

Hannes Bajohr

Verkörperpert und verteilt

Ulrike Draesners „change ringing“
als künstliche Künstliche Intelligenz

Einzel dumm und gemeinsam schlau

Im Jahre 1668 erschien in London das Buch *Tintinnalogia: or, The Art of Ringing*. Der anonyme Autor – der sich auf dem Titelblatt lediglich als „A Lover of the Art“ zu erkennen gab – beschrieb darin eine Neuerung, die in den letzten sechzig Jahren auf der Insel Einzug gehalten hatte: das *change ringing* oder Wechselläuten. Diese Technik, im Verbund mehrerer Personen Kirchenglocken nach komplexen Sequenzen zu läuten, wurde in der Nachreformationszeit entwickelt, als sich die alte Glockenvielfalt auf nur eine einzige reduzierte und so die restlichen zur säkularen Verwendung freigab. Seitdem hatte sie es als Freizeitbeschäftigung der Landbevölkerung zu einiger Beliebtheit gebracht. Richard Duckworth – wie man den Autor des Büchleins später identifizierte – wollte diesem Hobby zu noch weiterer Verbreitung verhelfen und beschrieb in seinem Buch „plain and easie Rules for Ringing all sorts of Plain Changes“.¹ Klar und einfach hatten diese Regeln schon deshalb zu sein, weil das Wechselläuten auf mathematisch komplexen Permutationsfolgen beruht, die eine Gruppe gemeinsam und oft über Stunden fehlerlos ausführen muss. Trotz der Schwierigkeiten, die zwischen fünf und acht, im Extremfall auch sechzehn gestimmten Glocken in derart präziser Koordination zu läuten, kam es im achtzehnten Jahrhundert geradezu zu einer „Campanologomanie“, einer Läutmanie, und die Hoffnung Duckworths auf rege Verbreitung erfüllte sich über die Maßen.²

Dieses *ringing the changes*, das auch heute noch praktiziert wird, funktioniert folgendermaßen: Die Glocken werden nach einer Serie von Permutationen von einer Gruppe von Läuenden bedient (eine Person pro Glocke). Dabei nennt sich jeder Durchgang durch alle vorhandenen Glocken eine Runde (*round*). Die erste Runde ist stets die Tonleiter von der höchsten zur niedrigsten Glocke (in der seit Duckworth geläufigen Notation wäre das etwa: 123456). Nach jeder Runde muss ein Wechsel (*change*) der Läuereihenfolge vorgenommen werden (z. B. auf 214365 und anschließend auf 241635),³ wobei sich keine Runde wiederholen darf – nur die letzte ist wieder identisch mit der ersten (was dann *truth* heißt). Die Regeln, nach denen die Wechsel vorgenommen werden, werden als Methoden (*methods*) bezeichnet, die idealerweise alle möglichen Reihenfolgen voll ausschöpfen.

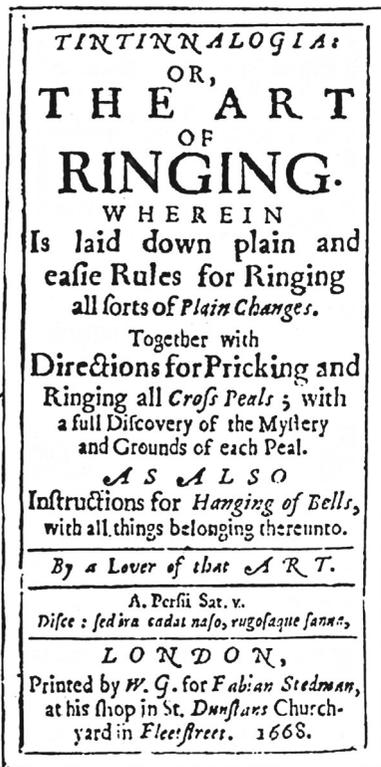
Die Schwierigkeit für die Lütenden – im Kreis stehend und in enger Abstimmung je eine Glocke bedienend – besteht im Schauer der großen Zahl: Mit jeder zusätzlichen Glocke erhöht sich die Anzahl möglicher Anordnungen und damit die Dauer der gesamten Lütsequenz exponentiell. Das lässt sich leicht durch ihre Fakultät ($n!$) ausdrücken: Sechs Glocken lassen $6! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 = 720$ mögliche Wechsel zu, bei acht Glocken sind es schon $8! = 40.320$, bei zwölf gar $12! = 479.001.600$. Eine Sequenz von mindestens 5000 Wechseln heißt *peal* und dauert etwa drei Stunden; der derzeitige Längenrekord wurde 2007 aufgestellt und liegt bei 24 Stunden und 9 Minuten – das sind 72.000 geläutete Wechsel.⁴

