

## 9. Keine Synthese, kein Bauplan

Leben und (bio)technische Objekte in Simondons  
irreduktionistischer Philosophie der Individuation  
als Operation der Information

---

*Michael Cuntz*

Gilbert Simondon hat in seinen Schriften sowohl das Verhältnis zwischen lebendigen Organismen und technischen Objekten, insbesondere von Maschinen, als auch die Grenzen und Übergänge zwischen anorganischer Materie und dem Lebendigen intensiv ausgelotet. Dabei kommt jeweils dem Begriff der Information eine zentrale Rolle zu. Sein Denken, das mit dem Label Technikphilosophie nur äußerst unzureichend erfasst werden kann, erscheint daher in besonderer Weise geeignet, um sich der Synthetischen Biologie und dem ihr zugrunde liegenden Verständnis von Synthesis, Information, Leben und Maschine zu nähern.<sup>1</sup>

Dies umso mehr, als für Simondon das Zeitalter der Informationstechnologie, das das Zeitalter der thermodynamischen Maschinen ablöst, die beständige Mi-

---

**1 |** Für entsprechende Vorschläge vgl. Bernadette Bensaude-Vincent, Xavier Guichet: Nano-Machine: One Word for Three Paradigms, in: *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 11(1), 2007, 71-89, Xavier Guichet: Nature et artifice dans les nanotechnologies, in: Bernadette Bensaude-Vincent, Raphaël Larrère, Vanessa Nurock (Hg.): *Bionano-éthique. Perspectives critiques sur les bionanotechnologies*, Paris: Vuibert 2008, 19-32, Adrian Mackenzie: Technical objects in the biological century, in: *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung*, 1, 2012, 151-168. In allen Texten zentral ist Simondons Konzept der Konkretisation. Bensaude-Vincent und Guichet sowie Mackenzie spielen darüber hinaus den Begriff des Milieus ein. Beide beziehen sich zudem auch auf das Simondonsche Verständnis von Erfindung als intuitiver Antizipation der Funktionsweise eines technischen Individuums, die gerade nicht identisch mit planmäßigem ›engineering‹ ist, vgl. vor allem Mackenzie, Technical objects in the biological century, 2012, S. 166ff.

nimierung der Dimensionen der technischen Objekte ermöglicht und erfordert, was zunächst wie eine Antizipation der Nanotechnologie anmutet.<sup>2</sup>

Doch bereits die enge Verbindung, die der vermeintlich geläufige Informationsbegriff bei Simondon nicht nur mit dem Begriff der ›Form‹, sondern auch mit den weniger orthodoxen Begriffen der ›Individuation‹ und, mit dieser verbunden, der ›Transduktion‹ sowie, für die technischen Objekte, der ›Konkretisation‹ eingeht, deutet darauf hin, dass sich die Einschätzung, die sich auf dieser Grundlage von der Synthetischen Biologie gewinnen lässt, deutlich von den Selbstbeschreibungen und Zielsetzungen des Mainstreams der Vertreter dieser ›Technowissenschaft‹ abhebt.<sup>3</sup>

In kritischer Auseinandersetzung mit nachrichtentechnischer Informationstheorie und Kybernetik hat Simondon seine Theorie der Information zu einer Zeit entwickelt, in der die Grundlagen der Computertechnologie und somit des Paradigmas des Digitalen erst im Entstehen begriffen waren. Jenes Paradigma, auf dem die Evidenz einer wechselseitigen Übersetzbarkeit des genetischen Codes in den Computercode beruht, die eine zentrale Arbeitsgrundlage der Synthetischen Biologie bildet.

Diese Unzeitgemäßheit Simondon stellt sich in dem Moment als ein Vorteil heraus, in dem die Alleingültigkeit des Paradigmas von Code und Digitalität zur Erklärung der Prozesse des Lebens hinterfragt wird. Was, wenn diese nicht auf der verlässlichen Ausführung eines beherrschbaren Sets von Befehlen beruhen? Simondon konzeptualisiert diese nicht als Abläufe, in denen die Information und somit der Ablaufplan in einem dem Prozess präexistierenden Element, der Form, voll enthalten wäre, die so das Geschehen steuert und deren Manipulation folglich eine kontrollierte Umlenkung dieses Geschehens erlauben würde. Vielmehr denkt er diese Abläufe als Operationen, in denen durch ein dynamisches Regime, in dem energetische (und strukturelle) Potenziale aktualisiert werden, sich Form und Materie, in-formierte Materie erst herausbilden, bzw. für einander Form und Materie werden können. Form wie Stoff sind aktiv in diesen Prozess involviert. Solche Prozesse nennt Simondon ›Transduktionen‹. Information ist darin des-

**2** | »Dagegen neigt der Informationstechniker dazu, nach den kleinstmöglichen Dimensionen zu suchen, die noch mit den thermodynamischen Restanforderungen vereinbar sind, wie sie für die von ihm verwendeten Apparate fortbestehen. Denn je geringer die Verzögerung ist, mit der eine Information eintrifft, desto nützlicher ist sie für einen Regelungsvorgang. Das Anwachsen der Dimensionen der Maschinen oder Vorrichtungen für die Übertragung der Information lässt die Trägheit und die Zeit für die Durchleitung der Information anwachsen.« Gilbert Simondon: *Die Existenzweise technischer Objekte*, Zürich: diaphanes 2012, S. 122.

**3** | Zur Differenzierung zwischen *technosciences* im Sinn Bruno Latours oder Isabelle Stengers und DER Technowissenschaft vgl. Bernadette Bensaude-Vincent: *Les vertiges de la techno-science. Façonner le monde atome par atome*, Paris: Editions de la découverte 2009, S. 19-81.

wegen verkörpert und kann nur als verkörperte existieren, weil die Materie selbst formative Kräfte enthält, die an der Formbildung mitwirken, die Form sich also weder vom Stoff abstrahieren lässt noch Information auf der Übersetzung eines präetablierten Codes beruht, der realisiert wird.<sup>4</sup>

Folgt man diesen Hypothesen, so hätte dies Konsequenzen für die Konstruktion von biotechnischen Entitäten und möglicherweise auch für deren Gebrauch.

## 9.1 TRADITIONEN DES HYLEMORPHISMUS

Obwohl Simondon vor dem Zeitalter des Digitalen geschrieben hat, hat er sich ausführlich mit Denkstrukturen auseinandergesetzt, die auf der von ihm infrage gestellten Form/Stoff-Dichotomie beruhen und in der Genealogie des Informationsbegriffs des Digitalen und seiner Anwendung auf das Leben äußerst einflussreich waren. Dass Leben als Phänomen der Information im Sinn der Kommunikation mit präetablierten Codes aufgefasst wird, gilt bereits, bevor es im digitalen Zeitalter zur Ermöglichung von Synthetischer Biologie als Verzahnung zwischen Software und Wetware, Informatik und Biologie kommt.

Unmittelbar evident ist, dass die Dominanz des dichotomischen Informationsparadigmas aus den engen Austauschbeziehungen resultiert, die zwischen Kybernetik und der entstehenden Molekularbiologie bestanden haben.<sup>5</sup> So wie für die Kybernetik Information die Grundlage von Steuerungsprozessen bildet, ist es im zentralen Dogma des Neodarwinismus, das weiterhin die Grundlage für die Ziele der Synthetischen Biologie darstellt, die DNA, die einen Code bereitstellt. Dieser gibt die Befehle zur Ausführung eines Programms, wobei die Befehlsketten ausschließlich in eine Richtung gehen. An diesem Prinzip ändert sich auch dann (erst recht) nichts, wenn der Bau eines synthetisierten lebendigen Organismus als ›Projekt‹ konzipiert wird, das nach den Vorstellungen seines Designers ablaufen soll, der nicht nur ›Naturgesetze entdeckt‹, sondern seine Gesetze vorschreibt<sup>6</sup> – und es ist auch wenig erstaunlich, das ›Schalter‹ eines der beliebtesten

4 | Vgl. Gilbert Simondon: *L'individu et sa genèse physico-biologique. L'individu à la lumière des notions de forme et d'information*, Paris: P.U.F 1964, S. 39-50.

5 | Vgl. Isabelle Stengers: *La vie et l'artifice: visages de l'émergence* (1997), in: Dies.: *Cosmopolitiques II*, Paris: La Découverte 2003, 191-284, S. 210; Eugene Thacker: *Biomedica*, in: William J.T. Mitchell, M.B. Hansen (Hg.): *Critical Terms for Media Studies*, Chicago/London: The University of Chicago Press 2010, 117-130, S. 120; Bensaude-Vincent, *Les vertiges de la techno-science*, 2009, S. 90ff.

