

1 Einleitung

1.1 SELBSTORGANISATION UND MASCHINELLES LERNEN

»Die Technikphilosophie ist eine Wissenschaft von der Veränderung. Wie sich Gesellschaften oder Teilbereiche durch Technisierung verändern, was der Mensch – kontrafaktisch – ohne Technik wäre und insbesondere wie sich die Technik selbst verändert, zählt zu ihren mit intensiver Neugierde verfolgten Fragen.«

(Kaminski 2012, S. 1)

Die Frage, wie sich die Technik selbst verändert, bezieht sich meist auf Durchbrüche in Forschung und Entwicklung, die zur Erschließung neuer Technikfelder führen. Anstelle der Betrachtung einzelner Durchbrüche kann die Frage jedoch auch in Hinblick auf die systematische ›SELBSTORGANISATION¹‹ technischer Systeme gestellt werden, das heißt bezogen auf Technik, die sich selbst oder andere Technik adaptiert und reorganisiert. Besonders vielversprechende Veränderungspotenziale können dementsprechend Technik zugeschrieben werden, die sowohl eine Vielzahl von Durchbrüchen in theoretischer und praktischer Hinsicht aufweist, als auch autoadaptive Prinzipien realisiert. Die Untersuchung des Ausmaßes oder

1 Eine Darstellung in KAPITÄLCHEN zeigt an, dass der an dieser Stelle eingeführte oder weiterentwickelte Begriff von zentraler Bedeutung und im Index zu finden ist. Diese Hervorhebung ermöglicht es, die im ersten Hauptteil vorgenommene – sehr kompakte – Einführung in die Funktionsweisen des maschinellen Lernens auch als Nachschlagewerk zu nutzen.

überhaupt einer genaueren Bestimmung der auftretenden ›Selbstorganisation‹ steht in solchen hochdynamischen Technikfeldern allerdings häufig hinter einer Analyse der jüngsten Durchbrüche, der Prognose möglicher zukünftiger Veränderungen und der Abschätzung der Einflüsse des Technikbereiches als Ganzem zurück. Die Frage, wie sich Technik im Rahmen ihres Einsatzes selbst adaptiert und verändert, lässt sich jedoch auch in weniger volatilen und besser verstandenen Bereichen von Technik stellen, etwa in der Informatik. In der Informatik finden sich verschiedene Phänomene, die als Formen von Selbstorganisation beschrieben werden können (Shiffman 2012). Gerade Algorithmen, die auf externe SENSORDATEN² zurückgreifen, sind in diesem Zusammenhang besonders interessant. Viele moderne Algorithmen verknüpfen externe Reizkonstellationen, die eine bestimmte Regelmäßigkeit aufweisen, mit speziellen Reaktionen, indem sie, abhängig von bereits erfolgten Eingaben, ihre Struktur verändern. Die entsprechenden autoadaptiven Algorithmen werden innerhalb der Informatik unter der Bezeichnung MASCHINELLES LERNEN zusammengefasst. Ein besonders interessanter Teilbereich des maschinellen Lernens wird im zweiten Hauptteil der nachfolgenden Darstellungen als die Erstellung NEUGIERIGER STRUKTURVORSCHLÄGE beschrieben und als WELTTECHNIK bezeichnet. Die Analyse autoadaptiver Algorithmen und speziell von Welttechnik verspricht dabei nicht nur ein großes Potenzial für die Entdeckung von Veränderungen der Technik, sondern auch die Gelegenheit zu einer präziseren Formulierung dessen, was an den mit ›Selbstorganisation‹ bezeichneten Phänomenen aus Sicht der Technikphilosophie von zentralem Interesse ist und welche Fragen gestellt werden können oder sollten.

»Verfahren des machine learning sind die Grundlage von Programmsystemen, die aus ›Erfahrung‹ lernen, also neues Tatsachen- und Regelwissen gewinnen oder Priorisierungen adaptieren können. Sie sind u.a. auch für die Entdeckung zweckbestimmt relevanter Beziehungen in großen Datenmengen (›Data mining‹) von großer Bedeutung.«

(Görz et al. 2003, S. 13)

2 Die Rede von Sensordaten soll sehr allgemein verstanden werden und beschreibt hier und im Folgenden jede Art von Eingabedaten.

Die Technik des maschinellen Lernens bildet in vielen Fällen die Grundlage dafür, dass eine andere Technik als neuartig eingeschätzt wird oder dass die Veränderung einer Technik diagnostiziert wird. Beispiele für maschinelles Lernen sind unter anderem:

- Der Einsatz in der Medizin, wenn Diagnostizierung in Kliniken maschinell unterstützt werden soll (Kononenko 2001). Hier können Krankengeschichten und vergangene Diagnosen von den Systemen bei zukünftigen Diagnosevorschlägen berücksichtigt werden.
- Die Bestimmung von Risikoklassen verschiedenster Arten, sei es bei der Krebsforschung (Kerhet et al. 2009), dem Aktienhandel (Shah 2007) oder der Erstellung von Versicherungstarifen (Dugas et al. 2003). Hier können die genutzten Systeme jeweils aufgrund von Daten der Vergangenheit bestimmte Risikowahrscheinlichkeiten berechnen und diese Berechnungen für jeden neuen Fall aktualisieren. Weiterhin wird in diesen Bereichen versucht, die Strukturmerkmale zu erkennen, die die Risiken am stärksten beeinflusst haben, um diese Merkmale nutzerseitig weiter zu analysieren.
- Die Erstellung von RECOMMENDER-SYSTEMEN. Diese Systeme schlagen den Nutzern Produkte oder Dienste zum Kauf vor. Die Vorschläge basieren auf dem bisherigen Kaufverhalten der jeweiligen Nutzer, aber auch auf dem Kaufverhalten anderer Nutzer. Praktische Beispiele hierzu sind Amazon.com oder der Radiosender Last.fm.
- Die Entdeckung zweckbestimmt relevanter Beziehungen in großen Datenmengen, die im Weiteren wie bei Görz et al. als DATA MINING bezeichnet wird. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff Data Mining nur verwendet, wenn die zu erlernende Struktur oder die Verwendung der Struktur noch weitgehend unklar ist. Dies dient nur der Vermeidung von Überschneidungen – etwa zu den Recommender-Systemen. Im Rahmen des Data Mining wird maschinelles Lernen eingesetzt, um die am stärksten ausgeprägten Zusammenhänge zwischen Daten zu bestimmen. Diese Zusammenhänge können von einem Menschen auch ohne die Nutzung maschinellen Lernens erkannt und analysiert werden,

etwa durch den Einsatz von Algorithmen, die auf dem Konzept der OLAP-WÜRFEL³ basieren.