Wie kann eine einzelne Person – zumal in Kooperation mit anderen und ohne Pause oder Ablösung – so viele Permutationen im Kopf behalten, wo keine Aufzeichnungen oder andere Hilfsmittel erlaubt sind? Sind die Lütenden alle algebraisch Hochbegabte, da doch die Struktur solcher Wechsel, wie der Mathematiker Arthur T. White nachwies, durch gruppentheoretische Transformationsoperationen ausgedrückt werden kann?⁵ Nichts dergleichen, die Lösung ist viel einfacher: Statt die gesamte Folge aller Wechsel zu lernen, genügt es für die Lütenden, im Extremfall *eine* Grundregel zu verinnerlichen, die aus nur zwei Systemzustände den je nächsten bilden kann.

So ist bei der simpelsten Methode, der „einfachen Jagd“ (*plain hunt*), lediglich zu beachten, dass bei einem *ungeraden Wechsel* alle nebeneinanderliegenden Glockenpaare der Reihe nach ihre Position tauschen, bei einem *geraden Wechsel* die beiden äußersten Position gleich bleiben, so dass nur die inneren Paare rochieren. Bei der Reihe 123456 ergäbe das, lässt man „X“ einen Positionstausch und „I“ eine gleichbleibende Stellung anzeigen, die Folge XXX, IXXI, XXX usw. – in Zahlen umgesetzt macht das die oben bereits genannte Sequenz 123456, 214365, 241635 usw. Aus dem Wissen um die zwei vorhergehenden Positionen (um zu erkennen, ob man sich an einem gerade oder einem ungeraden Wechsel befindet), ist es für die einzelnen Lütenden auf diese Weise stets möglich, die je nächste Position zu ermitteln, ohne das Gesamtsystem kennen zu müssen. Das Ordnung des Glockenspiels hat so eine emergente Qualität. Visualisiert man die regelhaften Verschiebungen durch Linien, ergibt sich eine Art Webmuster, eine übergeordnete Struktur, die ohne bewusste Planung nur aus dem Algorithmus heraus entsteht. (Zwar kehrt die „einfache Jagd“ bereits nach 12 Wechseln wieder zu ihrem Ausgangspunkt zurück, aber mit leichten Veränderungen lassen sich auf dieser Grundlage fast beliebig lange Permutationsketten bilden.)⁶

Duckworth war von diesen astronomischen Zahlen wie von der sie hervorbringenden Methode begeistert. Keine Anzahl von Wechseln, schrieb er, sei heute unmöglich, „for we can *Ring Changes, Ad infinitum*“. Die Lockung der Unendlichkeit war dabei freilich nicht mathematisch zu verstehen, wie er schnell hinzufügte, denn auch Permutationen haben ein Ende. Aber sie sei

infinitum quoad nos, „unendlich in Bezug auf unser Begreifen: Daher mag das Wissen der Glöckner unendlich *erscheinen*, wenn sie sich so unendlich in einen so unendlichen Gegenstand vertiefen“.⁷ Anders formuliert: Man hat es beim Wechselläuten mit einer an eine Regel delegierten statt einer im Bewusstsein enthaltenen (scheinbaren) Unendlichkeit zu tun. Sie beruht auf einem Algorithmus der Selbstorganisation, der *lokal* ausgeführt eine *globale* Wirkung hat. Die Läuenden bilden dabei Unterprogramme einer größeren Maschine, die zusammengenommen klüger ist als sie. Die Intelligenz des Systems ist