6 | Vgl. Stengers, *La vie et l'artifice*, 2003, S. 234. Die scharfe Differenzierung zwischen Gesetz und Projekt, die sie vornimmt, übersieht diese Gemeinsamkeit, sowie den Umstand, dass in der synthetischen Biologie eine Partizipation an den Gesetzen des Lebens postuliert wird, sodass diese in den Projekten eher umgeschrieben als neu geschrieben werden sollen.

biotechnischen Konstruktionsziele der Synthetischen Biologie sind.<sup>7</sup> Dies ist die erste Dimension eines Reduktionismus – die Zurückführung einer ungebrochenen und ununterbrochenen Kausalitätskette, in der die Organisation der jeweils höheren Ebene (hierarchisch wie maßstäblich) Ausführung oder ›Expression‹ des Codes der jeweils niedrigeren Ebene ist.<sup>8</sup> Diese geht in der Synthetischen Biologie mit einer zweiten Dimension der Reduktion einher, deren Evidenz wiederum auf einer Kontamination der Synthetischen Biologie durch die Kybernetik beruhen dürfte, wie Isabelle Stengers konstatiert: Der Unterscheidung zwischen Verarbeitung von Daten und ihrer materiellen Implementierung (von Neumann), aus der die Vorstellung erwächst, die Information, auf deren Grundlage sich biologische Organismen entwickeln, lasse sich vollständig von der Materie ablösen, sodass ebenso gut ›in silico‹ wie ›in vitro‹ operiert werden kann.<sup>9</sup>

Diese Vorstellung, der zufolge ein aktives Formprinzip der Materie inhärent, aber so autonom ist, dass es weitgehend verlustfrei aus dieser extrahiert werden kann, stellt eine Zuspitzung des hylemorphen Schemas dar, das Aristoteles' Denken der Entelechie zugrunde liegt:<sup>10</sup> Die Information ist hier nur insofern nicht immateriell, als sie der Materie als passiver Substanz bedarf, um das in ihr enthaltene Programm umzusetzen, indem es formloser Materie Gestalt verleiht. Seine Evidenz dürfte dieses Modell der Inskription aber in noch größerem Maße von einer Religion beziehen, deren Schöpfergott allzu oft nicht nur als allmächtig gegenüber seiner Schöpfung aufgefasst wird, sondern der die Ordnung der Welt in Form von Sprache und Gesetzen dekretiert hat. Der genetische Code als allmächtiges Programm folgt der Vorstellung der Schöpfung als ›liber naturae‹.<sup>11</sup>

Wie sich an der Diskursivierung der Synthetischen Biologie zeigt, schließt dieses Informationsparadigma keineswegs alle anderen Paradigmen aus, die Cang-

---

**7** | Vgl. Guichet, *Nature et artifice dans les nanotechnologies*, 2008, S. 21; Gabriele Gramelsberger: *The Simulation Approach in Synthetic Biology*, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(2), 2013, 150-157.

**8** | Vgl. Jean-Jacques Kupiec, Pierre Sonigo: *Ni Dieu ni gène. Pour une autre théorie de l'hérédité*, Paris: Seuil 2003, S. 71ff.

**9** | Vgl. Chris Langtons Manifest von 1987, zitiert bei Stengers, *La vie et l'artifice*, 2003, S. 236; Bensaude-Vincent, *Les vertiges de la techno-science*, 2009, S. 120. Thacker, *Bio-media*, 2010, S. 123 affirmiert diese Extraktionslogik. Trotz aller Beteuerungen, Biomedien wie er sie konzipiert, seien nicht immateriell, reproduziert er eine klassisch hylemorphistische Form-Stoff-Scheidung.

**10** | Vgl. Gilbert Simondon: *Form, Information, Potentiale*, in: Ilka Becker, Michael Cuntz, Michael Wetzel (Hg.): *Just not time*, Paderborn: Fink 2011, 221-247, S. 229; vgl. Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 39-50.

**11** | Vgl. Hans Blumenberg: *Die Lesbarkeit der Welt*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1983. Schon die Idee, die Natur folge Gesetzen, ist nur schwer ohne die Vorstellung eines göttlichen Gesetzgebers zu denken.

Guilhem für das Verständnis des Lebens unterschieden hat.<sup>12</sup> Es verbindet sich harmonisch mit einem cartesianisch-mechanistischen, ebenfalls reduktionistischen Modell von Leben ›und‹ Maschine, das beide als Konstruktion aus diskreten Einzelteilen, ›partes extra partes‹, versteht. Dies ist insofern wenig erstaunlich, als das dahinterstehende Bild des Konstrukteurs und, auf das Leben übertragen, des blinden Uhrmachers ebenfalls davon ausgeht, dass die formierende Kraft im Prozess der Konstruktion des Uhrwerks einzig im Entwurf des Konstrukteurs liegt, der dieses ›design‹ der Materie auferlegt: Der eine Reduktionismus stützt den anderen: Die Form oder der Bauplan, der vom Konstrukteur in die Maschine hineingelegt wurde, lässt sich aus dieser wieder abstrahieren.<sup>13</sup> Die Kette, oder eher der Zirkel der reduktiven Annahmen, auf denen die Synthetische Biologie beruht, funktioniert also wie folgt: Alles lässt sich auf die Information als Code zurückführen; die Information lässt sich aus der Materie abstrahieren; das Leben funktioniert wie eine Maschine – eine Maschine ist ›partes extra partes‹ aus Teilen aufgebaut (die vom Konstrukteur nach dessen Entwurf zusammengesetzt werden, bzw. denen er seinen Bauplan einschreibt) – ›conclusio‹: Auch das Leben besteht aus einigen Bausteinen, Elementen oder Prinzipien, die gefunden, isoliert und kontrolliert, analysiert und synthetisiert werden können und auf denen das gesamte Leben basiert. Abstrahiert wird schließlich noch von der Bedeutung des Austauschs lebendiger Entitäten mit ihrem Milieu: Unterschätzt wird die Rolle eines natürlichen oder artifiziellen Milieus für das Verhalten der Entitäten und somit die Auswirkungen der Überführung von einem Milieu in das andere.

Das Simondonsche Modell von Information ist weitaus eher mit jüngeren Entwicklungen in der Biologie kompatibel, die bis hin zu einer Rehabilitierung der verpönten Epigenetik Lamarcks reichen, zumindest aber die Wechselwirkung

**12** | Vgl. Georges Canguilhem: *Le concept de la vie* (1966), in: Ders.: *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris: Vrin 1994, 335-364.

**13** | Das alternative Modell des kybernetischen Automaten wird im Folgenden vor allem hinsichtlich der Präention der Autonomie thematisiert. Dass die Auseinandersetzung weniger ausführlich verläuft, liegt auch daran, dass es in der hier entscheidenden Perspektive mit Simondon eher eine Sonderform des mechanistischen Maschinenmodells darstellt: Auch kybernetische Konstruktionen und ihre Theoretisierung, wie etwa jene der zellulären Automaten, folgen einer Bausteinlogik: Der Unterschied ist, dass hier mit einer Emergenz aus den Komponenten gerechnet wird, die nicht vorhersehbar war. Letztlich bleibt aber alles auf die Struktur zurückführbar, vgl. Bensaude-Vincent, Guichet, *Nano-Machine*, 2007. Die Struktur sind aber die Komponenten. Dies entspricht weder der Logik des Lebendigen noch der Entstehung einer konkretisierten Maschine: Weil die »Bauteile« gerade nicht informierbar im Simondonschen Sinn sind, muss sich diese zur Information nötige Konkretisierung im Lebendigen vollziehen: Sie bedarf der Erfinder als Biomedium der Konkretisation, s.u. Davon abgesehen ist auch eine Uhr ein Quasi-Automat (quasi, weil ihr von außen Energie zugeführt werden muss, um sie am Laufen zu halten und eventuelle Zeitabweichungen durch das Stellen korrigiert werden müssen [Information]).

zwischen genetischen und epigenetischen Faktoren in der Ontogenese betonen.<sup>14</sup> Das zentrale Dogma oder die Vorstellung ›ein Gen, eine Funktion‹, beide mittlerweile in ihrer Gültigkeit massiv hinterfragt,<sup>15</sup> werden darin zugunsten der Beschreibung einer komplexen Interaktion zwischen genetischen und epigenetischen Faktoren, DNA und Proteinen, Germen, Organismus und Milieu revidiert: Es ist das Umschalten von der Beobachtung vorgegebener Strukturen auf Prozesse der Interaktion, in denen etwas entsteht, was von keinem beteiligten Agens a priori vorgegeben, sondern lediglich konditioniert war.

Es ist aufschlussreich, dass Simondon 1970, als das zentrale Dogma eigentlich unumstrittene Lehrmeinung war, in der Einleitung seines *Cours sur la communication* gegenüber der neodarwinistischen Genetik auf der Gültigkeit Lamarcks beharrt:

»Les plus célèbres biologistes contemporains se déclarent darwiniens en affirmant, comme Monod, que mutations et sélections suffisent pour expliquer l'évolution. Cependant, on ne doit pas oublier que l'un des aspects de la doctrine de Lamarck, relativement à la doctrine de l'évolution, réside dans l'idée que l'évolution se fait parce que l'organisme prend en charge l'organisation active et régulière des apports d'énergie et de matière qu'il attendait, à une époque plus primitive, des mouvements aléatoires du milieu [...]«<sup>16</sup>

**14** | Vgl. Henri Atlan: *La fin du ›tout génétique‹? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*, Paris: INRA 1999; Kupiec, Sonigo, *Ni Dieu ni gène. Pour une autre théorie de l'hérédité*, 2003; Pierre Sonigo: Une onde d'abeilles, in: Pierre Sonigo, Isabelle Stengers (Hg.): *L'évolution*, Les Ulis: EDP 2003, Staffan Müller-Wille, H.-J. Rheinberger: *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik. Eine wissenschaftliche Bestandsaufnahme*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2009.