Über diese Beispiele hinaus gibt es noch eine sehr große Zahl äußerst unterschiedlicher Anwendungsmöglichkeiten – seien es Pre-Crash-Sensoren für Airbags in Automobilen oder statistische Sprach- und Schrifterkennung. In all diesen Gebieten steht eine Vielzahl von Hindernissen der Lösung der jeweiligen Aufgabe im Weg – seien es ungenaue oder extrem zahlreiche Messwerte, unterschiedliche Messgeräte, veränderliche beobachtete Größen oder ein hoher Zeitdruck. Diese Hindernisse haben gemein, dass sie eine Form von Veränderung von der eingesetzten Technik verlangen und dass maschinelles Lernen die Nutzer bei der Überwindung dieser Hindernisse unterstützen kann. Die eingesetzten physischen Objekte, auf denen maschinell lernende Algorithmen implementiert sind, werden im Folgenden MASCHINELL LERNENDE ARTEFAKTE – kurz MLA – genannt. Die neutrale Bezeichnung als ARTEFAKT soll betonen, dass das konkrete Objekt sehr unterschiedlich aussehen kann – es ist sogar möglich, maschinelles Lernen ohne einen Computer durchzuführen⁴. MLA zeichnet aus, dass es ihnen möglich ist, systematisch auf Sensordaten zu reagieren. Die Fähigkeit, auf unbekannte Eingabedaten autoadaptiv zu reagieren, macht die zugrunde liegenden Algorithmen zu lernenden Algorithmen. Einige Algorithmeklassen sind darüber hinaus in der Lage, eine Adaption ihrer eigenen Programmstruktur und sogar eine Adaption der Möglichkeiten zur Adaption ihrer Programmstruktur vorzunehmen. In beiden Fällen bleibt auch ein Algorithmus aus dem Bereich des maschinellen Lernens eine abstrakte Prozessbeschreibung und stellt gerade keine Substanz dar. Entsprechend ist es nicht zielführend, die Möglichkeit eines MLA zur autoadaptiven Reaktion als die Eigenschaft eines speziellen Algorithmus zu denken, da der Algorithmus sonst als Träger dieser Eigenschaft und damit substanzhaft gedacht

3 »Ein OLAP-Würfel [ist ein] gebräuchlicher Begriff zur logischen Darstellung von Daten. Die Daten werden dabei als Elemente eines mehrdimensionalen Würfels [...] angeordnet. Die Dimensionen des Würfels beschreiben die Daten und erlauben auf einfache Weise den Zugriff.« (Wikipedia Contributors 2012, OLAP-Würfel) Die Pivot-Tabellen in Microsoft Excel stellen ein anschauliches Beispiel für OLAP-Würfel dar.

4 Details finden sich im abschließenden Abschnitt 4.3.

werden muss. Solch eine Vorgehensweise wäre vergleichbar damit, einen mathematischen Satz als Eigenschaft der mathematischen Logik zu betrachten⁵. MLA werden gezielt als maschinell lernende Artefakte bezeichnet, um die Intuition zu unterstützen, dass die Implementierung in einem physischen Objekt notwendig, dessen konkrete Ausprägung aber nicht relevant ist. Dies soll jedoch, wie bereits erwähnt, nicht dazu führen, dass statt der physischen Ausprägung nun der Algorithmus als die Substanz gedacht wird. Mit der Bezeichnung als Artefakt soll darüber hinaus die Intuition gestärkt werden, dass diese Klasse von Artefakten nicht notwendigerweise auf das maschinelle Lernen oder die Informatik beschränkt ist⁶.

1.1.1 Maschinell lernende Artefakte – MLA

Ein übliches Problem der Technikphilosophie, als Suche nach dem Neuen, liegt darin, dass es im Vorfeld einer Diskussion sehr schwierig ist, zu unterscheiden, ob eine neue Technik das Potenzial hat, eine systematische Neuerung mit sich zu bringen oder ob sich aus einer Diskussion maximal eine neue Perspektive auf bereits bekannte Technik ergeben wird. Im Weiteren soll es darum gehen darzustellen, inwieweit maschinelles Lernen Technik verändert und warum die Veränderungen durch MLA für die Technikphilosophie von besonderem Interesse sind. Angesichts der weiten Verbreitung maschinellen Lernens und des großen Funktionsumfangs dieser Technik stellt sich zunächst die Frage, was einer genauen Analyse der konkreten Artefakte bisher im Wege stand. Die beiden größten Schwierigkeiten, die eine solche Diskussion unattraktiv erscheinen lassen, sind die Überschätzung der Selbstständigkeit maschinell lernender Artefakte und deren fehlende Wahrnehmbarkeit. Beide Schwierigkeiten werden im Folgenden kurz skizziert.

-
- 5 Beide Betrachtungsweisen sind gleichermaßen sowohl formal zulässig als auch nicht zielführend.
 - 6 Eine Bezeichnung der betrachteten Objekte als maschinell lernende IMPLEMENTIERUNGEN hätte den gegenteiligen Effekt.

Selbstständigkeit von MLA

MLA werden durch AUTOADAPTIONSPROZESSE konstituiert. Eine aus einem Missverständnis dieser Autoadaptionprozesse resultierende Fehleinschätzung liegt darin anzunehmen, dass es sich um Artefakte handelt, die selbsttätig Muster in Daten erkennen und daraus, unabhängig von menschlichen Einflüssen, Konzepte oder Modelle erstellen beziehungsweise diese Modelle eigenständig in den Rohdaten entdecken. Tatsächlich entstehen die von einem MLA präsentierten Konzepte entweder schon bei der Konzeption des LÖSUNGSRRAUMS, das heißt der Festlegung, welche Elemente die Lösung beziehungsweise das Ergebnis auszeichnen sollen beziehungsweise dürfen, oder erst nachträglich im Rahmen einer Interpretation der Ergebnisse durch den Menschen. Im Fall einer nachträglichen Interpretation können im Rahmen des Autoadaptionvorgangs durchaus Strukturen entstanden sein, die neben einem systematischen auch einen unabhängig vom Nutzer entstandenen Anteil enthalten. Diese Anteile der entstandenen Struktur werden jedoch erst im Nachhinein als Konzepte interpretiert beziehungsweise wahrgenommen.

