der Simulation von Schwärmen nicht einfach biologische Erkenntnisse über tierische Verhaltensweisen in einen technischen

5 Vehlken betont, dass Schwärme als Wissensobjekt stets in formativen Wechselwirkungen mit ihren Beschreibungsversuchen und theoretischen Strategien stehen und als Wissensfigur neue Erkenntnisgegenstände *als Schwärme* formatieren und eigene Fragestellungen anleiten können.

Kontext transferiert wurden. Der Erfolg jener Simulation wirkte auch in umgekehrter Richtung auf das Verständnis von biologischen Schwärmen zurück, da auch sie fortan als Ausdruck spezifischer Regeln verstanden wurden. Werden Schwärme von Vögeln und anderen Tieren in jüngeren Texten als Beispiel oder Beleg für die besonderen Leistungen von Schwärmen angeführt, dann sind sie daher nicht einfach als vermeintlich ursprünglicher Erkenntnisgegenstand relevant, sie stehen als theoretisches Modell bereits im Zeichen einer abstrakten, regelhaften Koordinationslogik.

Ein ähnliches Wechselspiel zwischen tierischen und technischen, tatsächlichen und theoretischen Schwärmen kennzeichnet auch den zweiten Aspekt, der die konzeptionelle Verschaltung verschiedener Schwarmphänomene maßgeblich informiert. Es handelt sich dabei um die kognitive Herausforderung, die von Schwärmen ausgeht, und um die tendenziell unbestimmten Sinnesindrücke, die der Anblick von Schwärmen hervorrufen kann. Für viele tierische und menschliche Beobachter:innen erschweren die formlose Dynamik schillernder Fischschwärme oder die fließenden Bewegungen von Vogelschwärmen oft, einzelne Tiere oder eine klare Bewegungsrichtung des Schwarms auszumachen. Dieser Effekt ist einer der evolutionären Vorteile von tierischem Schwarmverhalten und dient der Verteidigung gegenüber Raubtieren. Gerade im Fall menschlicher Beobachtungsversuche erweckt die Schwierigkeit ihrer Wahrnehmung aber oft auch eine gewisse ästhetische Faszination für Schwärme, wie sich etwa an der Beliebtheit ablesen lässt, derer sich Schwärme als Motiv in Kunstwerken, Geschichten und Filmen erfreuen. Das Erscheinungsbild von Schwärmen und die Probleme, einzelne Subjekte im Schwarm visuell oder anderweitig zu fixieren, werden in diesem Kontext gerne genutzt, um Schwärmen eine bedrohliche oder unheimliche Dimension zu verleihen, einschlägig beispielsweise bei Alfred Hitchcocks *The Birds* (USA 1963) oder Frank Schätzing's *Der Schwarm* (2005; vgl. auch Horn 2009a). Auch in den zahlreichen Ansätzen, die Schwärme mindestens seit der griechischen Antike wiederholt als Motiv nutzen, um menschliche Gesellschafts- und Staatsformen zu illustrieren, zu vergleichen oder zu legitimieren (s. Kapitel 4.2), werden der Anblick von Schwärmen und die Probleme ihrer Fassbarkeit, Fragen ihrer Körperlichkeit und ihres Zusammenhalts wieder und wieder thematisiert. Die Faszination der Ästhetik und generellen Darstellbarkeit von Schwärmen schlägt sich nicht zuletzt ebenfalls im technischen, simulationswissenschaftlichen Umgang mit Schwärmen nieder. So beginnt Reynolds seinen erwähnten Aufsatz mit einer Schilderung jener Faszination, die der Anblick von Vogel-, Fischschwärmen oder Tierherden hervorrufen kann:

The motion of a flock of birds is one of nature's delights. Flocks and related synchronized group behaviors such as schools of fish or herds of land animals are both beautiful to watch and intriguing to contemplate. A flock exhibits many contrasts. It is made up of discrete birds yet overall motion seems fluid; it is simple in concept yet is so visually complex, it seems randomly arrayed and yet is magnificently synchronized. Perhaps most puzzling is the strong impression of intentional, centralized control. Yet all evidence indicates that flock motion must be merely the aggregate result of the actions of individual animals, each acting solely on the basis of its own local perception of the world. (Reynolds 1987, 25)

Gerade die Schönheit der Bewegungen von Schwärmen und die Schwierigkeit, diesen visuellen Eindruck technisch zu reproduzieren, begründen hier das Vorhaben, Schwärme mathematisch zu beschreiben und ihr Verhalten zu simulieren.<sup>6</sup> Noch grundsätzlicher hält auch Vehlken (2012, 25) fest, dass die kognitive Herausforderung, die von Schwarmbewegungen ausgeht, allen Versuchen ihrer Analyse notwendig vorausgehen. Jede Beobachtung und Erforschung von Schwärmen ist demnach mit dem Problem konfrontiert, dass Schwärme »als Schwärme [...] jedweden Prozess der Objektifizierung von Schwärmen« stören.



Abb. 10: Eine Schar Stare. Im Englischen wird das Schwarmverhalten von Staren als »murmuration« (dt. »Raunen«) bezeichnet, ein Begriff, der ebenfalls auf den schwer bestimmbaren akustischen Sinneseindruck verweist, den die gleichzeitige Bewegung zahlreicher Vögel hervorruft.  
Foto: Fraser Morrison (2020).

Was in diesen und ähnlichen Fällen im Vordergrund steht, sind nicht bzw. nicht nur eine abstrakte Steuerungslogik, ein Koordinationsverfahren oder poetische Übertragungen, sondern ein spezifischer Sinneseindruck und eine kognitive Schwierigkeit, die von den Bewegungen von Schwärmen hervorgerufen werden. Wie grundlegend diese Schwierigkeit für die Idee von Schwärmen ist, bestätigt nicht zuletzt der Begriff selbst: Die etymologische Wurzel des Schwarms bezieht sich, ähnlich lautmalerisch wie »schwirren«, auf den akustischen Effekt von schwärmenden, summenden Bienen

6 In etwas anderer Form wurde auch die Entwicklung der erwähnten Schwarmoptimierungsverfahren von der Optik von Schwärmen informiert. Nach Kennedy et al. (2001, XIX), den Entwicklern des grundlegenden Verfahrens der Partikelschwarmoptimierung (s. Kapitel 4.3), beruhte ihre Wahl des Schwarmbegriffs vor allem auf der Beobachtung, dass die frühen Visualisierungen der Algorithmen dem Verhalten von Moskitoschwärmen ähnlich sahen.

und verweist damit auf einen Sinneseindruck, der von einer Schwierigkeit zeugt, die entsprechenden Sinnesdaten klar zu erfassen und ihre Quelle eindeutig zu lokalisieren (Grimm und Grimm 1854–1961b, 2283–2293; vgl. auch Vehlken 2012, 28).

