

KI



1000

KIT - Karlsruher Institut für Technologie  
Forschungsseminar: Künstliche Intelligenz  
Sommersemester 2019  
Fachgebiet BLM

Dr.-Ing. Volker Koch  
Prof. Dr.-Ing. Petra von Both



# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

---

**5**

Geschichte der KI und Stand der Dinge

Basev Fadim, Kilicer Yesim

---

**19**

NN, GAN und Co.

Borchert Viviana, Zaloshnja Ina

---

**27**

Überblick Anwendungssoftware

Chen Lu

---

**35**

Definition von Kreativität

Sartorius Marie

---

**45**

KI in der Bildenden Kunst

Held Julian

---

**53**

KI in der Architektur

Solihi Atrin

---

**61**

Visionen / Prognosen

De Mey Florian, Hahn Sebastian

---

”  
***CREATIVITY IS  
INTELLIGENCE  
HAVING FUN***  
”

- ALBERT EINSTEIN

## DEFINITION VON KREATIVITÄT

**S**tellen wir uns einmal vor, was mit Kreativität gemeint ist, so hat jeder unterschiedliche Antworten. Kinder, werden häufig als kreativ bezeichnet, ebenso wie Gedankengänge welche neue Wege beschreiten, aber auch Kunst, wie z.B.: Beethovens bekanntesten Komposition „Für Elise“. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff „Kreativ“ in verschiedensten Kontexten verwendet: Sei es eine Person, ein Produkt, ein Beruf, eine absurde Idee, innovative Methoden, neue Entdeckungen oder das Lösen von Problemen, Und der Mensch ist Schöpfer dieser Kreativität.

Das Recherchieren nach einer ausformulierten Definition lässt auf das Gabler Wirtschaftslexikon stoßen::

„Kreativität bezeichnet i.d.R. die Fähigkeit eines Individuums oder einer Gruppe, in phantasievoller und gestaltender Weise zu denken und zu handeln. Die Bedingungen für Kreativität werden oftmals nach den vier Ps der Kreativität eingeteilt, und zwar nach person (Person), process (Prozess), product (Produkt) und press (Umwelt)[...]“<sup>1</sup>

Das Zitat lässt viel Interpretationsspielraum. Dennoch wird Kreativität zu einer Menschenbezogene Eigenschaft erklärt.

<sup>1</sup> Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Gabler Wirtschaftslexikon. kein Datum. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kreativitaet-40039/version-263434> (Zugriff am 11. Juli 2019)

Weiteres Recherchieren nach einer eindeutigeren Beschreibung, führt zu einem Zitat des Psychologen Mihaly Csikszentmihalyi. Dieser behauptet:

„Kreativität ist jede Handlung, Idee oder Sache, die eine bestehende Domäne verändert oder eine bestehende Domäne in eine neue verwandelt. Und ein kreativer Mensch ist eine Person, deren Denken oder Handeln eine Domäne verändert oder eine neue Domäne begründet. Dabei darf man aber nicht vergessen, dass eine Domäne nur durch die explizite oder implizite Zustimmung des dafür verantwortlichen Feldes verändert werden kann.“<sup>2</sup>

Hierbei wird jeder Fachbereich (Domäne) mit einbezogen und es scheint, als sei die Kritik des Publikums relevant um eine Leistung als kreativ anzuerkennen.

Bei weiterem Recherchieren nach Zitaten fällt auf, dass keine Definition der anderen ähnelt, mit einer Ausnahme: Der Bezug zum Menschen.

### Methodisches Vorgehen

Aufgrund der Unstimmigkeiten vieler, möchte ich mich in dieser Arbeit mit den Entdeckungen verschiedener Fachbereiche auseinandersetzen

<sup>2</sup> Zec, Marin. Kreativitätstechniken.info. 2011. <https://xn--kreativittstechniken-jzb.info/was-ist-kreativitaet/definitionen-von-kreativitaet/> (Zugriff am 11. Juli 2019)

und im Anschluss meine eigenen Schlussfolgerungen ziehen.

Die Arbeit ist aufgebaut in drei Themenbereiche: Soziologie, Psychologie und Einstufung von Kreativität.