Problematisch wird diese Überschätzung von MLA, weil die Artefakte dadurch in Diskussionen auftauchen, in denen sie keinen Platz haben. Entsprechend stehen die Spezifika und technikphilosophisch interessanten Aspekte von MLA in solchen Projekten nicht im Fokus. Darüber hinaus sinkt der empfundene Bedarf, maschinelles Lernen technikphilosophisch aufzuarbeiten, da es häufig als Randphänomen von Technikbereichen wahrgenommen wird, die noch sehr viel Unerforschtes enthalten. Die Entwicklung des Begriffes der Welttechnik im zweiten Hauptteil wird einen Erklärungsansatz liefern, warum gerade noch unbekannte Technikbereiche in besonderem Maße mit maschinell lernenden Artefakten erforscht werden.

MLA in der Wahrnehmung der Nutzer

Die zweite Schwierigkeit liegt darin, dass Menschen, die MLA einsetzen, meist kein Verständnis dafür haben, welchen Typ von Artefakt sie nutzen, beziehungsweise was es ist, das dieses Artefakt ihnen als (>Lern-<)Ergebnis anbietet oder gar was an dem Ergebnis unabhängig vom Menschen erzeugt wurde. Die fehlende Wahrnehmbarkeit maschinell lernender Artefakte bezieht sich nicht in erster Linie auf deren beobachtbare Funktion, sondern

auf die Hypothesen über das MLA als Artefakt. Schon vor dem Versuch, eine Funktionsweise zu beobachten, müssen Nutzer Hypothesen aufstellen, was für eine Art von Artefakt vorliegt – so erfordern etwa technische Werkzeuge, Kunstwerke oder Lebewesen jeweils eine spezifische Weise des Nachdenkens über so etwas wie eine Funktionsweise oder Einsetzbarkeit. Wenn der Nutzer ein MLA als Artefakt überhaupt nicht wahrnimmt, ist die Situation verwandt, allerdings verschiebt sich in diesem Fall das Problem in Richtung der Frage nach der Steuerung beziehungsweise Regelung des Artefaktes durch den jeweiligen Nutzer oder den Entwickler des MLA. Diesbezüglich weisen MLA mit ihrer Autoadaptivität eine Besonderheit gegenüber anderen Formen nicht wahrgenommener oder prinzipiell nicht wahrnehmbarer Technik auf, wie sie etwa im UBIQUITOUS COMPUTING eingesetzt werden. Die Autoadaptivität von MLA kann sehr unterschiedliche Ausprägungen aufweisen, verschiedene Aspekte des Artefaktes betreffen und sich in ihrer Ausprägung verändern. Gleichzeitig basieren vielen Prozesse, die von ihren Nutzern dem maschinellen Lernen zugeordnet werden, nicht oder nur zu sehr nachgeordneten Teilen auf dieser Technik. Ein Beispiel für solch einen voreilig zugeordneten Prozess ist die Erstellung und Wartung von Spamfiltern. Hier versucht ein menschliches Gegenüber aktiv, die Technik zu umgehen und zu behindern, entsprechend müssen in diesem Fall wesentliche Prozessschritte von Sicherheitsexperten übernommen werden (Weimer 2010).

Insgesamt werden zum einen im Rahmen der Nutzung der MLA Erwartungshaltungen und Technikbegriffe zugrunde gelegt, die in Hinsicht auf andere Artefakte, Maschinen und Systeme geprägt wurden. Zum anderen arbeiten MLA selbsttätig und verwenden Methoden, die zum Teil notwendigerweise außerhalb des Nutzer-Verständnisses liegen. Entsprechend beschäftigen sich technikphilosophische Betrachtungen von Computern oder Computerprogrammen in der Regel nicht mit maschinellern als tatsächlich existierender Technik und Grundlage bestehender Artefakte. Meist wird eine Betrachtung des Charakters der eingesetzten Algorithmen wie etwa maschinellen Lernstrategien als wenig relevant vernachlässigt – dies für den jeweiligen Fokus durchaus zu Recht. Allerdings begegnet die entsprechende Betrachtungsweise dem maschinellen Lernen so nie explizit, da dessen Beitrag bei den meisten Artefakten nicht sofort offensichtlich ist und vielfach Autoadaptionsvorgänge schon lange abgeschlossen sind, wenn die Artefakte oder die Auswirkungen von Artefakten betrachtet werden.

Kurzübersicht des Forschungsstandes

Trotz der großen praktischen Bedeutung dieser Form der Technik ist der aktuelle Forschungsstand der Technikphilosophie zum maschinellen Lernen unbefriedigend.

»Die Umsetzung wichtiger Leitmotive des Ubiquitous Computing wie Kontextsensitivität und -adaptivität, Autonomie, Selbstorganisation und Smartness basieren auf [maschinellern Lernen]. Maschinelle Lernverfahren können zwar als Fortsetzung des schwachen Artificial Intelligence Paradigmas verstanden werden, gleichwohl erhalten sie keineswegs eine vergleichbare Aufmerksamkeit in der technikphilosophischen Literatur.«

(Kaminski 2012, S.2)

Wie Kaminski ausführt, wurden in thematischer Nähe zu maschinellern Lernen technikphilosophische Bestimmungsversuche bezüglich des IT-Paradigmas (Hubig 2008; Wiegerling et al. 2008; Kaminski et Winter 2011; Wiegerling 2011) und der daraus resultierenden Veränderungen unternommen. Weiterhin wurde sowohl durch die Philosophie (Eco 1983; Kaminski et Harrach 2010) als auch durch die Informatik (Kakas et al. 1993; Flach 1994; Kakas et al. 1998; Mooney 2000) die Frage nach dem Ausmaß und der Art der abduktiven Fähigkeiten maschinell lernender Artefakte gestellt. Eine umfassende Diskussion der Potenziale maschinellern Lernens wurde bisher jedoch allenfalls von der Informatik selbst angestoßen (Mattern 2003; Fleisch et Mattern 2005; Mattern 2007).

Aktuelle Betrachtungen von Computern, sei es als System (Hippe 2012) oder als Ding (Alpsancar 2012), begegnen dem maschinellern Lernen meist nicht oder nur als Randphänomen, da vielfach Autoadaptionsprozesse zum Beobachtungszeitpunkt schon vorüber sind oder ablaufende Vorgänge nicht ohne Weiteres als maschinellern Lernen identifiziert werden können.