Diese Wahrnehmungsproblematik von Schwärmen steht mit ihrer Verwendung als Organisationsmodell und Koordinationsform nicht im Widerspruch. Im Gegenteil: Beschreiben etwa die besagten militärtheoretischen Ansätze statt der lediglich technischen Zusammenhänge einen »thick ›swarm««, dessen Drohnen den Himmel »erfüllen« (Blair und Helms 2013, 15–16), während sie amorph aus allen Richtungen zugleich angreifen (Arquilla und Ronfeldt 2000, vii), so offenbaren sie ausdrücklich die kognitiven Schwierigkeiten, die Schwärme ihren Beobachter:innen bereiten. Der Erfolg der Drohnenschwärme hängt davon ab, dass sie die Verteidigungsmaßnahmen gegnerischer Streitkräfte überfordern sollen, das heißt deren Fähigkeiten, spezifische oder ausreichend viele Drohnen zu erfassen und auf sie zu reagieren. Ganz ähnlich wie bei tierischen Schwärmen, deren Bewegungen Raubtiere irritieren, beruht demnach auch hier die große Wirksamkeit, die technische Schwärme aufweisen sollen, in einem signifikanten Maße darauf, dass einzelne Teile des Schwarms nicht länger klar voneinander unterschieden werden können und die genauen Verkettungen ihrer Aktionen, Prozesse und Bewegungen unüberschaubar werden – militärische und kognitive Überwältigung fallen in eins. Ähnliches gilt auch für manche zivile Einsatzbereiche von Schwärmen. Gerade in politischen Ansätzen, die Schwarmlogiken als Grundlage neuer aktivistischer Bewegungen und Formen politischer Koordination beanspruchen (s. Kapitel 4.5), wird eine Unübersichtlichkeit von Schwärmen etwa als Möglichkeit relevant, Versuchen externer Vereinnahmung und Kontrolle Widerstand zu leisten. Unter dem Vorzeichen ihrer (technischen) Operationalisierung werden die kognitiven Herausforderungen von Schwärmen hier von einer Problemlage in einen nutzbaren Vorteil transformiert, der mit den kollektiven Leistungen von Schwärmen Hand in Hand geht.

Das Spannungsverhältnis zwischen der abstrakten, potenziell medienvergessenen Steuerungslogik, die viele Konzeptionen von Schwärmen im 21. Jahrhundert markiert, und den zutiefst medialen Aspekten ihrer Ästhetik und Wahrnehmung, das hier erkennbar wird, kann aufzeigen, dass die Rede von Schwärmen vielschichtiger ist, als sie auf den ersten Blick erscheinen mag. Werden biologische und technische, menschliche und algorithmische Kollektivitäten in verschiedenen Ansätzen und Theorien allesamt als Schwärme verhandelt, dann sind dabei Übertragungen auf begrifflichen und metaphorischen ebenso wie auf praktischen, technischen und ästhetischen Ebenen von Bedeutung, die kaum klar voneinander zu trennen oder auf einen einzelnen Übertragungsvektor zu reduzieren sind. Erst ihr Wechselspiel, ihre Überschneidungen und teils auch Widersprüche informieren das gegenwärtige Verständnis von Schwärmen.

Diese Erkenntnis ruft zugleich eine wichtige methodische Frage im Umgang mit Schwärmen und mehr noch mit Schwarmtheorien auf. Denn wenn die Rede von Schwärmen von allerlei Übertragungen durchzogen ist und wenn die kognitiven Herausforderungen, die von Schwärmen ausgehen, stets auch Versuche ihrer Analyse betreffen, dann lässt sich fragen, inwiefern Momente der Unschärfe und Unübersichtlichkeit Schwärme womöglich auch auf theoretischer und konzeptioneller Ebene zwangsläufig begleiten. Begreift man die tendenzielle Unbestimmbarkeit von Schwärmen – oder, um vorzugreifen, ihr Rauschen – als Merkmal ihrer grundlegenden Ereignishaftig-

keit, so lassen sich auch begriffliche Unschärfen, undifferenzierte Übertragungen oder Vermengungen verschiedener Materialitäten, wie sie in manchen Beschreibungen von Schwärmen vorkommen, als Reflexionen dieser Eigenheit in den Blick nehmen. Sie sind dann zwar nicht weniger problematisch, erweisen sich aber zumindest als charakteristisch für das Diskursobjekt des Schwarms. Dieser Gedanke verhindert weder eine praktische noch eine theoretische Auseinandersetzung mit Schwärmen, doch weist er auf die Notwendigkeit hin, der Beweglichkeit sowohl von Schwärmen als auch der Versuche ihrer Beobachtung und Theoretisierung Rechnung zu tragen. Ansätze, die danach streben, unterschiedliche Schwarmphänomene voneinander zu trennen und Schwärme in diesem Sinne auf theoretischer Ebene beurteilbar zu machen, laufen Gefahr, jene Aspekte aus den Augen zu verlieren, die Schwärme und ihre Figuration von Kollektivität auszeichnen. Während im Folgenden das Wechselspiel verschiedener Schwarmperspektiven, -projekte und -theorien freigelegt und die darin artikulierte Idee von Kollektivität hinterfragt werden, erscheinen Versuche, der praktischen ebenso wie der konzeptionellen Beweglichkeit von Schwärmen vorschnell Einhalt zu gebieten, wenig sinnvoll. Um sich Schwärmen dennoch über eine Diagnose ihrer Unbestimmbarkeit hinaus analytisch zu nähern, scheint eine umgekehrte Herangehensweise geeignet. Es bietet sich an, mit zwei Perspektiven auf Schwärme zu beginnen, die genau jene problematischen Aspekte von Schwärmen zum Ausgangspunkt ihrer Untersuchung machen: erstens ihre Umschlagsmomente und Übergangslogik – ihre Emergenz – und zweitens ihre konstitutive Verstrickung mit und Störung von Versuchen ihrer Beobachtung – ihr Rauschen.

## Emergenz

Nähert man sich Auseinandersetzungen mit verschiedenen tierischen und technischen, tatsächlichen und theoretischen Schwärmen mit Blick darauf, wie sie ihren jeweiligen Gegenstand als Schwarm formatieren und welche Aspekte sie im Zuge dessen hervorheben, dann fällt auf, dass dabei nicht selten eine von zwei Sichtweisen eingenommen wird. Viele Ansätze neigen dazu, entweder eine Gesamtheit des Schwarms hervorzuheben, die dem Verhalten einzelner Teile übergeordnet sei, oder umgekehrt die Interaktionen der individuellen Schwarmelemente in den Vordergrund zu rücken, um daraus den Schwarm als Entität abzuleiten.

Vor allem ältere Schilderungen von Tierschwärmen, bevor Schwarmverhalten unter simulationswissenschaftlichem Einfluss zunehmend zu einem Organisationsmodell abstrahiert wurde, verstanden ihr jeweiliges Objekt häufig als gegliedertes, aber zusammengehöriges Gesamtwesen. Insbesondere Ameisen und Bienen wurden im Laufe der vergangenen Jahrhunderte von zahlreichen Theoretiker:innen als kollektive Organismen beschrieben, deren Teile zwar scheinbar unabhängig voneinander agieren konnten, aber dennoch einen gemeinsamen Körper bildeten. Nach einer organischen Logik entsprachen individuelle Drohnen und Einzeltiere hier den Zellen eines Körpers, die nur innerhalb ihrer Gesamtkonfiguration eine Funktion erhielten. Ein eventuelles Wesen des Schwarms, seine Identität und sein Verhalten wurden von dieser überindividuellen Ebene bestimmt, während die einzelnen Tiere, wie Zellen, austauschbar waren. Besonders deutlich kommt diese Schwerpunktsetzung in zahlreichen histori-

schen Texten zum Ausdruck, die tierische Schwärme mindestens seit der griechischen Antike wiederholt herangezogen haben, um sie mit einer beachtlichen Bandbreite menschlicher Gesellschaftsformen in Beziehung zu setzen. Wie später noch vertieft wird, sollten gerade Insektenschwärme Thesen über menschliche Sozialität und Herrschaftsmodelle wahlweise illustrieren, kontrastieren oder auch legitimieren: Aristoteles (1910, I) zählte Ameisen und Bienen zusammen mit Menschen zu den politischen Lebewesen; für Thomas Hobbes (1651, Kap. 17) waren Bienenvölker ein wichtiges Motiv in seinen Ausführungen über einen Staatskörper und die Idee des Commonwealth; und auch Henri Bergson (2019 [1932], 279) verglich menschliche Gesellschaft mit einem Ameisenhaufen. Mit einem Augenmerk auf ihr strukturiertes Gesamtwesen und Sozialgebilde motivierten und informierten Schwärme in diesen Kontexten verschiedene Selbstbeschreibungen menschlicher Gesellschaften. Auf eine ähnliche Weise wurde die organische Gesamtheit von Schwärmen auch in diversen literarischen Schwarmbeschreibungen aufgerufen (s. exemplarisch Lessing 1981 [1778], 41–52). Nicht selten spielte dabei die erwähnte visuelle Eindrücklichkeit von Schwärmen – die Schwierigkeit, einzelne Tiere im Schwarm auszumachen und im Blick zu behalten – eine wichtige Rolle in der Interpretation von Schwärmen als zusammenhängende Organismen.