**15** | Vgl. Raphaël Larrère: De quelques doutes sur la convergence, in: Bensaude-Vincent, Larrère, Nurock, *Bionano-éthique*, 2008, 33-40, S. 38; Müller-Wille, Rheinberger, 2009, *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik*, S. 114ff.

**16** | Gilbert Simondon: *Cours sur la communication (1970-71)*, in: Ders.: *Communication et information. Cours et conférences*, (hg. von Nathalie Simondon), Chatou: Les éditions de la transparence 2010, 53-185, S. 62. »Die berühmtesten zeitgenössischen Biologen sind erklärte Darwinisten, wenn sie wie Monod behaupten, dass Mutation und Selektion ausreichen, um die Evolution zu erklären. Indes darf man nicht vergessen, dass einer der Aspekte von Lamarcks Lehre, was die Evolutionslehre anbetrifft, in der Idee besteht, dass sich die Evolution vollzieht, weil der Organismus die aktive und regelmäßige Organisation der Zufuhr an Energie und Materie übernimmt, die er in einer früheren Zeit von den zufälligen Bewegungen des Milieus erwartete.« (Diese wie alle weiteren Übersetzungen von Simondon von Michael Cuntz).

## 9.2 KRITIK DER VORSTELLUNG VON LEBEN ALS SYNTHESE

Der Begriff der ›Synthese‹ selbst gehört nicht zu Simondons zentralen Konzepten. Dies dürfte einerseits in seinem anti-dialektischen Verständnis der Entstehung technischer Objekte und der Evolution von Technizität begründet liegen, in der seiner Auffassung nach die Negativität des Antithetischen keine konstruktive Rolle spielt.<sup>17</sup> Zentraler ist im vorliegenden Kontext allerdings die Frage nach der Synthese im Sinne des Erzeugens eines Ganzen, also mittels seiner Zusammensetzung oder seiner ›assemblage‹ Stück für Stück aus Teilen, wie es dem spezifischen ›bottom-up‹ Ansatz der Konstruktion vollständiger lebendiger Organismen aus ›bio-bricks‹ zugrunde liegt,<sup>18</sup> mit dem auch die weitestreichenden Ziele der Synthetischen Biologie verknüpft sind.<sup>19</sup> Hinsichtlich der verwirklichten oder angestrebten Entitäten bietet sich hier eine Differenzierung in zwei Kategorien an, die als ›cyborg technology‹ und ›living technology‹ bezeichnet wird, also der Einbau eines technischen Elements in einen Organismus oder aber Design und Konstruktion eines vollständig synthetisierten Organismus, also künstliches Leben im eigentlichen Sinn.<sup>20</sup> Hiervon muss noch ein drittes Verfahren unterschieden werden: der Einbau von ›Elementen‹ des Lebens, Nanoteilen von Organismen, etwa Molekülen, in ein technisches Gebilde wie etwa einen Chip, das seine Verhaltensweise lenken soll.<sup>21</sup> In allen Fällen geht es um die Grenze zwischen Technik und Leben, aber, wie zu zeigen sein wird, auch zwischen Leben und unbelebter Natur.

Für eine auf Simondon aufbauende Kritik am Reduktionismus der Synthetischen Biologie ist entscheidend, dass auch dieser nicht von einer strikten Grenze oder einer spezifischen Differenz zwischen Unbelebtem und Belebtem ausgeht, was sich schon darin zeigt, dass er auf Transduktion beruhende Individuationsprozesse, also jene Prozesse, die zur Entstehung von Individuen und somit von organisierten Einheiten oder Systemen führen, auch für den Bereich des Anorganischen und insbesondere für Kristalle beschreibt – ein Kristall ist ein anorganisches Individuum.<sup>22</sup> Jeder Versuch der Reduktion des komplexen Lebendigen auf

17 | Vgl. Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 64.

18 | Vgl. hierzu v.a. Mackenzie, *Technical objects in the biological century*, 2012.

19 | Vgl. Bensaude-Vincent, *Les vertiges de la techno-science*, 2009.

20 | Vgl. Mark A. Bedau, P.G. Hansen, E. Parke, S. Rasmussen: *Living Technology: 5 Questions*, Automatic Press Publishing 2010.

21 | Vgl. Guichet, *Nature et artifice dans les nanotechnologies*, 2008, S. 27.

22 | Kristalle sind kein willkürlich gewähltes Beispiel, denn Enzyme, die sich kristallisieren lassen, sind zentrale Akteure im Streit um das Verständnis des Lebens: Der Nachweis, dass sie ›tote Moleküle‹ seien, galt als Todesstoß für vitalistische Deutungsmuster, vgl. Bernadette Bensaude-Vincent, I. Stengers: *Histoire de la chimie*, Paris: Editions de la découverte 1992, S. 274ff. Ein Umschalten auf die Frage nach Organisationen und ihren Individuationen statt nach inhärenten substantiellen Qualitäten, wie sie Simondon vorschlägt,

das einfache Unbelebte geht also deswegen fehl, weil die unbelebte Natur bereits einen hohen Organisationsgrad aufweisen kann.<sup>23</sup> Mehr noch, Simondon geht davon aus, und dies ist für das Operieren auf der Nanoebene oder doch auf Ebenen extrem kleiner Maßstäbe von Belang,<sup>24</sup> dass es unterhalb einer bestimmten Größenschwelle keinerlei Differenzierung zwischen dem Belebten und dem Unbelebtem gibt, was sich mit dem heutigen Wissensstand deckt.<sup>25</sup>

Folglich lässt sich auch nicht zwischen einer unbelebten und einer belebten »Materie« unterscheiden.<sup>26</sup> Für die Ebene der Mikrophysik spricht Simondon von »präphysikalischen und prävitale« Phänomenen.<sup>27</sup> Die Ebene der Makromoleküle,<sup>28</sup> auf der neben Viren auch die DNA und Enzyme existieren, situiert sich demnach zwischen mikro- und makrophysikalischem Level, sie ist laut Simondon eine Zone der Unentschiedenheit zwischen Lebendigem und Nicht-Lebendigem. Es ist also nicht die Emergenz einer geheimnisvollen neuen Substanz, die das Leben erklären würde, aber dies heißt nicht, dass sich das Leben nachbauen ließe, indem man Bausteine auf der »prä-individuellen« Nano-Ebene zusammenfügen würde. Denn was Anorganisches und Organisches gleichwohl unterscheidet, ist die Emergenz anderer Formen der Aufnahme von Information – eben dies ist mit der Transduktion als Grundlage der Individuation gemeint. In der Individuation des Lebendigen kommt es zu anderen transduktiven Prozessen und zur Ausbildung anders organisierter Individuen. Somit ist Simondons Auffassung auch insofern dezidiert anti-reduktionistisch, als es nicht um das Auffinden eines »essential core or atomic unit that would describe the complexity of life and the living« geht.<sup>29</sup>

Die Grenze zwischen Unbelebtem und Belebtem ist daher Simondon zufolge nicht undurchlässig, doch hat der Übergang vom einen in den anderen Bereich nichts mit einer Syntheseleistung zu tun. Die Transformation der Organisation, die den Übergang zwischen beiden Bereichen ermöglicht,<sup>30</sup> erfolgt im Gegenteil

---

durchbricht die entweder-oder-Logik und könnte gerade zur Erklärung des Übergangs zwischen belebt und unbelebt beitragen.

**23** | Vgl. Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 139 und S. 141.

**24** | Vgl. zur Differenzierung Sacha Loeve: Autour d'une définition des nanos, in: Bensaude-Vincent, Larrère, Nurock, *Bionano-éthique*, 2008, 3-18.

**25** | Vgl. Bernadette Bensaude-Vincent: Pour une philosophie du terrain, in: Bensaude-Vincent, Larrère, Nurock, *Bionano-éthique*, 2008, XI-XXX, S. XIII.

**26** | Zur Problematisierung dieses Begriffs s.u.

**27** | Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 131.

**28** | »Mais au niveau des macro-molécules, on ne peut guère dire si le virus filtrant est vivant ou non vivant.« Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 132.

**29** | Thacker, Biomedica, 2010, S. 127.

**30** | »S'il était vrai que l'organisation ne se perd ni ne se crée, on aboutirait à cette conséquence que l'organisation ne peut que se transformer.« Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 141. »Würde es zutreffen, dass die Organisation sich



durch eine Analyse (die keine Abstraktion ist), durch die Differenzierung eines unbelebten Individuums in eine belebte Gruppe:

»Rien ne s'oppose théoriquement à ce qu'il y ait une possibilité d'échanges et d'alternances entre un système physique et un système biologique ; mais [...] il faudra supposer qu'une unité individuelle physique se transforme en un groupe biologique, et que c'est en quelque matière la suspension du développement de l'être physique, et son analyse, non point une relation synthétique, réunissant des individus physiques achevés, qui fait apparaître le vivant.«<sup>31</sup>

Simondon verwirft also offenbar die Vorstellung einer synthetisierenden Bauform des Lebens, die von Forschern in ihre Teile oder *Elemente* aufgebrochen werden müsste, die dann direkt re-synthetisiert werden bzw. für das Synthetisieren neuer Lebensformen kopiert werden könnte.