1.2 BESTIMMUNG DES MASCHINELLEN LERNENS

Erst wenn technikphilosophisch besser verstanden oder beschreibbar ist, was maschinellern Lernen konstituiert und ermöglicht, wird eine Analyse, Diskussion und Verortung des maschinellern Lernens möglich. Eine zentrale

Stärke von MLA, die durch ein besseres technikphilosophisches Verständnis sichtbar gemacht und weiter analysiert werden soll, liegt in deren Fähigkeit, ROHDATEN unvoreingenommen zu registrieren. Im Gegensatz zum Menschen werden *spezielle* MLA weder durch implizites Vorwissen noch durch implizite Vorannahmen über die Herkunft der Rohdaten⁷ bei deren Wahrnehmung beeinflusst. Diese Stärke kann vom Nutzer bewusst eingesetzt werden und sie kann nur im Zusammenhang mit Artefakten auftreten, denen sich eine gewisse Form von ›Selbstorganisation‹ zuschreiben lässt. Der Versuch einer systematischen Eingrenzung des maschinellen Lernens beziehungsweise einer Klärung der Frage, was maschinelles Lernen konstituiert, erfolgt im Folgenden auf Basis der Begriffe des Strukturvorschlages und des Lernens. Die Frage nach der Angemessenheit der Rede von Lernvorgängen wird hierbei besonders im Fokus stehen.

Der Bestimmung dessen, was im Weiteren unter maschinellem Lernen verstanden wird, soll mit einer kurzen Klarstellung begonnen werden, was *nicht* darunter verstanden wird. Die zentrale Aussage dieser Vorüberlegung besteht darin, dass allein die *Ergebnisse* maschinellen Lernens noch kein maschinelles Lernen sind. Wie sehr MLA mit den Ergebnissen ihrer Autoadaptionprozesse identifiziert werden, wird unter anderem daran deutlich, dass MLA und mitunter auch die ihnen zugrunde liegenden Strategien nach der Struktur ihrer Ergebnisse benannt werden, etwa ›Entscheidungsbaum‹ oder ›künstliches neuronales Netz‹. Ein bereits angedeutetes Beispiel für ein Resultat maschinellen Lernens besteht in der automatischen Generierung von Empfehlungen, wie den Produktempfehlungen von Amazon oder den Musikempfehlungen des Online-Radiosenders Last.fm. Diese Empfehlungen als solche stellen kein maschinelles Lernen dar, sondern sind nur das Resultat eines Autoadaptionprozesses. Entsprechend ist eine Manipulation dieser Empfehlungen – etwa eine manuelle Priorisierung oder eine Interpretation, welche Konzepte die Empfehlung erklären könnten – nicht direkt Teil des maschinellen Lernens. Nutzerreaktionen, die nach dem Abschluss eines Lernvorgangs auftreten, erfolgen nur in Ausnahmefällen im Hinblick auf den eigentlichen Autoadaptionprozess. Im Normalfall setzt sich der Nutzer ausschließlich mit dem Resultat eines solchen Prozesses

7 Hier ist nicht die Annahme des Bestehens einer Quelle der Rohdaten sondern Annahmen über die konkrete Ausprägung der Quelle und der Art des registrierten Reizes gemeint.

auseinander. Das angebotene Resultat wird dabei entweder verworfen oder akzeptiert und operationalisiert. Das MLA besteht im Beispiel der Produktempfehlungen aus der IT-Architektur und der zugehörigen Hardware im Hintergrund, die die Einkaufsdaten speichert, ausliest und die nutzerübergreifenden sowie die nutzerspezifischen Empfehlungsschemata aktualisiert. Die aus den Empfehlungsschemata resultierenden Empfehlungen sind STRUKTURVORSCHLÄGE des MLA an die Nutzer, die von diesen eingesetzt oder abgelehnt werden können. Der lernende Teil eines MLA besteht entsprechend in einem sehr unterschiedlich implementierbaren Gebilde⁸, das Strukturvorschläge erstellt. Die Feststellung, dass sehr unterschiedliche Implementierung zu Lernergebnissen führen, die dieselben Strukturvorschläge erzeugen, zeigt, dass die vom Nutzer wahrgenommenen Strukturvorschläge keinen Bestandteil der zugrunde liegenden MLA darstellen. Knapp formuliert können Empfehlungsalgorithmen und die resultierenden, Strukturvorschläge erzeugenden RECOMMENDER-SYSTEME zwar Resultate von Autoadaptionsprozessen sein, aber auch wenn sie einen solchen Ursprung aufweisen, stellen sie nicht das MLA als solches dar. Nutzer setzen sich entsprechend nur selten in ein Verhältnis zum MLA, sondern meist nur zu den von Lernergebnissen erstellten Strukturvorschlägen. Dies unterscheidet MLA nicht von anderen Typen von Technik, da sehr häufig eine NUTZEROBERFLÄCHE zur Verfügung steht, die die eigentliche Funktionsweise mehr oder weniger stark verbirgt. Die Diskussion von MLA leidet jedoch besonders unter der Verwechslung von Funktion und Nutzeroberfläche, wie im zweiten Hauptteil ausführlich dargestellt wird.

Im Bisherigen und Weiteren war und wird stets von NUTZERN die Rede sein, unabhängig davon wie der betreffende Mensch sich im Einzelfall konkret zu den MLA beziehungsweise den Rohdaten verhält⁹. Ob ein Nutzer die Daten erhoben hat, ob er die Daten nur besitzt, sie betrachtet, interpretiert oder zu einem Zweck nutzen möchte, wird im jeweiligen Kontext explizit diskutiert, wenn es relevant ist. Auch die Frage, ob ein Nutzer sich

8 Die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Implementierung dieses Gebildes werden im ersten Hauptteil aufgezeigt. Die Rolle des Gebildes innerhalb eines MLA wird im zweiten Hauptteil als die einer Transformationsfunktion identifiziert und analysiert.

9 Weiter wurde und wird bezüglich der Nutzer zur einfacheren Lesbarkeit lediglich die männliche Anredeform gewählt.

des Einsatzes des MLA bewusst ist, spielt bei der Bezeichnung keine Rolle und die Antwort ergibt sich aus dem jeweiligen Kontext der Analyse, wenn sie eine Rolle spielt. Der Nutzer wird durch den Einsatz des MLA zum Nutzer. Der Ausdruck MASCHINELL LERNENDE ARTEFAKTE bezeichnet Artefakte beliebiger Realisierung und physischer Ausprägung, die mitgedacht werden muss und die die praktische Umsetzung maschinellen Lernens ermöglicht. Maschinelles Lernen wiederum beschreibt Algorithmen, die Rohdaten erhalten und darin Reizkonstellationen identifizieren, die eine bestimmte Regelmäßigkeit aufweisen. Diese Reize wiederum werden mit speziellen Reaktionen verknüpft, indem die Algorithmen abhängig von den erhaltenen Eingabedaten ihre Struktur verändern. Maschinelles Lernen bezieht sich im Folgenden konkret auf die Gesamtheit der Gruppe unterschiedlich lernender Algorithmen, die im ersten Hauptteil konkret beschrieben werden. Maschinelles Lernen beschreibt also Algorithmen und damit ein Teilgebiet der Informatik. Maschinell lernende Artefakte entstammen jedoch nicht per se der Informatik, so wie das Motorsteuergerät eines Automobils nicht Teil der Informatik ist. MLA sollten dementsprechend nicht auf ihren algorithmischen Hintergrund reduziert werden, wobei die Diskussion der Unterscheidung zwischen Software und Hardware oder Sinnhaftigkeit der Rede von Software überhaupt an dieser Stelle ausgeklammert werden kann. All dies paraphrasiert die bisherige Verwendung des Begriffes vom maschinellen Lernen. Es verbleibt die Frage, inwiefern hier von einem Lernvorgang gesprochen werden kann.