Jüngere Ansätze tendieren hingegen dazu, ihr Augenmerk stärker auf die konstitutive Rolle der individuellen Elemente eines Schwarms zu legen, das heißt die einzelnen Tiere bzw. Agenten und ihr Verhalten zu betrachten. Statt der Einheit eines Schwarms wird in dieser Perspektive die Vielheit seiner Elemente privilegiert, um das Phänomen zu erklären. Schwärme sind dementsprechend weniger als zusammenhängende Gesamtwesen von Interesse und mehr – in der Tradition von Reynolds' (1987) Schilderung der Verhaltensregeln simulierter Vögel – als kumulativer Effekt des Verhaltens vieler einzelner, jeweils autonomer Schwarmagenten. Schwärme werden als lose Gebilde verstanden, deren übergreifende Bewegungen lediglich ein Resultat der komplexen, non-linearen Wechselwirkungen sind, die sich auf einer tieferliegenden Ebene zwischen einer Vielzahl eigenständiger Agenten abspielen. Diese Agenten, bei denen es sich um Tiere, Menschen oder auch Algorithmen und andere Formen von Akteuren handeln kann, bestimmen demnach summarisch das Verhalten des Schwarms im Ganzen. Wie bereits erwähnt, kennzeichnet diese Perspektive speziell informationstheoretische und simulationswissenschaftliche Forschungen der letzten Jahrzehnte. Die modellhafte Abstraktion von Schwärmen begünstigt dabei (potenziell unscharfe) Übertragungen, wie Horn (2009b) kritisiert, sodass auch Ansätze, die Schwärme als politische oder ökonomische Organisationsmodelle beanspruchen, meist die Vielheit individueller Akteure als Ursprung des Schwarms veranschlagen.

In der Gegenüberstellung dieser älteren und jüngeren Perspektiven, so ließe sich zusammenfassen, kann beobachtet werden, wie sich mit der medientechnischen Simulation und Abstraktion von Schwärmen das Augenmerk vieler Beschreibungen verlagert. Schwärme werden seltener als homogene, organische Gesamtwesen und zunehmend mit Blick auf ihre Bestandteile und deren Interaktionen thematisiert. Diese Entwicklung des Schwarmdiskurses heben auch mehrere andere Theoretiker:innen hervor und erkennen in den voneinander abweichenden Sichtweisen auf Schwärme etwa historische Stadien des Schwarmdiskurses (Vehlken 2012, 20–23), unterschiedliche Übertragungsvektoren der Schwarmmetapher (Horn 2009b, 15) oder eine Genealogie verschiedener



Schwarmlogiken (Johach 2009, 220). Doch während damit zweifelsohne eine wichtige Verschiebung im Umgang mit Schwärmen angesprochen ist, muss darauf hingewiesen werden, dass jüngere, computertechnologisch geprägte Ansätze keineswegs vollständig das Interesse an einer Gesamtheit von Schwärmen verlieren. Berufen sich aktivistische Bewegungen auf Ideen der Schwarmintelligenz und beanspruchen Schwarmmodelle als politische Organisationsform – beispielsweise im Fall der schwedischen Piratenpartei oder der Regenschirm-Bewegung in Hongkong (s. Kapitel 4.5) – so mögen individuelle Verhaltensweisen im Vordergrund stehen, die daraus resultierende Zusammengehörigkeit und soziale Einheit aller Schwarmelemente sind jedoch klar von entscheidender Bedeutung. Umgekehrt legten bereits viele ältere Ansätze durchaus ein Interesse an den Verhaltensweisen einzelner Schwarmtiere an den Tag, insbesondere bezüglich ihrer Hierarchisierung. Ein potenzieller Bruch zwischen früheren, meist biologisch und gegenwärtigen, stärker technologisch geprägten Schwarmtheorien fällt somit kaum so klar aus, wie es eine historische Unterteilung auf den ersten Blick nahelegen mag.

Es lohnt an dieser Stelle ein Sprung zu den schwarmtheoretischen Überlegungen von Kevin Kelly (1994). Dieser legt sein Augenmerk auf den Übergang zwischen den Bestandteilen und der Gesamtheit von Schwärmen, worin er sowohl den praktischen als auch theoretischen Kern von Schwarmphänomenen erkennt. Das zentrale Beispiel, das für Kelly die Logik von Schwärmen illustrieren kann und das sich daher paradigmatisch durch seinen Text zieht, ist das Verhältnis von Bienen und ihren Bienenstöcken. In ihrer Komplexität, Größe und als biologische Organismen seien beide grundsätzlich verschieden, wie Kelly (ebd., 13) betont, und doch gehe der Bienenstock direkt aus dem kollektiven Verhalten einer Bienenpopulation hervor: »To generate a colony organism from a bug organism requires only that the bugs be multiplied so that there are many, many more of them, and that they can communicate with each other. At some stage the level of complexity reaches a point where new categories like ›colony‹ can emerge from simple categories of ›bug.‹« Der Organismus des Bienenstocks sei Bienen inhärent, ohne aber mittels einer Untersuchung einzelner Bienen festgestellt oder auch vorhergesagt werden zu können. In einem biologischen Kontext ereignet sich hier für Kelly ein Prozess, der auch für viele physikalische Phänomene grundlegend sei:

More is different. One grain of sand cannot avalanche, but pile up enough grains of sand and you get a dune that can trigger avalanches. Certain physical attributes such as temperature depend on collective behaviour. A single molecule floating in space does not really have a temperature. Temperature is more correctly thought of as a group characteristic that a population of molecules has. Though temperature is an emergent property, it can be measured precisely, confidently, and predictably. It is real. (ebd., 20–21)

Analog zu Phänomenen wie Temperatur und Lawinen, seien also auch Schwarmphänomene abhängig vom Verhalten vieler einzelner Elemente, real und oft mit signifikanten Transformationen verbunden. Kelly zielt an dieser Stelle auf die Idee einer abstrahierbaren Schwarmlogik, die von vormaligen tierischen auf nun menschliche und technische Zusammenhänge übertragen und auch dort mit unvorhergesehenen Veränderungen ein-



hergehen wird. Den entscheidenden Gedanken dieser Schwarmlogik verrät dabei der Anfang des obigen Zitats.