Zu Beginn wird die Definition von Kreativität in soziologisch-/philosophischer Hinsicht behandelt, wobei auf zwei elementare Begriffe, eingegangen wird. Dem Kreativdispositiv und der Profanen Kreativität. Die beiden Theoretischen Ansätze folgen jeweils unterschiedlichen Bedingungen für die Anerkennung von Kreativität.

Für einen genaueren Einblick in den kreativen Prozess selbst, behandelt das dritte Kapitel die Bedingungen Kreativen Handelns und Denkprozesse, mit psychologischem Hintergrund. Hierbei wird deutlich, dass Kreativität erst aus dem Zusammenspiel gegensätzlicher Prozesse resultiert.

Beendet wird die Arbeit mit Kategorisierungen und Tests, welche bereits aufgestellt wurden, um den Begriff Kreativität greifbar und messbar zu machen. Woraufhin ich im darauffolgenden Fazit auf die Frage eingehe, ob möglicherweise mehr als nur der Mensch kreativ sein kann, werde im gleichen Zug versuchen eine eigene Definition zu formulieren und die Bedingungen für einen allgemeinen Kreativitätstest aufstellen. Dieser wird gleichermaßen auf Mensch und Maschine ausgerichtet sein.

## Soziologie

Der soziologisch-/philosophische oder auch theoretische Ansatz zum Thema Kreativität, stößt über die Jahre auf viele verschiedene Meinungen und unterzieht sich einem starken Wandel<sup>3</sup>, welchem sich mitunter der Soziologe Andreas Reckwitz in seinem Buch „Die Erfindung der Kreativität“ annimmt. Hierbei möchte ich auf die Rahmenbedingungen zu Beginn und Ende seines Buches eingehen, weg von der Analyse und hin zu seinen Erkenntnissen im Bezug auf den Imperativ der Kreativität. Reckwitz bedient sich hier vor allem zweier Begriffe: Der Kreativität als Dispositiv nach Michel Foucault und der Profanen Kreativität.



Abb. 1 [Beurteilung der Kreativität durch andere]

Ein Dispositiv macht es möglich, verschiedene Segmente der Kreativität zu kreuzen und trotz ihrer „Heterogenität“ als gesamtes zu betrachten. Es „umfasst Prozesse und Arrangements in unterschiedlichen sozialen Feldern, die sich zunächst zu großen Teilen

3 Bröckling, Ulrich. „Die Kreativität. ein Brainstorming.“ In Vernunft - Entwicklung - Leben, von Stefan Kaufmann, Axel T. Paul Ulrich Bröckling, 369. Paderborn: Wilhelm Fink, 1. Aufl. 2004. S. 369



unabhängig voneinander entwickelt haben“<sup>4</sup> und schlussendlich vernetzen.

Reckwitz spricht von vier Phasen der Entwicklung. Im ersten Schritt handelt es sich um die Verdichtung von „künstlerischen“ Objekten und dem Bedarf durch ein Kunstpublikum. Die zweite Entwicklungsphase beschreibt das verstreute Entwickeln des Dranges nach Ästhetisierung in „verschiedenen sozialen Feldern“<sup>5</sup>. Die dritte Phase ist geprägt durch das aufmerksam werden, kritisieren und hinterfragen vorherrschender Formen der Kunst, wobei in der vierten und letzten Phase das Anerkennen neuer Kreativsegmente stattfindet, wie der kreativen Industrie und dem Planen kreativer Städte.

Auf den Punkt gebracht, erweitert ein Kreativdispositiv den Begriff „Kreativität“ und ist nebenbei auf ein Publikum angewiesen, welches eine Aktion als innovativ, originell und interessenswürdig konsigniert. Ohne dessen Anerkennung, ist Kreativität nach dieser Theorie nicht möglich.