1.2.1 Angemessenheit der Rede vom Lernen

Wenn von maschinellern Lernen die Rede ist, ist nicht Lernen mit Maschinen oder E-Learning gemeint, sondern die Musterbildung autoadaptiver Systeme. Das Augenmerk liegt auf Algorithmen, die ihre Struktur auf Basis von Sensordaten auf eine bestimmte Weise adaptieren. Die so beschriebenen MLA realisieren eine maschinelle Ausprägung von assoziativem Lernen (Drepper 2010, S. 77) beziehungsweise von Reiz-Reaktions-Lernen (Raimer 2002, S. 66), das heißt, begrifflich ist es durchaus vertretbar, solche Algorithmen als lernend zu beschreiben. Darüber hinaus scheint es auch inhaltlich plausibel zu sein, von Lernvorgängen zu sprechen, wenn Algorithmen betrachtet werden, die etwa ein Computerspiel ohne menschliche Anleitung rein auf Basis der Lektüre des Handbuchs oder der Betrachtung

tung eines Erklärungsvideos ›erlernen‹ und erfolgreich gegen menschliche Spieler antreten können (Branavan et al. 2011; Kaiser 2012). Gleichwohl ist diese Beschreibung nicht unproblematisch, denn eine Aufnahme und Speicherung von Sensordaten nimmt heute so gut wie jeder komplexere Algorithmus vor – etwa wenn das zugehörige Artefakt in Betrieb genommen wird und vor der ersten Nutzung erst konfiguriert werden muss. Entsprechend muss unausgesprochen der Fokus der Arbeitsweise des Artefaktes auf der Verarbeitung von Sensordaten liegen, damit das Artefakt als ein MLA eingestuft wird. Darüber hinaus kann ein Artefakt seinen Status einbüßen, wenn es die Verarbeitung und Speicherung von Sensordaten einstellt, insofern wäre ein Artefakt, dass nur im Rahmen der Ersteinrichtung nach dem Namen des Nutzers fragt, zwar formal ein MLA, allerdings nur in den ersten Minuten seines Einsatzes. Diese Problematik soll hier zwar aufgezeigt werden, sie wird im Folgenden jedoch ausgeklammert. Die Frage, ob die Rede von einem Lernvorgang angemessen ist oder ob gar maschinelles Lernen einem menschlichen Lernen entspricht, wird im Weiteren nicht aufgegriffen und allenfalls implizit beantwortet, indem die Verwendung des Begriffs des Lernens vermieden und damit als nicht notwendig betrachtet wird. Die Diskussion wird von AUTOADAPTIONSPROZESSEN und nicht von Lernprozessen sprechen und die beiden Begriffe werden insofern als synonym betrachtet, als dass die Autoadaption im Weiteren immer basierend auf Sensordaten gedacht wird¹⁰.

Die Anpassung an Sensordaten im Rahmen einer Autoadaption kann zu einer Vielzahl von Ergebnissen führen und es stellt sich die Frage was es bedeuten kann, dass ein solches Ergebnis auch relevant ist. Im weiteren Verlauf dieser Diskussion wird auf die Rolle der Ergebnisse von Autoadaptionsprozessen noch intensiv eingegangen. Vorweg kann festgehalten werden, dass innerhalb der Informatik häufig davon gesprochen wird, dass ein maschinell lernendes Artefakt durch den Autoadaptionsvorgang eine FUNKTION erlernt. Das Erlernen einer Funktion beschreibt in diesem Zusammenhang, dass das betrachtete MLA nach Abschluss des Autoadaptionsprozesses Reaktionsmuster aufweist, die eine im Vorfeld festgelegte Funktionalität realisieren. Die Anforderungen an die Präzision mit der die

10 Eine sowohl aus Sicht der Technikphilosophie als auch aus Sicht der Informatik gut lesbare Einführung in die Begrifflichkeiten des Lernens mit direktem Bezug zu maschinellem Lernen bietet Tönnsen (Tönnsen 2007, S. 7ff).

Funktion erfüllt wird, hängen stark vom jeweiligen Kontext ab und können sich je nach Situation auch verändern. Weitere Tests können beispielsweise ergeben, dass das MLA nur in einer speziellen Umgebung erfolgreich ist oder dass das MLA die Funktion wieder verlernt hat, nachdem weitere Eingabedaten erfolgt sind. Ein MLA hat im Normalfall kein Konzept davon, ob und wie es eine erlernte Funktion für die Zukunft konservieren kann. Wenn ein Nutzer ein MLA eine Funktion erlernen lassen will, gilt das Gleiche. Hierbei ist es hilfreich sich vor Augen zu führen, dass auch ein völlig zufälliger Autoadaptionsprozess aus Sicht des Nutzers der Erlernung einer Funktion entspricht, wenn das MLA zu einem bestimmten Zeitpunkt die Funktion erfüllt und der zufällige Prozess daraufhin abgebrochen beziehungsweise eingefroren wird. Ob eine vergleichbare Situation bei Menschen auch auftritt und wie sich die Kontexte unterscheiden, steht hier nicht im Fokus. Es tritt jedoch häufig ein interessanter Bruch in der Beschreibungslogik auf, der kurz aufgeklärt werden soll. Angenommen, ein Nutzer möchte lernen Schach zu spielen und setzt ein MLA ein. In diesem Fall würde der Nutzer davon sprechen, dass das MLA an seiner Stelle erlernt das Spiel zu spielen und es scheint der Versuch einer direkten Übertragung eines menschlichen Lernvorgangs auf ein Artefakt stattgefunden zu haben. Allerdings liegt für die meisten Fälle lediglich eine unscharfe Formulierung vor, der Nutzer möchte typischerweise nicht nur erlernen, welche Figuren an welche Stellen bewegt werden sollten, um maximale Siegchancen zu haben. Das implizite Ziel ist es, auf einer abstrakten Ebene zu verstehen, warum die Figur an eine bestimmte Stelle gezogen werden muss und die reine Fähigkeit, Figuren erfolgreich zu bewegen, wird selten mit der Fähigkeit Schach zu spielen gleichgesetzt. Wenn diese Gleichsetzung erfolgt, kann ein MLA auch erlernen Schach zu spielen, allerdings hat der Nutzer in diesem Fall keinen Nutzen von dem Lernergebnis, da er die Fähigkeit weiterhin nicht besitzt. Aus demselben Grund würde kein Nutzer ein MLA Fahrrad fahren erlernen lassen, wenn er selbst gern Fahrrad fahren könnte. Zusammengefasst spielt bezüglich des menschlichen Lernens in der hier angestrebten Diskussion lediglich die Frage eine Rolle, inwieweit sich der Status von MLA als Technik verändert, wenn Nutzer ihnen Lernvorgänge menschlicher Ausprägung zuschreiben¹¹. Diese Attribuierung beeinflusst