Mit den Worten »more is different« wiederholt Kelly den Titel und zugleich die zentrale These eines einflussreichen Textes, den Philip W. Anderson (1972) Anfang der 1970er Jahre formulierte. Die Formel – als lakonischer Leitsatz Lenins »Quantity has a quality all its own« mindestens ebenbürtig – stand dabei im Kontext einer damaligen, vornehmlich physikwissenschaftlichen Debatte über den Wert und die Berechtigung unterschiedlicher Forschungsansätze: Bestärkt durch einen immensen naturwissenschaftlichen Wissenszuwachs und speziell durch teilchenphysikalische Erkenntnisse über das Verhalten und die Gesetzmäßigkeiten immer kleinerer Bestandteile der Welt, hatte sich im Laufe des 20. Jahrhunderts zunehmend ein wissenschaftlicher Reduktionismus ausgebreitet. Viele (Natur-)Wissenschaftler:innen gingen davon aus, dass alle Abläufe des Universums bestimmten grundlegenden Gesetzen folgen und dementsprechend auch die Zusammenhänge und Interaktionen komplexer Phänomene prinzipiell von diesen Regeln abgeleitet und damit erklärt werden können. Chemische, biologische oder soziologische Phänomene können dieser Logik zufolge auf das Verhalten ihrer jeweils fundamentalen Komponenten zurückgeführt werden und sind demnach alle letztlich, zumindest theoretisch, physikalisch erklärbar. Gegen diese reduktionistische Perspektive argumentierte nun Anderson:

The main fallacy in this kind of thinking is that the reductionist approach does not by any means imply a ›constructionist‹ one: The ability to reduce everything to simple fundamental laws does not imply the ability to start from those laws and reconstruct the universe. [...] The constructionist hypothesis breaks down when confronted with the twin difficulties of scale and complexity. At each level of complexity entirely new properties appear. Psychology is not applied biology, nor is biology applied chemistry. (Anderson 1972, 393)

Selbst wenn größere Phänomene sich also auf die Relationen und das Verhalten ihrer Bestandteile zurückführen lassen, aus denen sie sich schließlich unweigerlich zusammensetzen, folge daraus nicht, dass diese Phänomene in umgekehrter Richtung erschöpfend erklärt werden könnten. Höhere Größenordnungen oder Komplexitätsebenen entwickeln stattdessen eigene Dynamiken und Wechselwirkungen, die eigenständig bedacht und untersucht werden müssen und nicht mehr auf die Interaktionen ihrer Elemente reduziert werden können. Wenngleich Anderson den Begriff nicht selbst verwendete, stellte er der reduktionistischen Perspektive somit ein Konzept der Emergenz gegenüber. Mit diesem Plädoyer legte er einen wichtigen Grundstein für Ansätze der Komplexitätsforschung und für viele emergenztheoretische Perspektiven seither.<sup>7</sup>

7 Der Begriff der Emergenz ebenso wie emergenztheoretische Ansätze reichen selbstverständlich weit vor die 1970er Jahre zurück. Vor allem knapp ein Jahrhundert zuvor wurden entsprechende Ideen im Kontext vitalistischer Überlegungen ausgiebig von den sogenannten britischen Emergentisten diskutiert, geprägt unter anderem von John Stuart Mill und George Henry Lewes. Konfrontiert mit den naturwissenschaftlichen Erklärungsmodellen des 20. Jahrhunderts hatten der Begriff und die Perspektive der Emergenz jedoch stark an Bedeutung verloren. Für eine ausführ-

Wichtig ist, dass Anderson reduktionistischen Ansätzen im Zuge seiner Argumentation nicht generell ihren Wert abspricht. Er wendet sich vielmehr gegen eine problematische Totalisierung dieser Perspektive und macht Komplexität und Emergenz als komplementäre Ideen zu reduktionistischen Erklärungen stark. Im Zentrum seines Verständnisses von emergenten Prozessen stehen zudem nicht, wie bei den britischen Emergentisten im 19. und 20. oder bei Michael Hardt und Antonio Negri im 21. Jahrhundert, irreduzible Vitalkräfte, sondern die prinzipielle Einsicht, wie sie Paul Davies anschaulich auf den Punkt bringt,

that in physical systems the whole is often more than the sum of its parts. That is to say, at each level of complexity, new and often surprising qualities emerge that cannot, at least in any straightforward manner, be attributed to known properties of the constituents. In some cases, the emergent quality simply makes no sense when applied to the parts. Thus water may be described as wet, but it would be meaningless to ask whether a molecule of H<sub>2</sub>O is wet. (Davies 2006, X)

Sind Prozesse oder Systeme in diesem Sinne emergent, so sind sie folglich nicht lediglich komplex – sie bringen neue Qualitäten hervor. Ihre Ergebnisse oder ihr Verlauf, das heißt der Übergang von ihren Einzelelementen zu einem größeren Ganzen, sind komplex insofern, als sie nicht verlässlich vorhergesagt werden können und daher unerwartete oder überraschende Resultate aufweisen. Im Gegensatz zu manchen Ansätzen, die einen sehr breiten Begriff von Emergenz verfolgen, insbesondere etwa Wolfgang Iser<sup>8</sup>, bleibt Emergenz hier zunächst stark auf die Beschreibung und Analyse konkreter naturwissenschaftlicher Phänomene bezogen.<sup>9</sup>

---

liche Darlegung der geschichtlichen Hintergründe und Phasen der Emergenztheorie vgl. Clayton (2006).

- 8 Auch bei Iser (2013) Verständnis von Emergenz steht die Hervorbringung von Neuem im Mittelpunkt. Analog zu naturwissenschaftlicheren Positionen hält er fest, dass emergente Phänomene und Entwicklungen nicht vorhergesagt werden können, und betont, dass Emergenz als solche in diesem Sinne einen Übergang bedeute, der nicht auf allgemeingültige, übergreifende Prinzipien zurückführbar sei. Wie Hans Ulrich Gumbrecht (2013, 16–17) in seinem Vorwort zum selben Werk anmerkt, ist Iser dabei letztlich an Emergenz als einer literatur- und kulturtheoretischen Alternative zu einem klassischen Geschichtsbegriff gelegen, die neben physikalischen Phänomenen auch Akte der Interpretation, des Fingierens oder die Verhältnisse von Diskursen und ihren Gegenständen (Iser 2013, 39–41) als Hervorbringungen von Neuem begreifen kann, ohne dabei nach Ursprüngen und Gründen zu fragen. Emergenz wird damit bei Iser letztlich zu einer »Universalie« und bedeutet, manchen Schwarmbeschreibungen durchaus verwandt, »fortlaufende Transformation« (ebd., 44).
- 9 Dies tut der wissenschaftsphilosophischen Bedeutung des Konzepts keinen Abbruch, denn auch ohne die vitalistische Ausrichtung der früheren Emergentisten geht es bei jüngeren Diskussionen von Emergenz nicht selten um Fragen nach kausaler Bestimmung, nach möglichen Letzterklärungen oder Grenzen von Wissen und Wissbarkeit ebenso wie um mögliche Hierarchisierungen wissenschaftlicher Disziplinen. Je nachdem, ob Emergenz dabei als prinzipiell epistemologische Angelegenheit verhandelt wird oder darüber hinaus ontologisch in Anspruch genommen wird, gehen mit den unterschiedlichen Interpretationen von Emergenz sehr unterschiedliche Schlussfolgerungen einher. Mit Rückgriff auf Mark Bedau (1997) kann hier eine grobe Unterscheidung zwischen Theorien »schwacher Emergenz« und Theorien »starker Emergenz« getroffen werden. Ein