Es wird häufig übersehen, dass es ›drei‹ Existenzweisen, die des Unbelebten, des Belebten und des Technischen sind, die im Bereich der Synthetischen Biologie involviert sind. Die Versprechungen der Synthetischen Biologie beruhen aber nicht zuletzt darauf, dass nicht nur das Leben mechanistisch aufgefasst wird und somit das Leben auf das Unbelebte reduziert wird, sondern dass auch die Existenzweise technischer Objekte und unbelebter natürlicher ›Materie‹ als identisch betrachtet werden. Die Reduktion des Lebens auf mechanische Prinzipien macht aber im Kontext der Nanotechnologie überhaupt nur dann Sinn, wenn auch die Identität der Existenzweisen technischer Objekte und natürlicher unbelebter Materie behauptet werden kann, sodass alle den gleichen Gesetzen unterworfen wären. Dieser Schluss beruht auf impliziten substanzialistischen Argumenten: dass die unbelebte Materie weniger komplex sei als die belebte und dass sich auf der Nano-Ebene die belebte nicht von der unbelebten Materie unterscheide. Wenn Maschinen aber aus unbelebter Materie bestehen, kann folglich auf der Nanoebene mit der unbelebten Materie so operiert werden wie beim Zusammenbau von Maschinen. Die Evidenz dieser Gleichsetzung schwindet, wenn man wie Simondon nach der Existenzweise als der Weise der Individuation, als Form der Organisation oder der Bildung von Systemen fragt.

weder verliert noch entsteht, würde man die Konsequenz ziehen müssen, dass die Organisation sich nur transformieren kann.«

**31 |** »Theoretisch steht nichts der Möglichkeit entgegen, dass es zu Austausch und Hin- und Herwechseln zwischen einem physikalischen System und einem biologischen System kommt ; doch wird man annehmen müssen, dass sich eine individuelle physikalische Einheit in eine biologische Gruppe umwandelt, und dass es auf gewisse Weise die Unterbrechung der Entwicklung des physikalischen Wesens und seine Analyse, und eben nicht eine synthetische Relation ist, die fertige physikalische Individuen vereint, welche zum Erscheinen des Lebendigen führt.« Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 139.

### 9.3 INDIVIDUATION, INDIVIDUALISATION, KONKRETISATION

Ein ›unbelebtes Individuum‹ wie etwa ein Kristall individuiert einmalig durch einen transduktiven Prozess, in dem eine übersättigte und somit metastabile Lösung durch einen strukturierenden Keim mit Formpotenzial, der als Singularität von außen auf diese trifft, in eine (stabile) Form überführt wird,<sup>32</sup> die nur an ihren Grenzen metastabil bleibt: Die energetischen Potenziale der Lösung werden in der Transduktion vollständig aktualisiert, sodass keine weitere Modifikation der Form mehr erfolgen kann.<sup>33</sup> Zudem individuiert das unbelebte Individuum einförmig, ohne Differenzierung. Das ›belebte Individuum‹ hingegen erschöpft in seiner Individuation, die seine Ontogenese begründet, auch in seinem Inneren seine Potenziale keinesfalls, weswegen seine Form insgesamt metastabil bleibt und in sukzessiven Krisen weiter transduktiv informiert wird: Dies nennt Simondon Individualisationen. Zudem ist das lebendige Individuum in der Lage, seine Strukturen selbst zu generieren. Für die Evolution des ›technischen Individuums‹ schließlich spricht Simondon nur von Individualisation – es fehlt also der konstitutive Akt der Individuation, denn die Existenzweise des technischen Objekts bleibt vom Menschen abhängig: Es geht aus der Erfindung hervor, in welcher Menschen als biotechnisches Leben sich in der Individualisation des technischen Individuums selbst weiter individualisieren. Im Akt des Erfindens ist der Erfinder also das Biomedium, in dem sich die Genese des technischen Objekts und ›seines‹ Milieus vollzieht.<sup>34</sup>

Das technische Individuum unterscheidet sich folglich vom unbelebten Individuum dadurch, dass es nicht ›direkt‹ im Wechselspiel mit seinem assoziierten Milieu konditioniert und organisiert wird. Jede Individuation, aber auch die Individualisation des technischen Objekts setzt eine Interaktion mit einem Milieu voraus: Jedes Individuum konstituiert sich oder wird konstituiert durch ein Milieu, das es selbst (oder im Fall des technischen Individuums sein Erfinder), um existenzfähig zu sein, durch seine Funktionsweise so transformiert, dass es sein Milieu wird. In der Individuation entstehen das Individuum ›und‹ sein assoziiertes Milieu.

Dass es aber Evolution gibt und somit weitere Individualisation, deutet darauf hin, dass die Potenziale des technischen Objekts nicht ausgeschöpft sind, sondern weiter entwickelt werden können, was Simondon unter anderem als Prozess der ›Konkretisation‹ fasst. Konkretisation ist aber gerade keine Funktionsweise ›partes extra partes‹, sondern bedeutet einerseits Multifunktionalität der Elemen-

**32** | Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 130f.

**33** | Dies bedeutet aber nicht, dass das unbelebte Individuum sich deswegen vollständig im stabilen Gleichgewicht befände. An seinen Grenzen bleibt es metastabil und kann sich so immer weiter ausdehnen, vgl. Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 126 und 128.

**34** | Vgl. Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 52ff.

te und synergetische Effekte, welche die Interferenzen zwischen den Funktionen der Elemente minimieren, sowie andererseits die Integration eines assoziierten Milieus in die Funktionsweise des technischen Objekts.<sup>35</sup> Die Möglichkeit der Erfindung beruht auf einer Analogie zwischen der Organisation des Menschen als Lebewesen und des technischen Objekts. Die Existenzweise des technischen Objekts und vor allem des konkretisierten technischen Individuums situiert sich also nicht nur in Abhängigkeit von, sondern auch in größerer Nähe zum Lebendigen als zum Unbelebten, mit dem es in erster Linie seine Unfähigkeit zur selbst angestoßenen Individuation gemeinsam hat. Wie das Lebendige differenziert es sich in Teile, die sich nicht »partes extra partes« zu einem Ganzen zusammensetzen. Sowohl Adrian Mackenzie als auch Bernadette Bensaude-Vincent und Xavier Guichet haben darauf hingewiesen, dass ein Fortschritt in der Synthetischen Biologie nur in der Suche nach Konstruktionsmethoden liegen kann, die zu konkretisierten biotechnischen Objekten führen.<sup>36</sup> Dem ist in mehrfacher Hinsicht zuzustimmen, doch gilt es, die Implikationen dieses Vorschlags zu bedenken.

## 9.4 METASTABILITÄT/STABILITÄT

Es bedeutet zunächst, sich sowohl vom Konzept der Maschine als beherrschbarem Mechanismus wie vom kybernetischen Konzept des autonomen Automaten zu verabschieden. Obwohl Simondon für das Konzept der konkretisierten Maschine eine größere Nähe zum Lebendigen postuliert als für die abstrakte Maschine »partes extra partes« oder den kybernetischen Automaten, beruht es im Gegensatz zu diesen Modellen gerade nicht auf dem Anspruch, die Maschine könne das Leben imitieren oder Leben könne wie eine Maschine zusammengebaut werden. Living technology ist Technologie als Erfindung und somit Individualisierung des erfinderischen Lebens im und durch das technische Objekt, nicht aber im Sinn einer Nachschöpfung des Lebens aus seinen »Bausteinen«. Denn lebendige Organismen sind in einer Weise konkret, der sich das konkretisierte technische Objekt nur asymptotisch annähern kann, und auch nur deshalb in der Lage, sich zu reproduzieren.<sup>37</sup>

Organismus und technisches Objekt unterscheiden sich durch die Art der Information und der Form, die sich durch diese Information bildet bzw. aus dieser heraus generiert wird: einerseits Form und Information, die auf stabilen, vorab

**35** | Vgl. Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 19ff. und S. 47ff.

**36** | Vgl. Bensaude-Vincent, Guichet, *Nano-Machine*, 2007; Mackenzie, *Technical objects in the biological century*, 2012.

**37** | »Es lässt sich aber nicht mehr sagen, als dass die technischen Objekte zur Konkretisation tendieren, während natürliche Objekte wie die Lebewesen von Anfang an konkret sind. Man darf die Tendenz zur Konkretisation nicht mit dem Status einer gänzlich konkreten Existenz verwechseln.« Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 45.

festgelegten Formen beruhen, andererseits Form und Information, die auf metastabilen, wandelbaren und werdensfähigen Formen beruhen: Die Fähigkeit, fortgesetzt metastabile Formen und Informationen zu gebrauchen und so Information zu generieren – und zwar über einen transduktiven Prozess, bei dem es sich präzise um die Entstehung verkörperter Information handelt, ist dabei das, was das Lebendige und seine Zeitlichkeit ausmacht. Demnach beruht die Funktionsweise von Maschinen – und dies beträfe die stabilen Elemente, aus denen sie sich zusammensetzt, in gleichem Maße wie die Codes, mit denen sie arbeitet – auf vom Menschen einmal in intuitiver Antizipation der Funktionsweise des technischen Individuums erfundenen stabilen Formen, welche von der Maschine selbst nicht modifiziert werden können. Information im technologischen oder informationstheoretisch-kybernetischen Verständnis, also als eine einer gewissen Regelmäßigkeit folgenden, somit aber nur probabilistisch vorhersagbaren Nachricht kann auf Grundlage dieser festen Formen durch die Maschine übermittelt werden, dies aber nur, wenn ein Unbestimmtheitsspielraum in ihrer Funktionsweise und ihren Codes besteht, der die Regulierung und somit die Kopplung an den Menschen erforderlich macht, statt ein autonomes Funktionieren zu gewährleisten.