11 Dieser Punkt wird insbesondere in Abschnitt 3.4 diskutiert.

die Bedeutung, die maschinellern Lernen beigemessen wird und die genannte Fehl Wahrnehmung wesentlicher Eigenschaften von MLA.

1.2.2 Technikphilosophische Fragestellungen

Die Vielschichtigkeit der Frage, inwiefern es sich bei MLA um Technik handelt, wird im zweiten Hauptteil ausführlich diskutiert. Ein erster Eindruck ergibt sich am besten durch das Anreißern einer möglichen technikphilosophischen Perspektive. Die Perspektive von Kaminski (Kaminski 2012) eignet sich besonders gut für eine kurze Vorbetrachtung, da sie sich explizit mit maschinellern Lernen beschäftigt.

»In allen betrachteten Fällen besteht der Lernvorgang aber darin, für gegebene Daten eine Funktion zu finden. Diese Funktion entspricht [...] einem Modell, das die Ordnung der gegebenen Daten beschreibt. Diese Ordnung weist einen Zeitindex auf, es handelt sich um eine Art Hypothese, dass das Modell nicht nur die vergangenen, sondern auch die zukünftigen Daten beschreibt. Aufgrund dieser Zeitlichkeit ist die Modellbildung dynamisch, was die Dynamik der Transformation kennzeichnet. Einige Unterschiede zwischen den genannten Lernstrategien gehen darauf zurück, wie dies erfolgt: Der Hypothesenraum wird von den verschiedenen Lernstrategien anfänglich auf unterschiedliche Weise entworfen bzw. später dann unterschiedlich angepasst.«

(Kaminski 2012, S. 12)

Auch wenn man der Beschreibung Kaminskis vollständig zustimmt, ergibt sich eine Vielzahl von Anschlussfragen:

- Wird die Funktion in den Rohdaten gesucht oder für die Rohdaten konstruiert?
- Was kommt als Modell in Frage und ist das Modell intelligibel? Wie ist mit konfligierenden Modellen umzugehen?
- Sind die relevanten Daten vollständig gegeben und was unterscheidet sie von weiteren vorliegenden Rohdaten¹²?

12 Mit anderen Worten: sind die Daten repräsentativ?

- Wie wird überprüft, ob das Modell eine weitreichende Aussagekraft aufweist?
- Wie unterscheiden sich diese Lernvorgänge von Optimierungsalgorithmen?

Diese Fragen sind nicht alle von gleicher Brisanz und Relevanz, sollen jedoch jeweils andeuten, dass zumindest prinzipiell sehr unterschiedliche Klassen von maschinellem Lernen denkbar sind und dass diese Klassen aus technikphilosophischer Sicht in Bezug auf unterschiedliche Fragestellungen interessant sind. Der grundlegende Standpunkt, der von Kaminski in der zitierten Passage angedeutet und im restlichen Text und in Vorträgen ausgearbeitet wurde, lautet, dass maschinelles Lernen als Selbstorganisation von Repräsentationssystemen verstanden werden kann. Wie sich im Weiteren zeigen wird, ist das für viele, aber nicht für alle Klassen maschinellen Lernens eine valide Aussage. Kaminski selbst spricht von den Unterschieden zwischen Lernstrategien und genau diese Unterschiede sind für eine systematische Analyse des maschinellen Lernens und dessen Bedeutung für die Technikphilosophie nicht zu vernachlässigen. Aufbauend auf einer solchen Unterscheidung von Klassen maschinellen Lernens lässt sich etwa analysieren, welche Klassen maschinellen Lernens sich als Repräsentationssysteme beschreiben lassen und welche einen anderen Ansatz erfordern.

1.3 KONZEPTUALISIERUNGSSTRATEGIE

Die Hauptthese dieser Einleitung lautet, dass eine Aufarbeitung, Diskussion und Verortung des maschinellen Lernens erst möglich ist, wenn technikphilosophisch präziser verstanden und beschreibbar wird, was maschinelles Lernen konstituiert und ermöglicht. Die Rede von Präzision bezieht sich dabei durchaus auf eine mathematische Präzision, also den Einsatz und die Aufbereitung der präzisen Fachbegriffe der Informatik, zumindest soweit dies notwendig ist. Die Konzeptualisierungsstrategie zielt darauf ab, maschinelles Lernen begrifflich zu erfassen. Die resultierende Strategie muss die konstruktive Konfrontation der Phänomene des maschinellen Lernens mit einer anderen Sprache sicherstellen. Zu diesem Zweck werden nach Klärung der Grundlagen verschiedene technikphilosophische Perspektiven auf ihren Mehrwert für die Diskussion überprüft, es wird eine Annäherung in Form einer Ökonomie der Gewinne und Verluste genutzt, die aufgrund

der Vorarbeit präzise genug sein wird, keine geisteswissenschaftliche Außenansicht darzustellen. Perspektiven werden getestet und die Verständniszuwächse werden beim Test der jeweils nächsten Perspektive genutzt. Der Versuchsaufbau der Analyse besteht weiter darin, Begriffe aus dem im Zusammenhang mit maschinellem Lernen – zunächst – fremd erscheinenden Kontext des Weltbegriffes zu verwenden, um damit das Problem einzukreisen. Eine virulente Frage bei dieser Art der Analyse wird dementsprechend darin bestehen, immer wieder zu bestimmen, inwiefern Begriffe, die ursprünglich aus einem anderen Kontext stammen, bestimmte Typen von technischen Artefakten modellieren oder rekonstruieren können.