Im Kontrast zum Kreativdispositiv, welches immer an das Scheitern oder den Erfolg gebunden ist, befreit sich die Profane Kreativität von diesen „Launen des Publikums“ und verschafft Kreativität ganz neue Nischen und Möglichkeiten. Sie findet sich wieder in ganz alltäglichen, nahezu banalen Prozessen wie: Improvisationen, erfinderischen

Akten, praktischen Handlungen und spielt mit einer Mischung aus Zweckrationalität und Zweckfreiem<sup>6</sup>. Das Publikum wird hierbei durch die Teilnehmer (Künstler) selbst ersetzt, welche den Maßstab für eine momentorientierte Beurteilung im Hinblick auf Originalität setzen.

## Psychologie

Die Bedingungen kreativen Handelns selbst resultiert aus vielen gegensätzlichen kognitiven Prozessen. In der Entwicklungspsychologie wird davon ausgegangen, dass jeder Mensch kreativ ist und erarbeitet, woher dies kommt und welche Merkmale das Denken in diesem Zusammenhang ausmachen.



Abb. 2 [Kreativität bei Kindern und Wissenschaftlern]

Gerade der Unterschied zwischen Kreativität bei Kindern, welches aus einem Mangel an Wissen geschöpft wird, im Kontrast zu kreativen Handlungen von Experten, dessen Kreativität, wie der Name schon andeutet, auf ein großes Spektrum an angeeignetem Wissen fußt, lässt

4 Reckwitz, Andreas. Die Erfindung der Kreativität. Berlin: Suhrkamp, 2012. S 51.

5 Ebd. S.52.

6 Vgl. Ebd. S. 359-360.

darauf schließen, dass Intelligenz oder auch „Expertise“ eine Grundeigenschaft für die Größe kreativer Leistung sein muss.

Durch das Auseinandersetzen mit einer Thematik und dem Aneignen von Wissen, wird eine Art „Nährboden“ aus Motivation und Aufgeschlossenheit für das Entstehen kreativer Leistungen gebildet. An dieser Stelle ist interessant anzumerken, dass kreative Leistung nicht an das Alter gebunden ist, sondern das kreative Potential und die Erfahrung welche mit dem Alter korreliert in welchem die „künstlerische“ Karriere begonnen wurde.<sup>7</sup> Es bedeutet: je größer das Expertenwissen und je mehr Zeit in dem Feld aufgewendet wird, umso größer die Wahrscheinlichkeit, künstlerischer Erfolge.

Wie hätte Newton andernfalls, ohne ausreichend Expertise, die Idee zu dem Gravitationsgesetz kommen können und dessen mathematischen Nachweis möglich gemacht?

Nicht anders ergeht es Musikern, welche sich mit einem Instrument oder Ihrer Stimme auseinandersetzen um „Schöne“ Melodien zu entwerfen.

Dennoch reicht Wissen allein nicht aus. Anekdoten, wie jene, in welcher Isaac Newtons' Inspiration für das Gravitationsgesetz durch einen fallenden Apfel kam, lassen darauf schließen, dass externe

Reize und der Zufall ebenfalls von Bedeutung sein müssen. Es ist zudem kein Einzelfall, wie auch Oerter und Montada in dem Buch „Entwicklungspsychologie“, durch viele ähnliche Beispiele untermauern.

Der Psychologe Mihaly Csikszentmihalyi strukturiert den kreativen Prozess in fünf Schritte und veranschaulicht damit, wann und wie die oben genannten Elemente zusammenspielen. Zu Beginn findet eine Vorbereitungsphase, durch das bewusste oder unbewusste beschäftigen mit einem Problem, statt (wachsende Expertise). Darauf folgt der Inkubations-/Reifungsprozess, in welchem sich mit der Problemstellung auseinandergesetzt wird. Der plötzliche Einfall der Lösung, findet in der Phase der Einsicht und des Aha-Erlebnisses statt (Zufall/ Katalysator). Daraufhin folgt der Ausarbeitungsprozess, in welchem der Einfall auf Richtigkeit geprüft wird und zu Ende dieses Prozesses dann die Bewertung des Ergebnisses statt findet und gegeben falls auch die Verwirklichung dessen.<sup>8</sup>

Während die fünf Phasen als eine Art Grundgerüst funktionieren, findet im Detail ein noch feinerer Prozess statt. Csikszentmihalyi beschreibt diesen als Zusammentreffen einiger widersprüchlicher Fähigkeiten. „Sie umfassen die Vereinigung von Intelligenz und Naivität, von Disziplin und Spielerischem, von Imagination und Objektivität sowie von Extraversion und Introversion“<sup>9</sup>.