Leitet Kelly Mitte der 1990er Jahre seine Gedanken über das Verhältnis von Bienen und Bienenstöcken mit der Feststellung »more is different« ein, so markiert er Schwärme als Fälle von Emergenz. Auch Schwarmphänomene, so die Schlussfolgerung, können nicht rein ausgehend von dem Verhalten ihrer Teilelemente erklärt werden; auch Schwarmprozesse führen zu überraschenden, schwer berechenbaren Ergebnissen. Für Kelly steht hier nicht die epistemische Frage im Mittelpunkt, ob Schwarmphänomene als Fall von Emergenz überhaupt verstanden bzw. erklärt werden können und ob eine solche Erklärung nur vor dem Hintergrund des gegenwärtigen Wissensstands oder womöglich grundsätzlich unmöglich sein könnte. Wichtiger ist stattdessen die prinzipielle Beobachtung, dass auf der Ebene eines Schwarms im Ganzen andere Eigenschaften und Dynamiken zur Geltung kommen als auf der Ebene seiner Bestandteile und dass die Übergänge zwischen beiden Ebenen oft sprunghaft anmuten und existenzverändernde Unterschiede für alle beteiligten Elemente bedeuten: »The whole 50-pound hive organ emerges with its own identity from the tiny bee parts. The hive possesses much that none of its parts possesses. One speck of a honeybee brain operates with a memory of six days; the hive as whole operates with a memory of three months, twice as long as the average bee lives.« (Kelly 1994, 12) Wie bei anderen emergenten Phänomenen, treten auch bei Schwarmphänomenen neue Kollektivitäten hervor, deren Auswirkungen und Möglichkeiten nicht lediglich anders, sondern überraschend und kaum vorhersehbar seien.<sup>10</sup> Interessant ist in diesem Kontext, dass auch Zuschreibungen von Emergenz, ganz ähnlich den Auseinandersetzungen mit Schwarmphänomenen, bereits grundlegend an ein Beobachtungsverhältnis gekoppelt sind. Wird Emergenz als Hervorbringung nicht vorhersagbarer und daher unerwarteter Qualitäten verstanden, dann fungiert sie, worauf auch David Chalmers (2006, 251) hinweist, als »observer-relative property.« Ob ein Prozess emergent ist, hängt dann von einer Relation zwischen dem jeweiligen Prozess und seinen Beobachter:innen und deren Wahrnehmungs- und Erklärungskapazitäten ab.

Die emergente Dynamik, die im Verhältnis von Bienen und Bienenstöcken sichtbar wird und die Erklärungskapazitäten ihrer Beobachter:innen auf die Probe stellt, ist Kelly zufolge für weit mehr als nur tierische Kollektive von Bedeutung. In dem Übergang zwischen vielen Einzelementen und einer übergeordneten Einheit, den Bienenschwärme demonstrieren, erkennt er ein generelles Modell dezentraler Organisation und eine

---

»stark emergentes« Phänomen ist autonom im Verhältnis zu seinen Elementen, es determiniert sie kausal und ist nicht auf sie zurückführbar. Wahrheiten über das emergente Phänomen können prinzipiell nicht von Wahrheiten über seine Elemente abgeleitet werden. Ein »schwach emergentes« Phänomen hingegen kann zwar nicht vorhergesagt oder aus dem Verhalten seiner Elemente abgeleitet werden, kann aber nachträglich, durch Untersuchungen, Simulationen etc. nachvollzogen werden. Es mag mit einem gegebenen Wissensstand nicht erklärbar sein, ist aber nicht grundsätzlich unerklärlich. Konzepte starker – oder alternativ: ontologischer – Emergenz sind vor allem, aber nicht nur im britischen Emergentismus vertreten, während neuere Ansätze in der Komplexitätsforschung eher zu Konzepten schwacher – epistemologischer – Emergenz tendieren (vgl. hierzu auch Chalmers 2006). Verschiedene aktuelle Perspektiven auf emergente Phänomene in unterschiedlichen Wissensbereichen finden sich in Clayton und Davies (2006).

10 Anderson (1972, 393) selbst hebt in seinem Text nachdrücklich hervor: »We can now see that the whole becomes not merely more, but very different from the sum of its parts.«

Logik kollektiver Intelligenz. Die computertechnischen Fortschritte Ende des 20. Jahrhunderts, so Kelly, hätten es ermöglicht, diese ursprünglich natürliche Logik zu erkennen, nachzuahmen und gezielt in andere, technologische und gesellschaftliche Sphären zu übertragen, wo dementsprechend ebenfalls neue, unerwartete Komplexitäten hervortreten. Im Laufe seines Buches perspektiviert Kelly in diesem Sinne über Bienen hinaus auch weitere ökologische Zusammenhänge, bürokratische oder ökonomische Organisationsprozesse, Computernetzwerke und schließlich auch menschliche Intelligenz und Kultur als Phänomene, die entweder durch den Einsatz von Schwarmlogik grundlegend transformiert werden oder davon profitieren können, als emergente Schwarmprozesse konzipiert zu werden. Kurzgefasst: Er exemplifiziert jene bereits angemerkte Vermengung biologischer und computertechnischer, organisatorischer Schwarmphänomene, die mit Blick auf die 1990er und frühen 2000er Jahre festgestellt werden kann. Interessanterweise ist Kelly sich dieser Überkreuzung vormals getrennter Semantiken und Bereiche deutlich bewusst. Die Verschränkung von Natur und Technologie ist ein Hauptmotiv seiner Ausführungen: »The realm of the *born* – all that is nature – and the realm of the *made* – all that is humanly constructed – are becoming one. Machines are becoming biological and the biological is becoming engineered.« (Kelly 1994, 1; Herv. i.O.) Das Resultat einer technischen Nachahmung und Übernahme von Schwarmlogiken, wie Kelly (ebd., 4) sie in Aussicht stellt, lässt die schwere Nachvollziehbarkeit emergenter Prozesse und die potenzielle Überwältigung, die Schwärme hervorrufen können, in eins fallen: »The world of the made will soon be like the world of the born: autonomous, adaptable, and creative but, consequently, out of our control.«

Kann der Rede von Schwärmen zu Beginn des 21. Jahrhunderts eine Vermengung verschiedener Materialitäten und Phänomene vorgeworfen werden, so haben Kellys Schilderungen zweifelsohne mit dazu beigetragen. Sein Ansatz zeigt recht früh diverse Übertragungen und eine gewisse Abstraktion von Schwärmen, die viele andere Stimmen seither spiegeln. Dennoch stellt sein expliziter Hinweis auf die emergente Dimension von Schwärmen einen vielversprechenden Ausgangspunkt im Umgang mit konkreten Schwarmphänomenen und insbesondere mit ihren Theoretisierungen und Beschreibungen dar. Werden Schwärme als fundamental unübersichtliche Phänomene diskutiert, die – gerade im Kontext digitaler Medien – oftmals schwer nachvollziehbar und zu überraschenden oder überwältigenden Leistungen fähig sind, dann werden Schwärme offensichtlich als Fälle von Emergenz verhandelt. Ausführungen über den Zusammenhang der verschiedenen Ebenen von Schwärmen, die wechselseitigen Beeinflussungen ihrer Teile und ihres Ganzen etc. lassen sich in diesem Sinne vor einem emergenztheoretischen Hintergrund lesen. Diese generelle Einsicht ist naheliegend, auch Horn (2009b, 11–12) weist auf die emergente Dimension von Schwärmen hin, mit direktem Bezug auf Kellys Ansatz. Über diesen generellen Hinweis auf Emergenz hinaus, lässt sich mit Kelly und Anderson jedoch noch etwas Spezifischeres hervorheben, nämlich die Gleichzeitigkeit der verschiedenen involvierten Ebenen. Emergenz lässt sich nur leicht als zeitlicher Entwicklungsprozess (miss-)verstehen, bei dem das Phänomen höherer Ordnung aus dem Verhalten kleinerer Teile hervorgeht und dieses Verhalten dabei ablöst. Das Phänomen der Temperatur, welches Kelly heranzieht, ist hingegen nicht real und wirksam *nachdem*, sondern *während* und weil sich Moleküle bewegen. Ebenso ist ein Bienenstock nicht dem Verhalten vieler einzelner Bienen nach-

gelagert, er besteht aus der zeitgleichen Gesamtheit seiner Bienen. Im Umgang mit Schwärmen und Schwarmbewegungen muss in diesem Sinne bedacht werden, dass eine Einheit von Schwärmen die Vielheit ihrer Teilelemente nicht ablöst, sondern zu ihr hinzutritt. Schwärme sind Vielheit und Einheit zugleich.<sup>11</sup>