Titelblatt der Tintinnalogia von Richard Duckworth, 1668

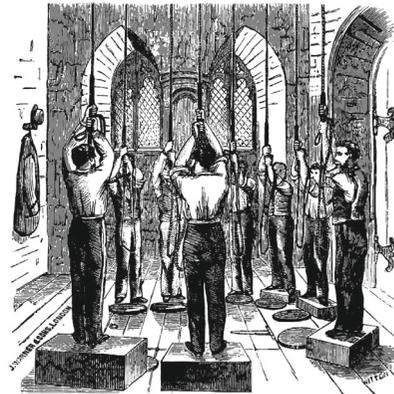
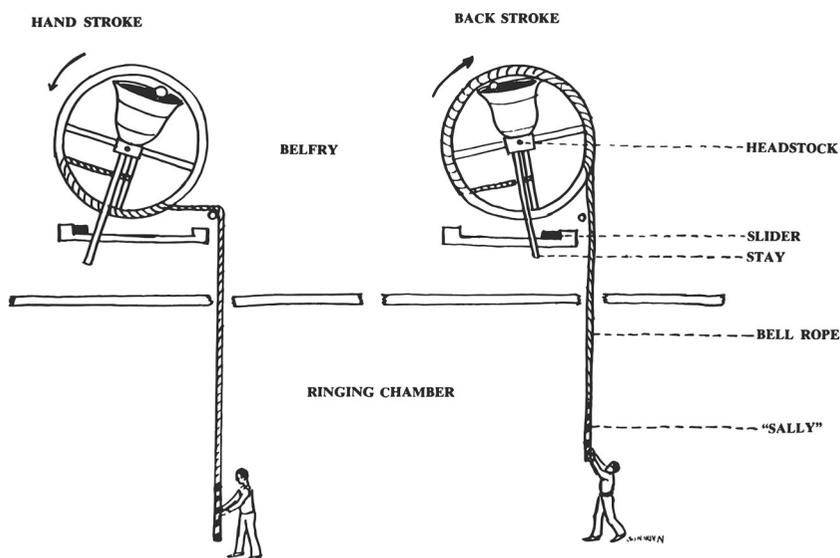


Abbildung der Praxis aus: Samuel B. Goslin, *First Steps to Bell Ringing. Being an Introduction to the Healthful and Pleasant Exercise of Bell Ringing in Rounds and Changes upon Church Bells*, London: Warner 1881.

123456 ich frage dich wer ich bin
214365 frage ich wer dich bin ich
241635 frage wer ich bin dich ich
426153 wer frage bin ich ich dich
462513 wer bin frage ich ich dich
645231 bin wer ich frage dich ich
654321 bin ich wer dich frage ich
563412 ich bin dich wer ich frage
536142 ich dich bin ich wer frage
351624 dich ich ich bin frage wer
315264 dich ich ich frage bin wer
132546 ich dich frage ich wer bin
123456 ich frage dich wer ich bin

Schema der einfachen Jagd mit sechs Glocken (links), nach der auch Draesners Gedichte aufgebaut sind (rechts).



Das Körperwissen der Läuenden, aus: Benjamin Novak, „Hunting up, Hunting down, Plain Bob, and Caters“, in: *Music Educators Journal* 58:7 (1972), S. 46–49, 93–94, hier S. 49.

somit *über seine Elemente verteilt*; von ihnen weiß keines allein, was das Ganze tut, das Ganze dagegen „weiß“ mehr als seine Teile. Einzelndumm, sind sie gemeinsam schlau. Nur aus der Befolgung des einfachen Algorithmus emergiert so, inmitten der Konfiguration von Läuenden, eine *distributed cognition*, eine verteilte Intelligenz.⁸

Glocken, Formen, Buchstaben

Wie bei allen Algorithmen sind abstrakte Regeln auf ganz verschiedene Weise implementierbar, so wie auch der Computer in seiner zunächst theoretisierten Form als Turingmaschine noch kein tatsächliches elektronisches System sein muss, per Stift und Papier (und unendlich viel Zeit) ebenso zu realisieren wäre, wie man ihn auch aus Holz hätte bauen können (und auch getan hat).⁹ Entsprechend weist die Historikerin Katherine Hunt darauf hin, dass der seit Duckworth geläufigen Notation für das *change ringing* etwas Willkürliches anhaftet. Denn die darin verwendeten Zahlenreihen haben keine arithmetische Funktion

und wurden nur gewählt, weil jede Ziffer einzigartig, aber gleichbedeutend ist; 5 ist in diesem Fall nicht mehr und nicht weniger wert als 1. Die Zahlen hätten genauso gut Formen, Früchte oder, durchaus möglich, Buchstaben sein können.