---

7 Vgl. Oerter, Prof. Dr. Rolf u. Montada, Prof. Dr. Leo. Entwicklungspsychologie. Basel: Beltz, 2008. S. 943

---

8 Vgl. Ebd. S. 792

9 Ebd. S. 792

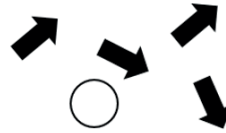


### KONVERGENTES DENKEN

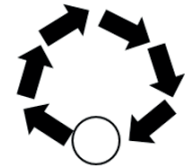
Genauere denkpsychologische Untersuchungen untermauern diese Aussage in ähnlicher Weise. Hierbei wird von unterschiedlichen Denkstrukturen gesprochen: Dem konvergenten-, divergenten-, und rekursiven Denken.

Während das konvergente Denken, kontrolliert und bewusst stattfindet (geleitet durch aktive Beschäftigung mit einem Thema), funktioniert das divergente Denken als eine Art Parallelverarbeitung. Diese geht mit herabgesetztem Bewusstsein einher und verläuft unkontrolliert in verschiedene Richtungen. „Daher kommt es zu den anekdotisch überlieferten Vorfällen, dass die entscheidende Idee während des Halbschlafs, während eines Spaziergangs oder einer Arbeitspause kam.“<sup>10</sup>

Die letzte Komponente bildet das rekursive Denken. Das lösungsorientierte Denken schlägt immer neue Pfade ein wobei es wiederholt vom Ausgangspunkt (dem Problem) ausgeht und eine Art kreisförmige, systematische Analyse der Möglichkeiten darstellt.



### DIVERGENTES DENKEN



### REKURSIVES DENKEN

Abb. 3 [Denkstrukturen]

### Einstufung von Kreativität

Sowohl das Messen als auch das Kategorisieren von Kreativität hat bereits viele Wissenschaftler und Theoretiker interessiert und es wurden ebenso zahlreiche Lösungsansätze eines „richtigen“ Maßstabes entworfen.

Michael D. Mumford und Sigrid B. Gustafson unterteilen künstlerische Werke in kleine und große Leistungen. Der Psychologe Ellis Paul Torrance geht einen Schritt weiter und kategorisiert diese in: Ausdrucks kreativität, produktive-, erfinderische-, innovative- und emergentive Kreativität.

Weiterhin wurde die kreative Höchstleistung von Wissenschaftlern bezogen auf ihr Alter untersucht, wobei sich nach einer Grafik (akzeptiert nach Kananzwa, 2003) der Höhepunkt (basierend auf einer Betrachtung von 280 Wissenschaftlern), durchschnittlich in dem Alter von 30 Jahren befindet.<sup>11</sup> Die Altersabhängige Leistungsverlauf, kognitiver Fähigkeiten nach Salthouse, Atkinson

10 Ebd.

11 Vgl. Prof. Dr. Heinz Schuster, Dr. Yvonne Görlich. Kreativität: Ursachen, Messung, Förderung und Umsetzung in Innovation. Göttingen, Bern, Wien: Hogrefe-Verlag, 2007. S. 39

und Berisch zeigt auf, dass das Vokabular in diesen Jahren lediglich zu 1/3 ausschöpft ist und sich der Intellekt, das Gedächtnis als auch die Geschwindigkeit kognitiver Abläufe im Höhepunkt befinden. Während das Vokabular noch weiter ansteigt, fallen die anderen Fähigkeiten im weiteren Altersverlauf rapide ab.<sup>12</sup>

All diese bisher genannten Forschungen basieren auf der Annahme, dass ausschließlich der Mensch als kreatives Wesen in Frage kommt. Doch im weiteren Verlauf der Computertechnologie muss möglicherweise in Erwägung gezogen werden, dass künstliche Intelligenz ebenfalls der Kreativität fähig ist. Darauf zielen der Lovelace- und Turing Test ab, welche sich grundlegend von Tests für den Menschen unterscheiden.