Die Integration lebendiger und technischer Funktionsweise vollzieht sich aber nicht in der Maschine, sondern im Menschen, der somit wiederum zu einer biotechnischen Lebensform wird:

»Der Mensch hat die Fähigkeit, einerseits die Funktionsweise der Maschine zu verstehen und andererseits zu leben: Man kann von technischem Leben als demjenigen sprechen, was im Menschen die Herstellung der Relation zwischen beiden verwirklicht [...] die technische Operation erfordert ein Leben, das technisch und natürlich ist.«<sup>38</sup>

Für das Lebendige gelangt der Informationsbegriff der Informationstheorie an seine Grenze, was darauf hindeutet, dass sich für Simondon psychische Prozesse, wie sie sich in Menschen, aber auch in Tieren vollziehen, nicht auf algorithmische Funktionen reduzieren lassen. Was im informationstheoretischen Modell nicht erfasst werden kann, ist eine Information, in der nicht ein vorab konstituierter Sender und ein vorab konstituierter Empfänger mittels eines vorab festgelegten Codes kommunizieren, sondern in der man »die mögliche Serie der Empfänger als offen annimmt; die Informationsspannung verhält sich proportional zur Fähigkeit eines Schemas, von Empfängern als Information empfangen zu werden, die nicht im Voraus definiert werden.«<sup>39</sup> Diese Offenheit charakterisiert für Simondon aber eben jene Prozesse, die er mit dem Begriff der Transduktion beschreibt. Eine Transduktion kann sich nur deshalb ereignen, weil der Empfänger in einem solchen Prozess selbst ganz materiell informiert wird und in der Lage ist, diese inkorporierte Information anschließend in eine Form zu verwandeln,

**38** | Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 116.

**39** | Simondon, *Form, Information, Potentiale*, 2011, S. 237.

die für die folgenden Wahrnehmungen strukturierend werden kann und so fort: »Das Lebendige ist das, worin das *a posteriori* [also die Information] zum *a priori* wird; das Gedächtnis ist diejenige Funktion, durch die *a posteriori* zu *a priori* werden.«<sup>40</sup> Dies ist deshalb möglich, weil die gewonnenen Formen nicht starr und stabil sind (wie die Gestalttheorie annimmt), sondern metastabil und jederzeit neu formierbar.

Simondon hat dies in *Die Existenzweise technischer Objekte* vor allem für die Information beschrieben, die innerhalb der Kommunikation von Mensch und Maschine – und in ihrer Kopplung – Verwendung finden kann. Da Information aber verkörperte Information ist, lässt sich diese Differenz zwischen codierter und verkörperter Information nicht von der Organisationsform, von den »dynamischen« Strukturen dieser Individuen ablösen, sondern geht aus diesen hervor.

Dies erlaubt, nun in Hinsicht auf Stabilität und Metastabilität die Topologie der verschiedenen Individuen zu unterscheiden:

Das *physikalische Individuum* ist eine stabile Form, die an ihren Rändern metastabil bleibt, was seine Expansion in Wiederholung eines gleichförmigen Individuationsprozesses erlaubt.

Das *lebendige Individuum* besteht aus metastabilen Formen, die eine komplexe Topologie von Innen/Außen-Verhältnissen fundieren: Sie durchziehen den ganzen Körper-Psyche-Komplex und ermöglichen weitere Differenzierungen in Form von Individualisationen, welche das Werden des Lebendigen ausmachen.

Das *technische Individuum* besteht aus stabilen Formen, die aber nicht »partes extra partes« zusammengesetzt sind, sondern konkretisiert sind. Diese Konkretisation bedeutet aber auch, dass sich das technische Individuum wie einige seiner Elemente dadurch auszeichnen, dass sie in ihrem Inneren in hohem Maße metastabile Vorgänge integrieren können, welche sie synergetisch konjugieren, und zwar, anders als das lebendige Individuum, deswegen, weil die Rahmen, die das technische Objekt liefert, stabil bleiben – die Zylinder eines Motors verformen sich gerade nicht im Vorgang der Verbrennung des Luft-Treibstoffgemischs, eine Elektronenröhre funktioniert nur dann, wenn ihre Elektroden nicht im Betrieb, in dem Elektronen fließen, schmelzen – oder wenn Änderungen zwischen stabilen Zuständen erfolgen (Schalter).<sup>41</sup>

40 | Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 114.

41 | Diese *Stabilität* der Komponenten, die Simondon Elemente nennt, ist kein Defizit gegenüber dem Lebendigen, sondern macht ihren informationellen Mehrwert aus: Elemente können einem technischen Individuum unter Umständen entnommen und in hybrider Kombination in ein technisches Individuum ganz anderer Art überführt werden. Dies ist für Teile eines Organismus wie Organe schwer möglich.

## 9.5 ELEMENTE, UNTERINDIVIDUEN, INTEGRATION

Organismus wie technisches Individuum setzen sich aus ›Teilen‹ zusammen. Keines von beiden lässt sich holistisch betrachten, denn beide sind doppelt nach außen geöffnet: beide zu ihrem spezifischen Milieu, beide aber auch zu höheren Organisationsstufen: das technische Individuum zum technischen Ensemble, der Organismus zur Gattung oder zur Gruppe. Und doch deutet Simondon an, dass die Teil-Ganzes-Relationen unterschiedlicher Art sind, wie die Differenzierung in seiner Terminologie anzeigt. Während Simondon für die Komponenten des technischen Objekts von Elementen spricht, gebraucht er für den Bereich des Lebendigen den Ausdruck ›sous-individu‹ und verwendet diesen auch für das, was wir gemeinhin als Individuum fassen, und dies aus gutem Grund: »Ce qu'on nomme individu en biologie est en réalité en quelque manière un sous-individu beaucoup plus qu'un individu; en biologie, il semble que la notion d'individualité soit applicable à plusieurs étages, ou selon différents niveaux d'inclusion successifs.«<sup>42</sup> Demnach muss man von einer »société biologique« sprechen. Dies bedeutet aber, dass sich das biologische Individuum nicht aus Teilen ›synthetisiert‹, sondern bereits die Autonomie von Individuen besitzende Entitäten, Unter-Individuen ›integriert‹, sodass das Denken in Teil-Ganzes-Relationen diesem Vorgang nicht gerecht wird.

Der transduktive Prozess der Individuation des Lebendigen ist demnach eine doppelte Bewegung der ›Differenzierung‹ und der ›Integration‹: Das heißt, dass es zum einen gegenüber dem physikalischen Individuum – und dieser Prozess muss sich offenbar auf der makromolekularen Ebene abspielen, die den Bereich des Übergangs oder der Indifferenzierung darstellt – zu einer Suspension der sich vollziehenden Individuation hin zu einer einheitlichen, relativ stabilen Form kommt. Stattdessen werden die Potenziale nicht vollständig aktualisiert und somit erschöpft, was einhergeht mit der Zerlegung eines hochkomplexen physikalischen Individuums in eine Gruppe weniger komplexer biologischer Unter-Individuen.<sup>43</sup> Zum anderen aber entnimmt das zur ›Auto‹-Genese fähige Individuum, und das folgende zeigt die Relativität dieses auto, seinem Milieu bereits organisierte und informierte Unter-Individuen, die es integriert: »On pourrait supposer alors que la richesse externe de la relation au milieu est égale à la richesse interne de l'organisation contenue dans un individu.«<sup>44</sup>

**42** | Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 138. »Das, was man in der Biologie Individuum nennt, ist in Wirklichkeit gewissermaßen weitaus eher ein Sub-Individuum als ein Individuum; es scheint, als ob in der Biologie die Vorstellung der Individualität auf mehreren Stufen anwendbar sei, oder gemäß verschiedener Ebenen sukzessiver Inklusionen.«

**43** | Vgl. Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 139.

**44** | Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 142. »Man könnte annehmen, dass die externe Fülle der Relation mit dem Milieu ebenso groß ist wie die innere Fülle der in einem Individuum enthaltenen Relationen.«

So bildet sich eine Staffelung von Ebenen, zwischen denen eine Relation der In-Formation in Form von Interaktion, von Transduktion besteht, in einer »double chaîne ascendante et descendante«,<sup>45</sup> einer doppelten, sowohl aufsteigenden wie absteigenden Kette, jeweils in Form von Integration und Differenzierung.