Das Wechselläuten ist schließlich nichts anderes als eine Reihe von Anagrammen. Die obsessive Permutation der Reihe kann durch George Puttenham's Beschreibung eines Anagramms in seiner einflussreichen Poetik *The Arte of English Poesie* (1589) erläutert werden, das darin besteht, „ein Wort aus einem anderen hervorzuzüchten, ohne ihre Buchstaben oder Anzahl zu ändern, sondern allein durch ihre Transposition“.¹⁰

Die Glockenwechsel sind also Anagramme einzelner Melodien; dass man so, ersetzte man die Töne durch Buchstaben, auch *Sprache* derart „hervorzüchten“ könnte, darauf kam bereits, wie Hunt zeigt, Fabian Stedman, der von Duckworth inspiriert schon 1677 ein noch detaillierteres Buch über das *change ringing* verfasste. „Betrachtet man die Vielzahl der verschiedenen Wörter, mit denen wir uns in der Sprache ausdrücken“, schrieb Stedman, „so mag man es für fast unmöglich halten, dass aus vierundzwanzig Buchstaben eine solche Anzahl entstehen kann.“¹¹ Für ihn war klar, dass die Permutationslogik des Wechselläutens ebenso auf die Elemente der Wörter ausgedehnt werden könnte:

Und wenn jede denkbare Menge der Buchstaben von eins bis vierundzwanzig in ihrer ganzen Vielfalt methodisch herausgearbeitet und nach den Regeln der hier gezeigten Kunst variiert würde; was leicht mittels der einfachen und praktischen Methode [des Wechselläutens] durchgeführt werden könnte; würde die unendliche Anzahl von ihnen es einer Million von Menschen nicht erlauben, sie in einigen Tausenden von Jahren zustandezubringen: Es müsste sich zeigen, dass es in keiner Sprache der Welt Worte oder Silben gibt (die man mit den Zeichen unseres Alphabets auszudrücken vermag), die nicht wortwörtlich und vollständig darin aufgefunden werden könnten; und zwar viele Tausende von Millionen mehr als ausgesprochen werden können oder je in irgendeiner Sprache verwendet wurden.¹²

Die „plain and practical method“ des Wechselläutens war also theoretisch auch zur Rekonstruktion aller bekannten und zur Erfindung völlig neuer Wörter zu gebrauchen. Wir wissen nicht, ob Stedman sich je weiter damit auseinandersetzte. Er wäre nicht der erste gewesen, der die Kombinatorik zur lexikalischen – und womöglich semantischen – Generierung von Sprache verwendet hätte. Denn dass bloße Permutation im Extremfall *Sinn* zu produzieren vermag, war kein neuer Gedanke, sondern motivierte bereits die kabbalistische Lehre des „Buchs der Schöpfung“ (*Sefer Jezira*, 2. oder 3. Jahrhundert n.u.Z.), der zufolge die Schöpfung der Welt ein kombinatorischer Akt gewesen ist, oder die *ars combinatoria* des Franziskanermönchs Raimundus Lullus (ca. 1223–1316), die als Kalkül zur Generierung wahrer Aussagen entworfen wurde.¹³ Explizit als *literarische* Produkte waren permutative Gedichte, in denen entweder deren Zeilen oder Wörter in allen (oder vielen) Kombinati-

nen neu zusammengesetzt werden, allerdings bereits der Antike bekannt,¹⁴ auch wenn erst das Barock – etwa bei Henricus Reimarus oder Julius Scalinger – ihre volle Produktionsfülle begriff.¹⁵ Auch das bis heute populäre „infinite monkey theorem“ kann man, obwohl es auf einer Zufallsoperation zu beruhen scheint, auch als Permutation aller möglichen Zeichen einer Schreibmaschine in der Zeit verstehen.¹⁶

Vielfach sind solche, nach einem Kalkül oder Algorithmus entstandenen Texte – zu denen auch jenes imaginierte, aber nie ausgeführte literarische *change ringing* des Fabian Stedman zählen würde – als proto-digitale Literatur aufgefasst worden.¹⁷ Kalkül und Symbolsystem wären hier lediglich der Nullpunkt der Abstraktion, die, wie im Fall des zunächst reinen Gedankengebildes der Turingmaschine, elektronisch, papiern oder nur im Kopf der Ausführenden dieses Kalküls in Gang kommen könnte. Brion Gysins mit Ian Somerville um 1960 geschriebenes „I AM THAT I AM“ – das auf der vollständigen auf einem Honeywell-Computer ausgeführten Permutation des titelgebenden Satzes beruhte – kann daher sowohl als eines der *ersten* Werke digitaler Literatur gelten oder aber als *spätes* Beispiel einer mehrtausendjährigen Tradition von Regeldichtung gelesen werden.¹⁸