Maschinelles Lernen liegt in einem Spannungsverhältnis zwischen philosophischen und technischen Technikbegriffen. Dieses Spannungsverhältnis eröffnet in Kombination mit der genannten Konzeptualisierungsstrategie einen Suchraum für die Identifikation eines Technikkonzepts, das MLA als neuartige Form von Technik besser darstellbar macht. Die Diskussion dieses Suchraumes führt im Schlussteil der vorliegenden Analyse auf einen Teilbereich des maschinellen Lernens, der als systematisch neuer Beitrag zur Vielfalt menschlicher Technik identifiziert und am Ende des zweiten Hauptteils als WELTTECHNIK bezeichnet wird. Die dem eingesetzten Technikkonzept zugrunde liegende Haltung zur Welt ist auf die Erzeugung von Optionen von Welt ausgerichtet und besagt, dass der Mensch beim Versuch der Erschließung von sehr komplexen oder sehr zahlreichen Rohdaten Herausforderungen gegenüber steht, die technisch gelöst werden können.

1.3.1 Aufbau des ersten Hauptteils

Im ersten Hauptteil wird das maschinelle Lernen als Teil der Informatik betrachtet und mathematisch präzise aufgearbeitet. Das Ziel ist, ein technikphilosophisches Verständnis der technischen Hintergründe zu ermöglichen und so die Basis für einen interdisziplinären Austausch zu schaffen. Zu diesem Zweck sollen die technischen Grundlagen des maschinellen Lernens innerhalb der Informatik annähernd verlustfrei von der Sprache der Mathematik in die Sprache der Philosophie übersetzt werden.

Einen Algorithmus als maschinelles Lernen zu klassifizieren ist noch recht unkonkret, etwa so wie einen Transrapid als Transportmittel zu beschreiben. Innerhalb des maschinellen Lernens sind sehr unterschiedliche Ansätze zu finden, wie ein Algorithmus beziehungsweise ein MLA Struktu-

ren in Eingabereizen finden und wie der Autoadaptionprozess ablaufen kann. Diese unterschiedlichen Ansätze lassen sich zu unterschiedlichen LERNSTRATEGIEN zusammenfassen. Die Unterscheidung und Diskussion dieser Lernstrategien ist der zentrale Inhalt des ersten Hauptteils. Zur Vorbereitung dieser Diskussion wird zuerst dargestellt, in welchen Aspekten sich MLA prinzipiell unterscheiden können. Eine wichtige Dimension, nach der MLA unterschieden oder bewertet werden können, ist etwa ob und auf welche Weise durch ein MLA ein Lernerfolg festgestellt werden kann. Die neutralere Formulierung des Autoadaptionprozesses führt intuitiv auf das zugrunde liegende Problem, dass eine Adaption prinzipiell beliebig ablaufen kann und sich nicht unbedingt Strukturen herausbilden müssen. Eine mögliche Lösung besteht darin, dass ein MLA eine Form von Rückmeldung darüber erhalten kann, ob seine Ausgabe vor oder nach dem letzten Autoadaptionsschritt zu bevorzugen ist. Solch eine Rückmeldung stellt sicher, dass der Autoadaption eine Systematik zugrunde liegt. Wenn keinerlei Systematik vorliegt, entsteht ein Algorithmus, der annähernd zufällige Ergebnisse produziert. Eine weitere vergleichsweise allgemeine Unterscheidungsdimension zur Unterscheidung von MLA liegt in der Betrachtung der Charakteristik der Zwischenhalte des Autoadaptionprozesses. Eine Autoadaption kann kleinschrittig vorgehen und Strukturen hervorbringen, die bisherigen Adaptionsergebnissen ähneln, oder der Prozess kann ausgehend von dem letzten Ergebnis sehr stark auf bereits erlernte Strukturen zurückgreifen und sich im nächsten Schritt weit von dem Ergebnis entfernen. Die beiden Unterscheidungsdimensionen wurden herausgegriffen, da sich schon bei einer kurzen Betrachtung der Eindruck aufdrängt, dass die Dimensionen nicht unabhängig voneinander sind. Das ist eine wesentliche Beobachtung und betont noch einmal, dass es wichtig ist, die technischen Hintergründe tatsächlich zu einem gewissen Grad zu durchdringen, bevor eine Diskussion der Verortung des maschinellen Lernens als neue oder bereits bekannte Technik erfolgen kann.

Diese prinzipiellen Unterscheidungen zwischen lernenden Algorithmen sind allerdings nicht die Grundlage der Kriterien, nach denen die Algorithmen zu Klassen von Lernstrategien zusammengefasst werden. Diese Kriterien sind wesentlich weniger technisch, sie finden sich zu großen Teilen in den den Algorithmen zugrunde liegenden Intuitionen. Entsprechend sind technische Mischformen der im ersten Hauptteil erstellten Klassen von Lernstrategien in der Praxis vollkommen üblich. Das ist nicht sofort ver-

ständig und sollte zum jetzigen Zeitpunkt lediglich im Hinterkopf behalten werden.

1.3.2 Aufbau des zweiten Hauptteils

Die Hauptmotivation des zweiten Hauptteils und der Analyse insgesamt besteht darin, dass technikphilosophisch zunächst weder sinnvoll formulierbar ist, was MLA ausmacht, noch inwiefern ein Mensch überhaupt mit einem MLA in Relation stehen kann. Die Nebenmotivation des zweiten Hauptteils besteht darin, aus der Detailanalyse des maschinellen Lernens Fragen zu generieren und diese als Anknüpfungspunkte für auf der vorliegenden Arbeit aufbauende Analysen auszuzeichnen. Die zur Erreichung dieser beiden Ziele notwendige Diskussion wird durch die Grundlagenarbeit des ersten Hauptteils bereits vorbereitet und begonnen. Im zweiten Hauptteil werden auf die Grundlagenarbeit aufbauend die wesentlichen Charakteristika des maschinellen Lernens aus technikphilosophischer Perspektive analysiert und als Technik verortet. Zwar wird die Aufschlüsselung des maschinellen Lernens als einem Gebiet in Teilgebiete mit unterschiedlichen Eigenschaften im ersten Hauptteil bereits aus der Perspektive der Informatik dargestellt, dennoch baut die technikphilosophische Unterteilung in ihrer Systematik nicht unmittelbar auf dieser Unterteilung auf. Der zweite Hauptteil beginnt entsprechend wieder mit einer Gesamtbetrachtung des maschinellen Lernens, allerdings in diesem Schritt bereits mit dem Hintergrundwissen bezüglich der einzelnen Lernstrategien und dem Detailverständnis möglicher technischer Unterscheidungen.