Verstanden als emergenter Prozess, geraten Schwärme auf diese Weise als Phänomene in den Blick, die sich durch eine komplexe Verschränkung und Überlagerung mehrerer räumlicher und zeitlicher Ebenen auszeichnen, deren potenzielle Vorrangigkeit jedoch stets eine Frage der Perspektive bleibt. Die eingangs skizzierte Tatsache, dass viele Ansätze dazu neigen, eine dieser Ebenen zu privilegieren, erscheint somit in einem anderen Licht. Historisch und disziplinär unterschiedlich bedingte Sichtweisen auf Schwärme, statt sie einander als konkurrierende oder ablösende Perspektiven gegenüberzustellen, lassen sich ebenfalls als komplementäre Zugänge zu Schwärmen verstehen: Verhandeln sie ihre Gegenstände einerseits als zusammenhängende Organismen, die ihren Einzelteilen eine Funktion geben, und andererseits als Vielzahl autonomer Einzelagenten, aus deren Interaktionen ein gemeinsamer Effekt hervorgeht, dann adressieren sie Schwärme auf unterschiedlichen Größenebenen, drehen sich dabei jedoch um einen gemeinsamen Kern. Es ist der Übergang zwischen den Bestandteilen eines Schwarms und seiner Gesamtheit, der den Fragehorizont sowohl früher biologischer und entomologischer als auch zeitgenössischer informatischer oder aktivistischer Schwarmtheorien markiert. Egal ob ihre Einheit oder ihre Vielheit in den Vordergrund gestellt wird, die Kollektivität von Schwärmen wird als besonders markiert, da ihr Entstehen und Vollzug untrennbar und teils auf schwer nachvollziehbare Weise mit der jeweils anderen Seite verstrickt sind. Beide Schwerpunktsetzungen bilden in diesem Sinne erst zusammengenommen die strukturlogische Spannung ab, die Schwärme auszeichnet, und umschließen gemeinsam die Frage nach einer Logik des Schwärmens.

### – Rauschen –

Im Zeichen von Bewegung, Unübersichtlichkeit und zudem von Emergenz und Übergang, stören Schwärme nicht nur in praktischer Hinsicht »als Schwärme [...] jedweden Prozess der Objektifizierung von Schwärmen«, wie Vehlken (2012, 25) festhält. Sie erschweren auch auf theoretischer und analytischer Ebene jegliche Versuche ihrer (Er-)Klärung. Ähnlich wie bei Netzwerken und Massen, lassen sich Schilderungen von Schwärmen, ihrer Einheit oder Vielheit in diesem Sinne stets auch als Versuche lesen, Schwärme auf spezifische Weise zu stabilisieren und zu konstruieren. Eine Rede von Schwärmen leistet nicht lediglich inhaltliche und semantische Übertragungen oder macht historische Verschiebungen sichtbar. Sie lässt Schwärme umgekehrt überhaupt erst hervortreten, indem Schwarmbewegungen wiederholt neu geschildert, abgegrenzt oder theoretisiert und folglich als Schwärme in Erscheinung gebracht werden. Wo

11 Sebastian Vehlken (2012, 40) weist in ähnlicher Form darauf hin, dass Schwärme »oszillieren zwischen Verdichtung und Verstreuerung, zwischen [...] loser Kopplung und koordinierter Bewegung« und somit »erscheinen als Hybride von Vielheit und Einheit«.

Schwärme auf praktischer und materieller Ebene eine Reihe kognitiver oder künstlerischer Strategien motivieren, hängen sie demnach auch als Begriff und Konzept mit allerlei Bestimmungsversuchen und Vermittlungspraktiken zusammen. Als emergentes Phänomen und als Denkfigur sind Schwärme auf vielfältige Weise mit jenen Dritten verschränkt, die ihre Bewegungen beobachten, perspektivieren und akzentuieren. Um gerade das Bewusstsein für diese Medialität von Schwärmen noch einmal theoretisch zu schärfen, soll abschließend kurz eine spezifisch medientheoretische Lesart von Schwärmen durchgeführt werden, die bereits gestreift, jedoch nicht eigens ausformuliert wurde.

Zunächst muss die grundsätzliche Tendenz von Medien in Erinnerung gerufen werden, im Zuge ihrer Mediation unzugänglich zu werden. Einschlägig findet sich dieser Gedanke etwa bei Dieter Mersch formuliert, der die »Besonderheit« von Medien kommentiert, »in ihrem jeweils Mediierten selbst unterzugehen« (Mersch 2015, 37; vgl. auch Mersch 2008). Macht ein Medium erfolgreich etwas sichtbar, hörbar etc., so tritt es dabei selbst in den Hintergrund des Wahrgenommenen – man sieht, mit anderen Worten, meist das Bild und nicht den Bildschirm. Umgekehrt bedeutet dies, dass gerade da, wo Mediation scheitert, Medialität selbst wahrnehmbar werden kann. Wie bereits Sybille Krämer (1998, 74) schreibt:

»Medien wirken wie Fensterscheiben. Sie werden ihrer Aufgabe um so besser gerecht, je durchsichtiger sie bleiben, je unauffälliger sie unterhalb der Schwelle unserer Aufmerksamkeit verharren. Nur im Rauschen, das aber ist in der Störung oder gar im Zusammenbrechen ihres reibungslosen Dienstes, bringt das Medium selbst sich in Erinnerung.«

Dort also, wo die Botschaft gestört wird, wo das Bild Artefakte aufweist, der Film reißt oder das Radio rauscht, da wird das Medium an sich bemerkbar.

In Bezug auf Schwärme weist nun Joseph Vogl (2004) darauf hin, dass hier den schwärmenden Einzelteilen die Tendenz anhaftet, im Hervorbringen eines Schwarms selbst in den Hintergrund zu treten. Speziell bezogen auf ihre filmische Repräsentation in Hitchcocks *The Birds* kommentiert Vogl, wie Vogelschwärme gerade dadurch als solche erscheinen, dass einzelne Vögel nie lange identifizierbar bleiben und sich stets wieder im allgemeinen Flattern verlieren. Es geht ihm dabei nicht lediglich darum, dass Beobachter:innen eines Schwarms sich im engeren Sinne einer kognitiven Problemlage gegenübersehen, das heißt darum, dass die schwere Identifizierbarkeit einzelner Vögel einen evolutionären (oder militärischen) Vorteil von Schwarmverhalten darstellt. Vielmehr veranschaulichen jene Vögel für Vogl eine spezifische Relation von Botschaft und Störung. Sie zeichnen sich aus durch »eine Sinnesverwirrung [und, T. O.] eine Konfusion, in der die repräsentierten Ereignisse durch Ereignisse der Repräsentation, das übertragende Geschehen durchs Übertragungsgeschehen eingeholt und durchkreuzt werden.« (Vogl 2004, 141). Anders ausgedrückt: Die schwärmenden Vögel stören die Wahrnehmung ihrer selbst insofern, als Betrachter:innen sich zunächst keinem Schwarm, sondern *Ereignissen des Schwärmens* gegenübersehen, aus denen heraus der Schwarm erst entdeckt werden muss. Schwärme ereignen sich, zugespitzt, als »Flattern, das ins Rauschen einerseits und ins Flimmern andererseits übergeht [...] Die Vögel

ereignen sich durch Entdifferenzierung, als optische und akustische Mannigfaltigkeit, in der jedes einzelne, vom Himmel hernieder fahrende Stück sich sogleich in Schwarm und Schwärmen auflösen wird.« (Vogl 2004, 143) Anders als bei Krämer verhindern diese Entdifferenzierung und dieses Rauschen nicht die Übermittlung der Botschaft. Vielmehr ist das Rauschen die Botschaft, denn erst in diesem Ereignis erscheinen die Vögel als Schwarm.