Was die reine Permutation aber vom Wechselläuten unterscheidet – und so vielleicht eine Bifurkation dieser angenommenen Genealogie nahelegt – ist sowohl die Abwesenheit eines die Permutation steuernden (und gegebenenfalls auswählenden) Algorithmus wie das Phänomen der verteilten Intelligenz auf ihre Elemente. Mehr noch: Vielleicht macht die Art der Ausführung selbst den wesentlichen Unterschied. Es ist eben nicht dasselbe, einen Kalkül nur zu *denken* oder, als Körpertechnik, die sowohl Muskelfertigkeiten wie algorithmische Denkopoperationen vereint, auch wirklich physisch *auszuführen*. Die *Erfahrung* der Subsysteme (der Läutenden) bei diesem Zusammenkommen distribuiert Kompetenz wäre jedenfalls für das reine Denken nicht einzuholen. Den Schweiß des Glockenschlags ersetzt kein Gedankenexperiment.

To be enacted

„ich frage dich wer ich bin“, beginnt Ulrike Draesner das erste ihrer *change ringing* betitelten Gedichte. Auch sie sind nach dem Permutationsalgorithmus der „einfachen Jagd“ gebildet – in diesem Fall, der Anzahl ihrer Elemente entsprechend, einer *plain hunt on 6*. Deren Webstruktur stellt auch hier die Matrix des Verfahrens: In der zweiten Zeile wechseln daher *alle* Wörter ihre Position nach dem Schema XXX („frage ich wer dich bin ich“), während der folgende Wechsel die äußeren Elemente beibehält und nur die *inneren* Wortpaare nach der Regel IXXI die Plätze tauschen lässt („frage wer ich bin dich ich“). Diese „Jagd“ der Positionen setzt sich bis zur *reverse round* fort, wenn

in der siebten Zeile (also im sechsten Wechsel) der Mittelpunkt erreicht wird und sich die Satzreihenfolge völlig umkehrt („bin ich wer dich frage ich“), die Frage von der nach einer spezifischen Substanz („wer bin ich“) in die Existenzbangheit („bin ich wer“) umgeschlagen ist. Von dort an setzt sich die Permutation bis zur Auflösung, der *truth* fort, die die erste Zeile wiederholt.

„simulierte KI-poesie“ nennt Draesner ihr *change ringing*. Darin liegt eine Metapher und auch wieder keine. Denn Künstliche Intelligenz im strengen Sinn findet sich hier *nicht* – jedenfalls nicht in der Definition der Informatik, die darin die Konstruktion von „rational agents“ sieht, die selbstständig in der Lage sind, Probleme zu lösen oder mit einer unbekanntem Umwelt zu interagieren.¹⁹ Doch zugleich zeigt die Geschichte des Wechselläutens, dass Künstliche Intelligenz nicht notwendig Computer zur Voraussetzung hat, sondern eben auch als verteiltes Denken, als *distributed cognition* begriffen werden kann.²⁰ In der Interaktion zwischen einem Verbund von Personen (oder Personen und Dingen) kann durchaus etwas entstehen, das sinnvollerweise „Intelligenz“ zu nennen wäre. Draesner folgt dabei der Intuition Stedmans, die „plain and practical method“ der Läutsequenz sei in einen Kalkül der Literaturgewinnung umzuformen. *Simuliert* ist diese KI-Poesie deshalb, weil Draesner ihr Denken kaum auf sechs einzeln agierende Unter-Ichs aufteilen, sie innerhalb ihrer Lyrikerinnensubjektivität die *agency* eines die Operation steuernden Kontrollsystems nicht zugunsten autonomer, aber emergent interagierender Subsysteme aufgeben kann.

Oder doch? Die „autorin als blattschneideameise über das algorithmische feld“ – die permutierten Zeilen sind *objets trouvés*, stammen unter anderem aus dem Werk des Neoavantgardisten Helmut Heißenbüttel²¹ – verfolgt zwei Strategien, die Simulation Künstlicher Intelligenz noch weiter zu treiben.