Die Komplexität dieser Prozesse übersteigt bei weitem mechanistische Maschinenvorstellungen und hat aufgrund der notwendigen Kopplung von Individuum und Milieu auch nichts mit den angeblich autonomen Automaten der Kybernetik zu tun. Simondons Rede von der biologischen Gesellschaft ist nicht metaphorisch zu nehmen, da die transduktiven Prozesse zwischen den Ebenen weit eher einer Aushandlung gleichen als der Ausführung von Befehlen oder Codes, denn die Transduktion ist eben nicht »simple transport d'information«. Hält man diesen, auch tiefgehend epigenetischen Ansatz<sup>46</sup> für plausibel, so rücken die Pläne für eine »living technology«, also den »Nachbau« ganzer Organismen in weite Ferne, weil die Zahl der Agenten, die an der Entstehung eines Organismus beteiligt sind, wie die Komplexität ihrer Interaktionen unüberschaubar ist und sich somit auch kein Bauplan extrapolieren lässt. Sie folgen keinem »Projekt« und die Pläne zur »Optimierung« von lebendigen Organismen oder Teilen dieser Organismen, ihre Standardisierung und Stabilisierung zugunsten eines »verlässlicheren« Arbeitsleistung, verkennen ebenso die Eigenlogik des Lebendigen wie der konkretisierten Maschine. Anders als die Maschine kann das Lebendige aber nicht einmal existieren ohne jenen Unbestimmtheitspielraum, der seine Metastabilität und die damit verbundene verkörperte Information begründet.

## 9.6 ZOMBIE TECHNOLOGY

Es ist die Projektförmigkeit der Technowissenschaft als »applied science« zum Ziel der Produktion auch ökonomisch verwertbarer Anwendungsergebnisse, die Gleichsetzung von Technologie mit Anwendungs- und Nutzenerwägungen, die höchst fragwürdig ist. Eines der zentralen Argumente Simondons zur Rehabilitation des Technischen lautet, dass das finalistische Denken das genuin Technische, die Technizität vollkommen verfehlt. Es ist ein Missverständnis, dass sich technische Objekte adäquat als Mittel zur Erlangung von Zielen begreifen ließen, die in Kategorien der Leistung, der Ausbeute oder der Arbeit, also in klassisch ökonomi-

**45** | Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 142.

**46** | Folgt man dieser Beschreibung, so kann die Evolution auch nicht nur auf der Weitergabe aleatorischer Mutationen von Germen zu Germen beruhen, sondern man muss auch wieder die Frage stellen, wie die Information in die Gene kam: Als Reaktion auf Prozesse der Integration und Differenzierung. Die Integration stellt dann auch die Vorstellung einer »art-eigenen« Evolution radikal in Frage, denn was integriert wird, sind ja organisiert-informierte Einheiten, die im Milieu vorgefunden werden: Kristalle, Bakterien, Viren etc. Dann gibt es auch kein Problem mit dem Status von Enzymen, die Kristalle sind.

schen Kategorien beschrieben werden könnten. Was zunächst paradox klingen mag, ist für Simondon zentral: Der Arbeitsertrag einer technischen Aktivität ist für das Verständnis dieser Aktivität irrelevant, er trägt nichts zur Erklärung des technischen Objekts bei.<sup>47</sup> Um den durch die Denkmuster des Hylemorphismus im dunklen verbliebenen Bereich zu erhellen, den das technische Objekt und in Sonderheit die Maschine darstellt, gilt es, die ›operative Funktionsweise‹ zu analysieren, die ein Erkenntnismedium ist:

»Das Erkennen erfolgt mittels der Operation, aber *operativ* ist kein Synonym für *praktisch*, die technische Operation ist nicht praktisch, sie lässt sich nicht nach Belieben des Subjekts in alle Richtungen biegen, wie es der Zufall der unmittelbaren Nützlichkeit verlangt; die technische Operation ist eine reine Operation, die die wirklichen Gesetze der natürlichen Realität ins Spiel bringt; das Artifizielle ist hervorgerufenes Natürliches und nicht Falsches oder Menschliches, das für Natürliches gehalten wird.«<sup>48</sup>

Oder, mit anderen Worten, das technische Objekt ist ein ›faitiche‹, dessen Funktionieren die Gültigkeit seiner Konstruktion beweist.<sup>49</sup> Die technische Operation lässt sich aber deswegen nicht nach Belieben verbiegen, weil sie natürliche Agenzien zur Mitarbeit bewegen und mit ihrem Widerstand rechnen muss. Das Natürliche im Technischen lässt sich nur ›hervorrufen‹, in das technische Objekt ›hinein rufen‹, nicht zwingen oder unterwerfen. Die Konstruktion eines technischen Objekts ist folglich Trajekt, nicht Projekt.<sup>50</sup> Die Antwort auf die Synthetische Biologie liegt nicht in der Verurteilung des Technologischen, sondern im Verständnis der Technizität, die nicht nach dem Prinzip der Versklavung oder Unterwerfung funktioniert – auch wenn sie von einer Jahrtausende langen Herrschaftspraxis entsprechend instrumentalisiert wird. Es ist dieser Instrumentalismus und Utilitarismus, der aus Programmschriften und Verheißungen der Synthetischen Biologie spricht und der mittels dessen, was auf diese Weise als Technisches verstanden wird, in die Nanosphäre des Natürlichen und Lebendigen hineingetragen werden soll. Nichts anderes besagt die Rede davon, ein sich drehendes Molekül sei ein Motor und verrichte ›Arbeit‹ oder die Behauptung, bei

47 | Vgl. Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 223-236.

48 | Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 236.

49 | Zum faitiche vgl. Bruno Latour: *Petite réflexion sur la le culte moderne des dieux faitiches*, Le Plessis-Robinson: Les empêcheurs de penser en rond 1996; ferner Stengers, *La vie et l'artifice: visages de l'émergence*, 2003.

50 | Vgl. zum Begriff des Trajekts Etienne Souriau: *Du mode d'existence de l'œuvre à faire*, in: Ders.: *Les différents modes d'existence*, (hg. von Isabelle Stengers und Bruno Latour), Paris: Presses Universitaires de France 2009; vgl. dazu Bruno Latour, Isabelle Stengers: *Du sphinx de l'œuvre*, in: Souriau, *Les différents modes d'existence*, 2009, 1-75, S. 20f. und S. 52f.



Zellen handele es sich um Fabriken,<sup>51</sup> bei lebenden Systemen um Apparate, die für spezifische Aufgaben entworfen wurden<sup>52</sup> und der Imperativ der Nützlichkeit sei ›major driver‹ der Synthetischen Biologie:

»For industrial applications, such genes are not only redundant but also often obstructive when expressed, because they waste energy and sometimes even hinder the objective. Trimming organisms genetically to optimize their productivity is therefore a key technology of immense industrial importance.«<sup>53</sup>

Die ›operative Funktionsweise‹ biologischer Entitäten soll also durch ihre Technisierung nach den Regeln der Optimierung des Ertrags und der Leistungsfähigkeit modifiziert werden. Die Verhinderung der Verschwendung von Energie und die Ausschaltung für die Funktionsweise hinderlicher Aspekte lassen sich bei oberflächlicher Betrachtung als Aspekte einer Konkretisation auffassen, wie sie Simondon für das technische Objekt beschreibt und als Richtung seiner evolutionären Fortentwicklung postuliert. Eine solche Auffassung übersieht zwei Dinge: erstens, wie bereit bemerkt, dass das Lebendige für Simondon immer schon in einer Weise konkretisiert ist, der sich das technische Objekt lediglich asymptotisch annähern kann. Zweitens werden Energieverschwendung und behindernde Einflüsse hier gerade nicht in Hinblick auf die inhärente Funktionsweise des Gens definiert, sondern auf einen diesem Gen auferlegten Zweck der Produktivität. Nichts aber garantiert, dass die ›Funktionsweise‹ des Gens tatsächlich auf diesen nach Gutdünken des Technowissenschaftlers isolierten Zweck ausgerichtet ist. Das Gen also auf seine Arbeitsleistung hin zu ›optimieren‹ bedeutet, es hinsichtlich seiner Funktionsweise, die sich durch die Fähigkeit zur Aufnahme, Inkorporation und Weitergabe von Information auszeichnet, zu desoptimieren und eine konkrete Entität abstrakter zu machen. Denn das Ziel der Modifikation lässt sich auch so beschreiben, dass es darum geht, das Gen in ein »Gen für dies« umzuwandeln, es also einer Vorstellung der Unifunktionalität der Gene anzupassen, die längst widerlegt ist: Weder gibt es eine eindeutige Zuordnung von Genen zu ›Funktionen‹ im Sinn der Ausführung einer Produktions- oder Konstruktionsarbeit, noch ist ein einzelnes Gen für bestimmte Funktionen unentbehrlich.<sup>54</sup> Das gewünschte Verhalten des Gens lässt sich nur durch eine Minimierung des Unbestimmtheitsspielraums erreichen, der das Lebendige vor allem anderen charakterisiert. Die gewünschten Optimierungen wären Aktualisierungen und Stabilisierungen, die dem Lebendigen das Leben selbst austreiben, es wäre, würde es denn funktionieren, keine ›living technology‹, sondern ›zombie technology‹.

**51** | Vgl. etwa Bensaude-Vincent, *Pour une philosophie du terrain*, 2008, S. XV.

**52** | Vgl. Bensaude-Vincent, Guichet, *Nano-Machine*, 2007.

**53** | Masaru Tomita: Towards computer aided design (CAD) of useful microorganisms, in: *Bioinformatics*, 17(12) 2001, 1091-1092, S. 1091.