Diesen Gedankengang greift auch Vehlken im Rahmen seiner Mediengeschichte der Schwarmforschung auf und führt ihn fort. Auch er begreift die von Vogl aufgezeigte Entdifferenzierung als konstitutiv für Schwärme. Über eine Dimension der Sinneswahrnehmung hinaus nimmt Vehlken diese Entdifferenzierung allerdings stärker theoretisch und auch systematisch in Anspruch. Filmisch repräsentierte, reale tierische und computersimulierte Schwärme rauschen seiner Ansicht nach nicht nur visuell oder akustisch, sondern »können als eine *Materialisierung von Rauschen und von Störmomenten* beschrieben werden.« (Vehlken 2012, 26; Herv. i.O.) Vehlken identifiziert Schwärme hier explizit mit der Eigenheit von Medien, in Störmomenten wahrnehmbar zu werden. Er perspektiviert Schwärme als praktische Verkörperung jener medientheoretischen Erkenntnis. Das Rauschen und die Störungen von Schwärmen setzt Vehlken damit dem Rauschen gleich, das Michel Serres (1980) als Grundbedingung von Kommunikation untersuchte und das Bernhard Siegert (2007, 8) daraufhin als Anfang aller Medientheorie markiert hat: »Die Störung geht der Beziehung voraus, sie ist der Grund der Beziehung. Das oder der Dritte geht dem Zweiten voraus: Das ist der Anfang der Medientheorie, jeder Medientheorie.«<sup>12</sup> Schwärme, als Materialisierung solcher Störung und Rauschen, erweisen sich für Vehlken dementsprechend als »Präzedenzfall des Medialen« (Vehlken 2012, 26; s. auch Vehlken 2009, 125–126).

Vehlkens Ausführungen zielen hier zum einen auf den bereits eingangs diskutierten Punkt, dass jeder experimentelle und epistemische Zugang zu Schwärmen notwendig unter den Bedingungen dieser Störrelation steht. Hierin gründet sein Interesse an den diversen technischen Verfahren, die herangezogen werden, um Schwärme zu erforschen (Vehlken 2012, 45). Zum anderen positioniert Vehlken Schwärme als möglichen Ausgangspunkt für eine umfassendere »Medientheorie der Störung« (Vehlken 2012, 26), die die produktiven und kreativen Seiten von Störungen, Unschärfen und Verwirrungen freilegen soll.<sup>13</sup> Wichtig für das Folgende ist jedoch vor allem die zentrale Beobachtung, in der Vehlken und Vogl übereinstimmen, nämlich, dass jedem Schwarm ein Schwärmen vorausgeht. Praktische Versuche, Schwärme zu erkennen, abzubilden und zu analysieren, ebenso wie allerlei theoretische Zugänge und Schwarmkonzepte stehen nicht einfach unter der Bedingung der kognitiven Herausforderungen, die Schwärme und ihre emergenten Bewegungen hervorrufen. Sie stehen spezifischer unter den Bedingungen

12 Vogl (2004, 146) erwähnt Serres in seinem Text ebenfalls.

13 Ist das Rauschen von Schwärmen, wie Vogl markiert, genau genommen weder eine Störung im Sinne einer Beeinträchtigung noch eine Ausnahme, sondern handelt es sich dabei im Gegenteil um den Normalfall (vgl. in diesem Kontext auch Pias (2011), der die Rolle von Störungen in kybernetischen Modellen diskutiert), so stellt sich hier die grundsätzliche Frage, inwiefern Rauschen und Störung letztendlich gleichgesetzt werden können.



ihres Rauschens und damit vor der Aufgabe, aus diesen Ereignissen des Schwärmens jeweils bestimmte Schwärme herauszulösen. Ob als Fall von Emergenz, von tatsächlicher Unübersichtlichkeit oder als vieldeutiges Konzept und Modell – Schwärme sind in keinem Fall isolierbare Phänomene, sie sind untrennbar mit Beobachtungen, Darstellungen und Entscheidungen verknüpft, aus deren Wechselwirkungen erst hervorgeht, was als Schwarm wahrgenommen und adressiert werden kann.

Ausgehend von diesen Überlegungen richtet sich das Interesse der folgenden Kapitel nicht auf eine Einhegung der verschiedenen Unübersichtlichkeiten, die Schwärme praktisch und konzeptionell begleiten. Es richtet sich stattdessen darauf, wie Ereignisse des Schwärmens in unterschiedlichen Kontexten als Schwärme erfasst werden und welche Größenordnungen, Übergänge oder Rückkopplungen dabei in den Vordergrund treten. Passend zu ihrer emergenten Bewegtheit, lösen sich auch die diversen biologischen, technologischen und politischen Sichtweisen auf Schwärme in vielen Fällen nicht vollständig ab, sondern überlagern einander und informieren hybride Semantiken. In diesem Zwischenraum von tierischen und technischen Drohnen, künstlicher Intelligenz und politischen Modellen etablieren sich Schwärme als Denkfigur einer intelligenten (digitalen) Kollektivität. Die Annahmen, Hoffnungen und nicht zuletzt Kontrollfantasien, die Schwärme dabei begleiten, sollen im Folgenden freigelegt und hinterfragt werden. Durchzogen von einem Widerspruch zwischen der affektiven, emergenten Eigendynamik von Schwarmbewegungen und ihrer technischen Kontrolle – der erhofften Instrumentierung ihres Umschlags von Quantität in Qualität – spitzen sich dabei in Auseinandersetzungen mit Schwärmen wichtige Fragen und Spannungen weiter zu, die bereits anhand von Netzwerken und Massen freigelegt wurden.

## Flugrichtung

Im Diskurs um digitale Schwärme spielen Annahmen über ihre Intelligenz, ihre besonderen Koordinations- und Optimierungsleistungen, intelligente Entscheidungsfindung etc. eine entscheidende Rolle. Um diese Annahmen nachzuvollziehen, ist jedoch ein Blick auf jene Ideen und Assoziationen nötig, die Schwärme bereits vor ihrem Kontakt mit Computertechnologie begleiten. Im Kapitel 4.2 wird daher untersucht, wie Schwärme in vergangenen Jahrhunderten vor hauptsächlich biologischem und speziell entomologischem Hintergrund beschrieben und theoretisiert wurden und welche gesellschaftlichen Übertragungen in diesem Kontext stattfanden. Im Zentrum stehen dabei die Fragen, wie nahe sich technische und tierische Schwärme letztlich stehen und inwieweit sich eine (Dis-)Kontinuität zwischen den Konzepten digitaler und natürlicher Schwärme beobachten lässt. Gegenwärtige Perspektiven auf Schwärme, die sie als emergentes Resultat von Verhaltensregeln und demzufolge als abstrahierbares Koordinationsmodell darstellen, weichen einerseits klar von früheren Zugängen ab. Andererseits sind auch sie durchzogen von Verweisen auf Vögel, Ameisen und Bienen und setzen nicht selten tierische und technische Schwarmphänomene gleich. In der Auseinandersetzung mit älteren Schwarmtheorien zeigt sich, inwieweit wichtige Schwerpunkte der gegenwärtigen Rede von Schwärmen in jenen Ansätzen wurzeln, und dass Schwärme auch historisch eine sehr wandelbare Figur waren, deren semantische Beweglichkeit nicht erst im Kontext digitaler Medien auftritt.