Die erste ließe sich als Verteilung von Verteilung bezeichnen: Ist zwar das einzelne Gedicht das Ergebnis eines Denkprozesses, der zentral gesteuerten Verteilung von Wörtern nach dem *plain hunt*-Algorithmus, verteilt Draesner diesen Prozess doch erneut in der *Zeit*. Denn bereits der zweite und dritte Text ihres Zyklus stehen nicht allein, sondern permutieren einen ganzen Satz in zwei einzelnen, aber verzahnten Reihen. Draesner nimmt aus Heißenbüttels *über einen Satz von Sigmund Freud* das Teilzitat „eine Art von Erinnerung hatte sich erhalten verdunkelt und entstellt die aus dem Hintergrund gleichsam zu wirken fortfuhr“²² und (nachdem sie, selbst in Fortführung der psychoanalytisch gedeuteten Verdunklung, nicht nur einige Wörter auslässt, sondern aus dem „Hintergrund“ auch einen „Hinterhalt“ gemacht hat) permutiert es, in der Mitte geteilt, in je einzelnen „Jagden“. So lassen sich die nebeneinander angeordneten Textblöcke in der ersten Zeile noch zusammenlesen – als merkwürdiger Fall eines Cut-Up, der im Überlesen zweier Zeilen zum Ursprungstext zurückführt –, in der zweiten sind sie bereits nach zwar identischen, aber autonomen Logiken permutiert. Da diese Operationen *hin-*

tereinander geschehen, steht Draesner sich so selbst gegenüber – zwar zu zweit statt zu sechst, wie beim Wechselläuten der *plain hunt on 6*, aber doch zu mehreren als nur allein.

Die zweite Strategie der KI-Simulation besteht darin, den *Körper* wieder in die Regelfolge des Algorithmus hineinzuholen und sie so vielleicht tiefer zu durchdringen als nur im reinen Gedankenspiel: „erfährt algorithmische einföhlung körperlich“,²³ heißt es bei Draesner. Ein Algorithmus muss ausgeführt werden, um ihn ganz zu verstehen; dass diese „Einföhlung“ auch *physisch* geschehen kann, liegt beim Gedicht, das auf den mündlichen Vortrag angelegt ist, auf der Hand. Bei Draesner ist das explizit in der Anweisung „to be enacted“ ausgesprochen, die dem letzten der Gedichtblöcke beigefügt ist: Als Schluckauf, der plötzlich ein gleichberechtigtes Element neben alphanumerisch codierten Wörtern steht und, anders als diese, nicht *ist*, bevor er nicht vollführt wurde.

Auch das hat Bezüge zum *change ringing*. Es ist eine Praxis, die geübt sein will, und zwar so, dass sie als körperliches Wissen dem Vernunftwissen der Wechselregel zur Seite steht. Beim Läutvorgang wird erst das Seil am seinem Quastengriff (dem *sally*) nach unten gezogen und damit vom Rad der Glocke abgewickelt und in Bewegung versetzt; schwingt diese über den Höhepunkt hinaus, wickelt das Rad das Seil in die andere Richtung wieder auf. Da das Seil nicht in der Mitte des Rades, sondern leicht versetzt angebracht ist, variiert die Höhe des *sally* in beiden Rotationsphasen. Für die Läuenden unterscheiden sich so der längere *hand stroke* von kürzeren *back stroke*, und die Fertigkeit besteht nun darin, den *back stroke* im richtigen Moment so hinauszuzögern, dass die Glocke für einen kurzen Moment im Gleichgewichtspunkt stehen bleibt. Diese Technik ist es, die die Wechsel der Läutpositionen erst ermöglicht.²⁴ So ist nicht nur das Wissen über verschiedene Körper verteilt, sondern selbst Teil des Körpers; *distributed cognition* ist auch *embodied knowledge*.²⁵

Womöglich lässt sich das auch über Draesners Texte sagen: verteilt und verkörpert sind sie mehr als nur abstrakte Algorithmen, angewandt auf literarische Texte, nicht nur *analoge digitale Literatur*,²⁶ sondern tatsächlich auch *künstliche Künstliche Intelligenz*. Sie produzieren in ihrer und durch ihre Ausführung vielmehr Wissen, das anders nicht zu haben gewesen wäre und das von ihrer Urheberin losgelöst ein Eigenleben entwickelt hat: „ach Stoff den sich die Einbildung / ausgedacht hat dringt in die Welt“. *Wessen Wissen?*, könnte man schließlich noch fragen. Das ist nicht leicht zu beantworten. Vielleicht des Publikums: Genauso, wie Sie nach Lektüre dieses Textes kaum in der Lage sein werden, einen Wechsel zu läuten, braucht es womöglich das laute Lesen der Gedichte von Ulrike Draesner, um dem Prinzip ihrer Machart auf den Grund zu kommen: *to be enacted*. Aber vielleicht ist es auch nur eine Person, die hier algorithmische Einföhlung erfährt – Draesner selbst, die sich in ihren Texten selbst als mehrere gegenübersteht.