**54** | Vgl. Müller-Wille, Rheinberger, *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik*, 2009, S. 115f.

## 9.7 INDIVIDUEN AUF DER NANO-EBENE?

Simondons Theorie der Individuation hätte aber auch weitere Auswirkungen für die spezifische Nanoebene der Synthetischen Biologie: Wenn auf der Ebene der Makromoleküle eine Zone der Indifferenz zwischen Lebendigem und Unbelebtem besteht, dann gibt es keine inhärente Qualität, die die Entscheidung in die eine oder andere Richtung prädisponiert, sondern nur eine Differenz von Individuationsprozessen, die in der Relation zwischen verschiedenen Größenordnungen auf verschiedene Weise hergestellt werden. Eine Formulierung Simondons legt aber nahe, dass er diese Ebene als die Schlüsselebene einer transduktiven Verschaltung, also der Herstellung einer Relation zwischen Mikro- und Makroebene ansieht, denn die großen Moleküle seien »assez complexes pour que des régimes variables de réception d'information puissent y exister, et assez restreints en dimension pour que les forces microphysiques y interviennent comme porteurs des conditions énergétiques et structurales.«<sup>55</sup>

Dies bedeutet aber nicht, dass die Mikro- und Makroebene nur einen Befehl ausführen würde, der von den Makromolekülen käme und in diesen präexistierte (dann ließe sich ja auch nicht die Indifferenz zwischen belebt und unbelebt erklären) – die In-Formation entsteht erst in der Transduktion, in der sich erst entscheidet, ob auf der supramolekularen Ebene ein unbelebtes oder ein biologische Individuum entsteht. Ist diese Ebene der (isolierten) Makromoleküle die niedrigste, auf der eine Individuation möglich ist, so bedeutet dies aber auch, was Simondon nicht weiter ausführt, dass die Individuation auf dieser Ebene sich noch vor einer Unterscheidung in Lebendiges und Unbelebtes situiert: Ein Makromolekül kann wohl Kristall oder Enzym werden, je nachdem, ob es in einem lebendigen oder unbelebten Milieu existiert, kann aber auch zwischen beiden Milieus hin- und herwechseln.

Wenn es aber unterhalb dieser Ebene keine Individuation gibt, so gibt es auch keinerlei Organisation im Sinn der Etablierung einer diskontinuierlichen Einheit, es kommt zu keiner Information als verkörperter Formbildung. Auf dieser ›prä-individuellen‹ Ebene, die Simondon als prävital und präphysikalisch bezeichnet, gibt es pure Potenzialität, eher Rauschen als Metastabilität. Diese Ebene enthielte das Reservoir, bildete die Ressource, derer es für transduktive Prozesse bedarf.

Vor allem Bensaude-Vincent und Guichet weisen auf die Probleme hin, die sich beim Bestreben nach der Stabilisierung von Formen zur Konstruktion von Maschinen auf der Nanoebene stellen: Oberflächenspannung und Viskosität sind ausschlaggebend, hingegen gibt es keine Architekturen oder Strukturen.<sup>56</sup>

**55** | »[...] komplex genug, damit ihnen variable Regime des Empfangs von Information existieren können und von genügend beschränkter Dimension, damit die mikrophysikalischen Kräfte als Träger der energetischen und strukturellen Bedingungen eingreifen können.« Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, 1964, S. 131.

**56** | Vgl. Bensaude-Vincent, Guichet, *Nano-Machine*, 2007.

Wenn Simondon bemerkt, dass sich das lebendige Individuum dadurch auszeichne, dass es etwas von der präindividuellen Spannung in sich aufrechterhalte,<sup>57</sup> so ließe sich dies mit Prozessen zusammenbringen, die sich auf der Nanoebene im Subindividuum der Zelle abspielen und die außerhalb dieses lebendigen Milieus zu steuern und zu manipulieren offenbar größte Schwierigkeiten bereitet. Die bloße Fixierung von Atomen oder Molekülen, ihre Isolation bedeutet nicht nur ihre ›mise à mort‹, sondern auch das Abschneiden von jeglicher Form der Individuation, auch der unbelebten Individuationen. Die Programmierung ihrer Strukturierung hingegen gelingt nicht zuverlässig: Das Verhalten der ›Nanomaschinen‹ bleibt aleatorisch.<sup>58</sup> Vollends unrealistisch bleibt aber die Vorstellung einer Speicherung von Information auf der Ebene von Molekülen,<sup>59</sup> wenn die Information an eine Individuation gebunden ist.

All dies verkennt Sache Loeve in seinem Versuch, Nanomaschinen auf der molekularen Ebene mit Simondon als ›konkrete Nanomaschinen‹ zu erfassen, wobei auch er natürlich konzedieren muss, dass es mit der Konkretisation solcher Maschinen bisher nicht weit her ist.<sup>60</sup> Die Isolation eines Moleküls ist, anders als er glaubt, alles andere als dessen Individuation, sondern seine Abschneidung von jeder Möglichkeit, als präindividuelles Potenzial in Prozesse der Individuation einbezogen zu werden.<sup>61</sup> Das Maschinenmolekül ist keine Objektivation, sondern tatsächlich nur Metapher, eher noch Metonymie, eine Pars-pro-Toto-Verwechslung: Das Molekül kann höchstens Bestandteil eines Individuums und somit eines Organismus oder einer Maschine sein, nicht Individuum.

---

**57** | »Ce qui conserverait dans l'individu vivant quelque chose de la tension préindividuelle, de la communication active, sous forme de résonance interne, entre les ordres extrêmes de la grandeur.« Simondon, *L'individu et sa genèse physico-biologique*, S. 132. »Was im lebendigen Individuum etwas von der prä-individuellen Spannung, von der aktiven Kommunikation in Form der internen Resonanz zwischen extremen Größenordnungen bewahren würde.«

**58** | Vgl. Bensaude-Vincent, Guichet, Nano-Machine, 2007.

**59** | Vgl. Bensaude-Vincent/Guichet, Nano-Machine, 2007.

**60** | Vgl. Loeve, *Autour d'une définition des nanos*, 2008, S. 8.

**61** | Selbst wenn das Molekül groß genug wäre, um als Makromolekül ein Individuum zu sein, so wäre die Isolation von seinem assoziierten Milieu die Amputation einer bereits individuierten Entität von dem, was sie ermöglicht und vervollständigt. Loeve folgt aber einer Abgrenzung, die die Makromoleküle als auf der ›Mesoebene‹ liegend exkludiert, vgl. Loeve, *Autour d'une définition des nanos*, 2008, S. 6. Dies ist aber die Ebene, die für Simondon entscheidend ist.

## 9.8 BIOMEDIEN UND DIE MASCHINE ALS BIOTECHNISCHES MILIEU

So ist es auch nicht erstaunlich, dass nicht nur die Einlösung des Projekts der Synthese ganzer Organismen nach dem ›bio-brick‹-Prinzip bislang ausgeblieben ist, sondern auch das Bauen von tatsächlich funktionierenden ›Maschinen‹ auf der Nanoebene, also das Schaffen einer autonomen Entität in diesem Größenbereich.

Ebenso wenig erstaunt es, dass es zwei andere Verfahren der Nanobiologie sind, die erfolgreich waren: zum einen das, was Gabriele Gramelsberger ›cyborg technology‹ nennt, also die Integration eines biotechnisch modifizierten bzw. konstruierten Elements oder »funktionalen Moduls«<sup>62</sup> in einen bestehenden einfachen biologischen Organismus.

Simondon spricht ähnliche Vorgänge in *Die Existenzweise technischer Objekte* kurz als komplementäre Bewegung zur Konkretisierung des technischen Objekts an: die Artifizialisierung des lebendigen Individuums. Er denkt dabei etwa an die Modifikation von Pflanzen dergestalt, dass bestimmte Funktionen hypertelisch werden und auf Kosten der Funktionsweise des gesamten Organismus überausgeprägt erfüllt werden (etwa die exzessive Bildung schöner Blüten, die nicht mehr zur Befruchtung taugen).<sup>63</sup> Seine Beispiele sind so gewählt, dass entweder die Reproduktion nicht mehr durch den Organismus selbst, sondern nur noch durch den Menschen erfolgen kann oder aber der Organismus nur noch in einem artifizierten Milieu (etwa einem Treibhaus) überlebensfähig ist. Die Autonomie des lebendigen Individuums – die immer nur in Relation zu einem assoziierten Milieu gegeben ist –, also sein metastabiles Potenzial und sein Unbestimmtheitsspielraum werden also ›reduziert‹, aber eben ausgehend von diesen Informationsfähigkeiten des Lebendigen. Das implantierte (oder modifizierte) ›cyborg‹-Element oder Modul funktioniert somit im doppelten Sinn als Parasit dieses Organismus. Es profitiert von dessen Fähigkeit, Information zu empfangen und zu inkorporieren und es ist als Störung nicht schwerwiegend genug, um die Funktionsweise des Organismus zum Zusammenbruch zu bringen – nur dass, entgegen den geläufigen Beispielen, das Störgeräusch der Kommunikation eher durch zu große Stabilität der Information als durch zu große Entropie bestimmt wäre. Es ließe sich aber auch sagen, dass der Wirtsorganismus als das Milieu des biotechnisch modifizierten Moduls fungiert. Er wäre ganz buchstäblich dessen Biomedium: Das informationell stabilisierte Modul bewegt sich in metastabiler Umgebung. Das Problem besteht darin, dass dieses Modul auch in Wechselwirkung mit diesem Milieu existiert und daher offenbar häufig nicht verlässlich die gewünschte

**62** | Michel Morange: Un périlleuse convergence: la biologie synthétique, in: Bensaude-Vincent, Larrère, Nurock, *Bionano-éthique*, 2008, 41-52, S. 45.