Auf Basis dieses Einblicks in ältere Perspektiven auf Schwärme ist Kapitel 4.3 dem informationstheoretischen Diskurs über Scharmintelligenz gewidmet, als Schauplatz, an dem die spezifische Kopplung von Schwärmen und Intelligenz vollzogen wird und der die jüngeren Perspektiven auf Schwärme maßgeblich prägt. Anhand zweier Grundlagenwerke zum Konzept der Schwarmintelligenz kann nachverfolgt werden, wie Schwärme in einem digitaltechnologischen Kontext zunehmend zu einer Koordinationslogik abstrahiert werden und wie Annahmen über Schwärme und Intelligenz in ihrem Aufeinandertreffen jeweils transformiert werden. Während sich die Aufmerksamkeit auf die konstitutiven Einzelelemente von Schwärmen und ihre Prozesshaftigkeit verlagert, gerät Intelligenz nicht als autonome, souveräne Verstandeskraft, sondern als emergentes Resultat komplexer, instabiler Interaktionsprozesse in den Blick und erweist sich damit, wie bei digitalen Massen, als zutiefst relationale, soziale und mediale Größe. Von besonderem Interesse sind in diesem Kontext erstens jene Stellen, an denen die Theorien der Schwarmintelligenz ihre Verschränkungen von Biologie und Technologie selbst reflektieren, und zweitens wie die Betonung einer Relationalität und Umweltlichkeit von Schwärmen sie gesellschaftstheoretisch in neuer Weise anschlussfähig macht.

Geprägt von Konzepten der Schwarmintelligenz neigen diverse neuere Ansätze dazu, auch die ästhetischen Dimensionen von Schwärmen und ihr Rauschen in ein Licht der Berechenbarkeit zu rücken. Eine tendenzielle Unübersichtlichkeit von Schwärmen, wie sie tierische Schwarmphänomene kennzeichnet, wird vor computer-technologischem Hintergrund nicht selten zu einer vermeintlich steuerbaren oder, im Fall militärischer Drohnen, strategisch nutzbaren Größe. Um die Ästhetik und Unbestimmbarkeit von Schwärmen, die nicht zuletzt in politischen Schwarmmodellen wieder relevant werden, noch einmal aus einer anderen Perspektive heraus zu diskutieren, wird in Kapitel 4.4 als Exkurs die Aufmerksamkeit auf das den Schwärmen eng verwandte Motiv der Wolke bzw. der medientechnischen Cloud gerichtet. Wie bei Schwärmen, so sind auch Auseinandersetzungen mit Wolken mit einer schweren Bestimmbarkeit und Flüchtigkeit ihres Objekts konfrontiert. Damit verbunden wird der Begriff der Wolke gerade im Kontext digitaler Medien aufgrund einer Implikation von Immaterialität kritisiert, die die technische Materialität und Infrastruktur von Entwicklungen des Cloud Computing verschleierte. Ein Blick auf diese Kritik und umgekehrt auf die Möglichkeit, das Motiv der Wolke epistemisch produktiv zu machen, stößt nicht nur auf ähnliche begriffliche und konzeptionelle Spannungen wie bei Schwärmen, er kann zudem gerade die Widerständigkeit von Wolken und Schwärmen betonen.

Jene Widerständigkeit ist auch von entscheidender Bedeutung, wenn Schwärme im 21. Jahrhundert erneut als politische Figuren diskutiert werden. Gerade die Kombination ihrer schweren Bestimmbarkeit und Unübersichtlichkeit mit der besonderen Flexibilität und ähnlichen Leistungen, die Theorien der Schwarmintelligenz Schwärmen zuschreiben, macht Schwarmlogiken als Möglichkeit politischer Koordination interessant, die nicht länger auf naturgegebene Idealgesellschaften zielt, sondern eine Subversion gängiger hierarchischer Organisationsformen verspricht. Kapitel 4.5 legt frei, wie Schwärme im Kontext digitaler Medien als politische Modelle in Anspruch genommen werden und wie in entsprechenden Ansätzen Ideen der Schwarmintelligenz und medientechnische Einflüsse ebenso wie biologische und ästhetische Bezüge zusammenlaufen. Im Fokus stehen dabei einerseits die politischen Schwarmmethoden, mit denen Rick Falkvinge

den ursprünglichen Erfolg der schwedischen Piratenpartei erklärt, und andererseits die Onlinebewegung Anonymous, die in etwa zur selben Zeit mit diversen, meist ›haktivistischen‹ Protestaktionen globale Aufmerksamkeit auf sich zog. In der Gegenüberstellung der beiden Visionen politischen Schwärmens erscheinen Schwärme als Form politischen Handelns, die nicht nur zwischen Einheit und Vielheit oszilliert, sondern der Spannung zwischen Instabilität und Beständigkeit ausgesetzt ist, zwischen einer radikalen Autonomie aller Mitwirkenden und der Optimierung ihres Verhaltens und letztlich zwischen Kontrolle und Affekt.

Kapitel 4.6 stellt ein Resümee dar, das sechs wesentliche Kennzeichen zusammenfasst, die sich im Dialog der behandelten Theorien und Perspektiven abzeichnen und für die Kollektivitäten, die ausgehend von digitalen Schwärmen figuriert werden, charakteristisch sind. Es widmet sich Schwärmen im Zwischenraum ihrer diversen Beschreibungen und Beobachtungsversuche und hält fest, wie sie die Spannungen und Fragestellungen fortschreiben, die Netzwerke und Massen in den Diskurs digitaler Medien einbringen.

## 4.2 Vögel, Ameisen und Bienen

Ist seit Ende des letzten Jahrtausends von Schwärmen die Rede, so geht es dabei nicht selten um besondere Leistungen, die ihnen zugeschrieben werden: um die Vorteile einer Schwarmorganisation, um flexible Koordination, um ihre Schwarmintelligenz oder ihr Potenzial, Feinde militärisch zu überwältigen. Schwarm-Konzeptionen sollen Ordnung aus Unordnung schaffen, Kommunikation erleichtern, Verkehrsflüsse optimieren und vieles mehr (vgl. Buhl et al. 2006; John et al. 2008; Miller 2010). Neben den bereits erwähnten organisatorischen, ökonomischen und ähnlichen Verbesserungen, die in Verbindung mit Schwärmen in Aussicht gestellt werden, wurden Schwarmalgorithmen auch recht früh zu kreativen Zwecken eingesetzt, etwa um Zeichnungen, Musikstücke oder Tanzchoreographien zu entwerfen (vgl. Jacob et al. 2007; Bisig und Unemi 2009; Schacher et al. 2011; al-Rifaie et al. 2012). Schwärme werden dabei vor allem als Modell und Koordinationsform begriffen, die auf bestimmte Weise in der Lage sind, ›intelligentes‹ Verhalten herbeizuführen.

Die naheliegenden Fragen danach, inwiefern sich diese Zuschreibungen in der Praxis bewahrheiten oder wie die emergenten Schwarmprozesse im Einzelfall ablaufen, seien vorerst beiseite gestellt. Zunächst ist die übergreifende Beobachtung entscheidend, dass Schwärme im Diskurs der vergangenen Jahrzehnte stark an Erwartungen von Intelligenz, Effizienz und ähnlichen Effekten gekoppelt wurden. Wie auch Eva Horn (2009b, 9) hervorhebt, lautet die grundlegende Frage zahlreicher Schwarmtheorien »wie es von relativ einfachen, gewissermaßen ›dummen‹ Einzelakteuren zu komplexem, eben ›intelligentem‹ Gesamtverhalten kommt.« Bemerkenswert an dieser Frage und den Antworten, die unterschiedliche Ansätze darauf geben, ist, wie Intelligenz und die anderen erwarteten Kompetenzen von Schwärmen konzipiert werden. Ausgehend von dem informationstheoretischen Verständnis von Schwärmen und der Beobachtung der Regeln von Schwarmverhalten – Kollision mit Nachbarn vermeiden, den Nachbarn nahe bleiben, Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit den Nachbarn anpassen – werden