Der Lovelace Test, benannt nach Ada Lovelace welche das erste Computerprogramm schrieb, verfolgt diese Theorie. Der Test ist darauf ausgelegt, Kreativität bei Maschinen zu untersuchen. Er macht es möglich zu beurteilen, ob Maschinen hinreichend kreativ sind oder lediglich vorgeben kreativ zu sein. Nach Lovelace muss es einer Maschine möglich sein, originelle Ideen zu produzieren um als intelligent zu gelten. Der Test folgt einer ähnlichen Philosophie und setzt zum Bestehen voraus, dass ein künstlerisches Ergebnis, von den eigenen Programmierern/ Designern, basierend am Code, nicht mehr nachvollzogen oder erklärt werden kann. Daraus folgt allerdings, dass in den Code einer

Maschine zumeist ein hohes Maß an Willkür, anstelle von eigener Entwicklungsfähigkeit eingearbeitet wird, um eine Vorhersage oder Rückführung des Ergebnisses auf das Produkt unmöglich zu machen.<sup>13</sup>

Der Turing Test dient ebenfalls dem Beurteilen von Maschinen. Hierbei wird auf Menschenähnlichkeit abgezielt. Der Test ist bestanden, wenn die Jury nicht erkennt, dass sie mit einer Maschine interagiert. Die Probanden bleiben bei diesem Test bis zur Auflösung anonym.

Tests für den Menschen hingegen zeichnen sich durch Aufgaben aus, wie:

„Finden Sie möglichst viele Kategorien, denen Sie die folgenden Begriffe zuordnen können.

1. Wasser, 2. Haus, 3. Blut, 4. Fass, 5. Sturm, 6. Vase“<sup>14</sup>  
„Was ist alles „hohl“? [...] Welche ungewöhnlichen Verwendungsarten fallen Ihnen für einen Autoreifen ein?“<sup>15</sup> oder:

Verbinden Sie die 9 Punkte in vier Zügen, ohne abzusetzen.<sup>16</sup>



12 Vgl. Ebd. S. 42

13 Vgl. TED-Ed. TED Conferences, LLC. (kein Datum). <https://ed.ted.com/lessons/can-robots-be-creative-gil-weinberg> (Zugriff am 14. 05 2019)

14 Prof. Dr. Heinz Schuster, Dr. Yvonne Görlich. Kreativität: Ursachen, Messung, Förderung und Umsetzung in Innovation. Göttingen, Bern, Wien: Hogrefe-Verlag, 2007. S.62

15 Ebd. S. 60

16 Ebd. S. 63

Im Vergleich Maschine - Mensch wird in der Computertechnologie untersucht, ob diese kreativ ist, wohingegen beim Menschen Kreativität vorausgesetzt und ausschließlich deren ausgeprägtheit getestet wird.

### **Schlussfolgerung**

Aufgrund der engen Beziehung zwischen Menschen und Kreativität als auch den verschiedenen Auffassungen von dieser, ist es nicht einfach, eine klare Aussage zu treffen, wie Kreativität definiert werden kann. Es ist ohne Zweifel ein komplexes Konstrukt von Prozessen und Bedingungen, wie bereits im Kapitel Psychologie behandelt. Außerdem scheint, wir Menschen meistern Kreativität mit „Leichtigkeit“, verglichen mit dem aktuellen Stand der Datenverarbeitung oder Robotik. Dennoch müssen wir, besonders im Bezug auf Kreativität, Raum und Aufgeschlossenheit für Neues lassen und den immer intelligenter werdenden Künstlichen Intelligenzen eine faire Chance auf Anerkennung in diesem Feld einräumen.

Diese Philosophie veranlasste mich, einen Testansatz auszuarbeiten, welcher neutral beurteilen kann, was, wer und wann etwas kreativ ist, ohne dabei ausschließlich auf Mensch oder Maschine ausgelegt zu sein, wie es bisher die Praxis ist. Um diesen Test auszuarbeiten, muss vorerst die Lösung für das Bestehen definiert werden. Dabei sollen Schlagworte aus meiner Untersuchung die Grundlage bilden und als Definition von Kreativität dienen.