**63** | Vgl. Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 43.

Funktion ausführt.<sup>64</sup> Was aber garantiert überhaupt, dass das eingeschleuste Modul in diesem lebendigen Milieu seinerseits dauerhaft stabil bleibt?

Nun ist die Einbringung eines Moduls in ein Biomedium, etwa ein Bakterium, eine lebendige Zelle etc. nicht das einzige Verfahren dieser Art, das angewandt wird. Sowohl existierende einfache Organismen oder Zellen als auch die ›bottom-up‹ zu konstruierenden biotechnischen Organismen werden von den Biologen als Chassis bezeichnet.<sup>65</sup> Dies geschieht aber in Analogiebildung zu anderen Entitäten, die als Rahmen dienen: »Such chassis can be modified organisms like yeast or *E. coli*, but they can also be *constructed* as minimal cells fulfilling the minimum requirements for life. [Hervorhebung M.C.]«. Biologische Komponenten können auch direkt auf einen Halbleiterchip aufgebracht werden, um etwa Biosensoren zu konstruieren.<sup>66</sup> Guichet, der die Praxis von Nanowissenschaftlern beobachtet hat, beschreibt ähnliche Verfahrensweisen. So kontrollieren die Wissenschaftler ein Biphenyl-Molekül dadurch in seinen Bewegungen, dass es direkt auf eine Silizium-Oberfläche aufgebracht wird.<sup>67</sup> Auf gleiche Weise wird mit den Proteinen verfahren, die zur Konstruktion eines Nanomotors eingesetzt werden sollen: Diese werden zuerst aus ihrem biologischen Milieu isoliert, um sie anschließend zu vervielfältigen und zu reinigen und sie dann auf einen Siliziumträger aufzubringen. Anstelle biologischer oder auch nur biotechnischer Organismen kommen hier offenbar entweder biomimetische Minimalzellen oder rein technische Umgebungen (Silizium) zum Einsatz. Die ›Module‹, etwa Proteine, werden also in ein artifizielles Milieu überführt, das ihr Verhalten modifiziert und dadurch kontrollierbarer macht, als dies in einem natürlichen Milieu der Fall wäre. Eine solche Konstruktion aber wäre das eigentliche biotechnische Objekt, vielleicht sogar eine biotechnische Maschine: ein ›stabiler‹ Rahmen (insbesondere beim Silizium-Milieu), in dessen Innerem sich metastabile Prozesse vollziehen wie in einem Motor oder einer Elektronenröhre, wobei, was die Präzision angeht, die erforderlich ist, sicher die Elektronenröhre den Weg weist. Während aber die Elektronen in der Röhre nur dazu gebracht werden müssen, sich einzeln in einer bestimmten Weise zu ›bewegen, geht es in der Synthetischen Biologie darum, dass sich etwa Moleküle selbst ›zusammensetzen‹ oder dass sie gar Atome dazu bringen, sich zusammenzusetzen. Alles aber kommt auf die grammatikalische Struktur an, in der sich Handlungsanteile verteilen. Bensaude-Vincent zitiert die schöne Formulierung von Chemikern, die sagen: »on auto-assemble les molécules«. <sup>68</sup> Diese aktantielle Paradoxie lässt sich auflösen in ein ›faire faire‹ oder

**64** | Für Beispiele vgl. Gramelsberger, *The Simulation Approach in Synthetic Biology*, 2013; Bensaude-Vincent, Guichet, *Nano-Machine*, 2007.

**65** | Vgl. etwa Morange, *Un périlleuse convergence: la biologie synthétique*, 2008, S. 45.

**66** | Vgl. <http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/biosensoren/pc.htm>

**67** | Vgl. Guichet, *Nature et artifice dans les nanotechnologies*, 2008, S. 21, 27.

**68** | Bernadette Bensaude-Vincent: Entre chimique et vivant. Deux voies de passage, in: Bensaude-Vincent, Larrère, Nurock, *Bionano-éthique*, 2008, 53-67, S. 59.

die Abwechslung der Initiative, wie sie Andrew Pickering als »dance of agency« beschrieben hat.<sup>69</sup> Auch wenn in Guichets Beispiel der Eingriff zum Zweck der Reinigung der Proteine »direkt« erfolgt, ein Eingriff, der sich als klassische Artifzialisierung des Lebens beschreiben lässt, anders gesagt, als die Reduktion seiner Metastabilität, Fähigkeit zur Informationsaufnahme und somit Offenheit, als die Verengung seiner Existenzweise hin auf die Erfüllung einer projektierten Aufgabe, so beruht der Erfolg des Verfahrens doch auf der Aktivität der biotechnischen Akteure: Die Konstruktion des technischen Objekts glückt dann, wenn das artifizielle Milieu so gestaltet ist, dass es die gewünschten Verhaltensweisen hervorruft. Mittels des Angebots eines Milieus wird indirekt auf diese Akteure eingewirkt: Das Informationsangebot des Milieus ist so modifiziert – und dies heißt zunächst einmal: reduziert –, dass die Hoffnung besteht, dass sich ihr Verhalten in gewünschter Weise lenken lässt. Die Reduktion der offenen Informierbarkeit, der Metastabilität dieser Akteure muss stark genug sei, dass ihr Verhalten sich wie gewünscht stabilisieren lässt, sie muss aber auch schwach genug sein, dass die Fähigkeit zur »auto-assemblage« nicht verloren geht. Verfolgt man Projekte, in denen man a priori festgelegte Forderungen an diese Akteure stellt, so besteht darin die Gratwanderung, die man auch als Nano-Gouvernementalität bezeichnen kann – dies ist die Zurückführung der Mikrophysik der Macht in den Bereich, aus dem dieses Konzept hervorgegangen ist.<sup>70</sup>

Eine ganz andere Frage ist, ob die Praxis der Nanowissenschaftler überhaupt so projektförmig ist. Guichet zieht dies in Zweifel, seine Wissenschaftler scheinen sich nicht allzu sehr von jenen zu unterscheiden, die Latour für seine frühen Arbeiten begleitet hat. In jedem Fall wäre es die interessantere und vielversprechendere Herangehensweise an diese Objekte, sie voll und ganz als technische Objekte auch im Sinn Simondons zu begreifen. Dies würde zum einen bedeuten, diese nicht als Nachbau der Natur zu verstehen, sondern, auch im Sinn biomimetischer Forschungen, als Objekte mit einer eigenen Existenzweise, die sich durch Konkretisation, anders gesagt durch die Einbindung von so viel Metastabilität wie möglich, »asymptotisch« dem konkreten Lebendigen anzunähern. Dies würde auch zu einer doppelten Reserviertheit gegenüber der Vorstellung eines letzten Schritts führen, in dem die Akteure aus dem artifizialen Milieu in ein natürliches überführt werden können, weil dies übersieht, dass der artifizielle, stabile Rahmen Teil des technischen Objekts ist und dessen Funktionsweise garantiert (und es würde auch die Notwendigkeit einer Reflexion über die Risiken

**69** | Vgl. Andrew Pickering: *The Mangle of Practice. Time, Agency, and Science*, Chicago: University of Chicago Press 1995; vgl. auch Andrew Pickering: Preface, in: Ders. (Hg.): *The Mangle in Practice. Science, Society, and Becoming*, Durham/London: Duke University Press 2008, vii-xiv, S. viif.

**70** | Ich postuliere hier die Hypothese einer Filiation zwischen den Vorstellungen Gabriel Tardes und den Überlegungen Michel Foucaults, die sicher auch über die Vermittlung von Deleuze und Guattaris *Mille plateaux* verlaufen ist.

einer Überführung der biotechnologischen Akteure von einem hochartifiziiellen in ein natürliches Milieu nach sich ziehen, in dem deren Verhalten noch weit unkontrollierbarer sein dürfte als in ersterem Milieu). Anstatt diese technischen Objekte so als finalistische Leistungsmaschinen für nützliche Arbeit zu begreifen, wäre es sinnvoller, diese zunächst in ihrer Technizität zu betrachten: Als experimentelle Objekte, die nicht nur ihre Konstrukteure durch ihre Funktionsweise überraschen,<sup>71</sup> sondern deren Funktionsweise auch nicht durch die Vorgabe eines Projekts oder die Übertragung von mechanistischen Metaphern in den Bereich des Lebendigen präjudiziert wird, denn diese bringen es nicht nur dem Lebendigen keineswegs näher, sondern verfehlen noch das Potenzial des Technischen durch die Hypertelie: »Die Evolution der technischen Objekte kann nur in dem Maße zum Fortschritt werden, in dem die technischen Objekte frei in ihrer Evolution sind und nicht durch Sinn und Richtung einer fatalen Hypertelie erfordert werden.«<sup>72</sup>

---

**71** | Vgl. Guichet, *Nature et artifice dans les nanotechnologies*, 2008, S. 22.

**72** | Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 2012, S. 52.