Die Methodik im zweiten Hauptteil wird, wie schon angedeutet, in einem Ablaufen von Sackgassen bestehen, bei dem jedoch nur diejenigen Sackgassen vorgestellt und diskutiert werden, aus denen etwas gewonnen werden kann – seien es Negativbefunde, die den Suchraum verkleinern, in dem maschinelles Lernen verortet werden kann, oder seien es begriffliche Präzisierungen in der Beschreibung von technikphilosophischen Teilgebieten. Die folgende Aussage von Goodman zu seiner Methode in *Ways of Worldmaking* fasst auch die Vorgehensweise des zweiten Hauptteils elegant zusammen.

»This book does not run a straight course from beginning to end. It hunts; [...] and it counts not the kill but what is learned of the territory explored.«

(Goodman 1979)

Insgesamt erreicht der zweite Hauptteil jedoch zumindest ein Etappenziel und endet mit dem Vorschlag der Begriffe der Neugier, Vorstruktur und Welttechnik zur Beschreibung der systematisch neuen Aspekte maschinellen Lernens. In Anstrengung dieses Ziels versucht der zweite Hauptteil zu klären, was unter einer technisch unterstützten Erschlossenheit von Welt verstanden werden kann und welche Aspekte dieses typischerweise exklusiv dem Menschen – allenfalls mitunter auch Tieren oder ORGANISMEN – zugesprochenen Begriffes in Bezug auf MLA verwendbar sind. Diese Klärung erfolgt parallel zur begrifflichen Fixierung des maschinellen Lernens. Begonnen wird diese Aufarbeitung über eine Diskussion, der in *Sein und Zeit* (Heidegger 1927) ausgearbeiteten Daseinsanalytik. Die Übertragung der Konzepte des In-Seins, des Verstehensbegriffes und anderer Elemente der Heidegger'schen Begriffswelt auf das maschinelle Lernen ist jedoch nicht angestrebt. Der gewonnene Mehrwert wird hier insbesondere die Nutzbarmachung eines zumindest neutral konnotierten Begriffes von Neugier als Problemtitel für das sein, was MLA aus technikphilosophischer Sicht interessant macht.

Der zweite Hauptteil schließt ab mit einer PARTITIONIERUNG¹³ des maschinellen Lernens in zwei Ausprägungen – neugieriges und zielorientiertes Lernen – und der Verortung der beiden Ausprägungen relativ zu den Begriffen klassischer und transklassischer Technik. Abgeleitet aus den Ergebnissen wird der Begriff der Welttechnik motiviert und entworfen und schließlich wird der Zusammenhang von Welttechnik und NICHTWISSEN dargestellt.

1.3.3 Interdisziplinarität

Eine Reihe von Denkansätzen, wie etwa die Rede von KONVERGIERENDEN TECHNOLOGIEN oder verschiedene Begriffsbildungen zu TRANSKLASSISCHER TECHNIK, argumentieren abstrakt und damit technikfern, dass in ge-

13 Eine Unterteilung des vollständigen Feldes in überschneidungsfreie Teilfelder.

wissen Sektoren neue Techniken entstehen oder vorliegen, deren Analyse komplett neue Technikkonzepte erfordert. Die aus dieser Argumentationsweise entstehende Skepsis und die Grundmotivation dieser Arbeit liegen darin, techniknah prüfen zu wollen, was maschinelles Lernen ausmacht und darauf aufbauend festzustellen, ob sich spezielle Teilbereiche dieser Form von Technik tatsächlich nicht mit etablierten Technikkonzepten fassen lassen.

Der daraus resultierende Anspruch dieser Analyse liegt darin, ein interdisziplinäres Verständnis der betrachteten Technik zu vermitteln und dabei mögliche technikphilosophische Fragestellungen aufzuzeigen. Weder sollen reine Falluntersuchungen durchgeführt noch die zugrunde liegenden Algorithmen aus den Augen verloren werden. Die zur Entwicklung eines techniknahen Verständnisses notwendige, interdisziplinäre GRUNDLAGENFORSCHUNG soll im ersten Hauptteil dieser Analyse vorangebracht werden. Das Ziel des zweiten Teils liegt darin, einen interdisziplinären Austausch zwischen Informatik und Philosophie zu ermöglichen, indem eine Ausgangsbasis für die technikphilosophische Verortung des maschinellen Lernens geschaffen wird. Schon für die weiterführende Diskussion des im zweiten Hauptteil angedachten Begriffes der Welttechnik ist ein erweitertes Verständnis für maschinelles Lernen hilfreich, wenn nicht notwendig. Aus diesem Grund wird die Übersetzung der Vokabeln des maschinellen Lernens in die Begriffe der Technikphilosophie etwas ausführlicher durchgeführt als es – rückblickend vom Ergebnis, das der zweite Hauptteil anstrebt – unbedingt nötig wäre. Auch die Frage, ob und inwiefern maschinelles Lernen Technik ist, kann gerade nicht nur rein theoretisch gestellt werden, sondern muss im Hinblick auf implementierte Algorithmen formuliert werden. Erst wenn ausreichend viele Aspekte der konkreten Technik interdisziplinär verstanden und beschrieben wurden, kann gehofft werden, mit einer abstrakten oder begrifflichen Betrachtung einen Mehrwert zu schaffen. Weiterhin ist die resultierende Diskussion nicht notwendigerweise beschränkt auf maschinelles Lernen. Die Auflösung des Begriffes der Selbstorganisation in der Informatik lässt sich auf andere Technikbereiche übertragen – wenn auch nur in Zusammenhang mit detailliertem Fachwissen in der jeweiligen Disziplin.

Das Alleinstellungsmerkmal dieser Arbeit und der Inhalt des ersten Hauptteils können zusammengefasst werden als geisteswissenschaftliche Erarbeitung einer Perspektive auf die technischen Grundlagen eines neuen

Gebietes der Informatik. Die Diskussion des zweiten Hauptteils ist ebenfalls sehr techniknah gehalten und abstrahiert im Gegensatz zu theoretischeren Projekten nur einmal von der faktisch implementierbaren Technik¹⁴. Die resultierende Darstellung kann und soll als Grundlage für Überlegungen zu den genannten Anknüpfungspunkten und zu völlig anderen als den vorgestellten Stoßrichtungen dienen.

14 Im Rahmen der Suche nach Problembegriffen zur Eröffnung einer technikphilosophischen Diskussion des maschinellen Lernens in Abschnitt 3.4.