Die gewählten Adjektive werden häufig in den Einleitungen der angeführten Quellen genutzt, allerdings nie in die weiteren Forschungen mit einbezogen, da sie mehr das Ergebnis beschreiben, als den Prozess im Menschen. Da mein Test dem Schöpfer hingegen neutral gegenübersteht, bietet sich eine Ergebnisorientierte Beurteilung an.

### **Definition von Kreativität:**

Originell, andersartig, neu, innovativ, unvorhersehbar, einzigartig.

Um nun einen Test zu entwickeln, welcher möglichst gering manipuliert werden kann, besteht dieser aus 3 Schritten.

#### **1.**

Inspiriert durch den Ansatz des Kreativdispositivs und auch dem Turing Test, wird im 1. Schritt das kreative Produkt nach den bereits aufgelisteten Schlagworten durch ein Publikum bewertet, während der Schöpfer anonym bleibt.

#### **2.**

Im 2. Schritt wird der gleiche Test bei einem neuen Publikum erfolgen, wobei der Schöpfer, in diesem Schritt, ersichtlich ist. (So soll eine Manipulation der Jury, wie es dem Chatbot Eugene Goostman durch einen eingebauten Sprachfehler beim Turingtest möglich war, vermieden werden).

### 3.

Im 3. Schritt fließt die Bewertung nach Art des Lovelace Tests und der Profanen Kreativität mit ein, indem die Programmierer oder der Erzeuger selbst das Ergebnis einschätzen (Vergleich zwischen Ergebnis und implementiertem Algorithmus) und Bewerteten dürfen.

Die Summe der 3 Ergebnisse zeigt daraufhin, zu wieviel Prozent der Schöpfer oder das Produkt kreativ sind, ohne die Voraussetzung, Mensch zu sein oder auf ein spezielles Kunstsegment ausgerichtet zu sein.

Denn aufgrund der rasanten Entwicklung in der Technologie müssen wir die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass Maschinen nicht nur Intelligenter sein mögen als der Mensch, sondern bald auch im Bereich der Kreativität ihren Beitrag leisten werden.

MARIE SARTORIUS



## THEMA: DEFINITION VON KREATIVITÄT

**Bröckling, Ulrich.** „Die Kreativität ein Brainstorming.“ In Vernunft - Entwicklung - Leben, von Stefan Kaufmann, Axel T. Paul Ulrich Bröckling, 369. Paderborn: Wilhelm Fink, 1. Aufl. 2004.

**Oerter, Prof. Dr. Rolf u. Montada, Prof. Dr. Leo.** Entwicklungspsychologie. Basel: Beltz, 2008.

**Prof. Dr. Heinz Schulter, Dr. Yvonne Görlich.** Kreativität: Ursachen, Messung, Förderung und Umsetzung in Innovation. Göttingen, Bern, Wien: Hogrefe-Verlag, 2007.

**Reckwitz, Andreas.** Die Erfindung der Kreativität. Berlin: Suhrkamp, 2012.

**Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.** Gabler Wirtschaftslexikon. kein Datum. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kreativitaet-40039/version-263434> (Zugriff am 11. Juli 2019).

**TED-Ed. TED Conferences, LLC.** kein Datum. <https://ed.ted.com/lessons/can-robots-be-creative-gil-weinberg> (Zugriff am 14. 05 2019).

**Zec, Marin.** Kreativitätstechniken.info. 2011. <https://xn--kreativittstechniken-jzb.info/was-ist-kreativitaet/definitionen-von-kreativitaet/> (Zugriff am 11. Juli 2019).

**Abb. 1** Pixabay. Bildautor: Gerd Altmann, kein Datum. <https://pixabay.com/images/id-3808487/> (Zugriff am 12 Juli 2019)

**Abb. 2** Pixabay. Bildautor: Gerd Altmann, kein Datum. <https://pixabay.com/de/illustrations/lernen-mathematik-kind-m%C3%A4dchen-2300141/> (Zugriff am 12. Juli 2019)

**Abb. 3** Eigene Abbildung