1 Anonymous [Richard Duckworth], *Tintinnalogia: or, The Art of Ringing. Wherein Is laid down plain and easie Rules for Ringing all Sorts of Plain Changes. Together with Directions for Pricking and Ringing all Cross Pedals; with a full Discovery of the Mystery and Grounds of each Peal. As also Instructions for Hanging of Bells with all things belonging to the-runto*, London: W.G. 1668. – Alle Übersetzungen aus fremdsprachlichen Quellen stammen von mir.

2 Siehe Katherine Hunt, „Campanologomania. The Mathematics of Change Ringing“, in: *Cabinet* 53:1 (2014), S. 21–28 sowie Liam Sims, „Ringing the Changes. Early Bellringing Books in the University Library“, 23.5.2014, *MusiCB3*, [vhttps://musicb3.wordpress.com/2014/05/23/ringing-the-changes-early-bellringing-books-in-the-university-library](https://musicb3.wordpress.com/2014/05/23/ringing-the-changes-early-bellringing-books-in-the-university-library).

3 Dass solche Wechsel möglich sind, ergibt sich aus einer Besonderheit englischer Glockenhängung, die sich um 1620 durchsetzte: Jede Glocke ist an einem Rad befestigt, das sich dreht, wenn die Läutenden an einem Seil ziehen. Die Radglocke schwingt dabei im Turm für jeden Ton eine volle Umdrehung. Durch diese Aufhängung lassen sich überhaupt erst die Verzögerungen der Glockenbewegung erreichen, die für einen *change* nötig sind; eine deutsche Turmglocke ließe sich kaum mit derselben Präzision handhaben.

4 Da das Wechselläuten keiner *harmonischen* sondern bloß *permutativen* Regelmäßigkeit unterliegt, hat es Ähnlichkeiten mit dem Serialismus in der Musik des zwanzigsten Jahrhunderts – mit Schönberg und Webern und später Boulez und Messiaen.

5 Arthur T. White, „Fabian Stedman. The First Group Theorist?“, in: *American Mathematical Monthly* 103:9 (1996), S. 771–778.

6 *Fast* beliebig lange. Es sind nicht für jede Glockenanzahl immer alle Permuta-

tionen über eine *method* zu erreichen; für sieben Glocken sind zwar $7! = 5040$ Permutationen denkbar, aber nur 4998 praktikabel zu spielen, siehe Karen Ratajczak, „Method to the Madness. The Mathematical Structure of Method Ringing and the Application of Hamiltonian Graphs to Composition“, in: Iman C. Chahine und Josef De Beer (Hg.), *Evidence-Based Inquiries in Ethno-STEM Research. Investigations in Knowledge Systems Across Disciplines and Transcultural Settings*, Charlotte, NC: Information Age Publishing 2021, S. 155–167, hier S. 159.

7 [Duckworth], *Tintinnalogia*, S. 2. Duckworth nimmt hier eine scholastische Unterscheidung auf, die sich etwa beim Logiker Petrus Hispanus im 13. Jahrhundert findet: *infinitum quoad nos* (Unendlichkeit für uns) wären für ein Einzelbewusstsein unüberschaubar große Mengen, etwa Sterne und der Sand am Meer, während *infinitum simpliciter* (Unendlichkeit überhaupt) mathematische Unendlichkeit in eigentlichen Sinne bezeichnet, Petrus Hispanus, *Logische Abhandlungen (Summulae logicales)*. Aus dem Lateinischen von Wolfgang Degen und Bernhard Pabst, München: Philosophia Verlag 2006, S. 292.

8 Das Konzept der *distributed cognition* – eines Denkens, das nicht in einem einzelnen Hirn lokalisiert, sondern über deren mehrere oder auch Objekte verteilt ist – formulierte zuerst der Kongitions-ethnologe Edwin Hutchins in seinem Buch *Cognition in the Wild*, Cambridge, Mass.: MIT Press 1995.

9 Siehe Lara Grant, „Mechanical Wooden Turing Machine“, in: *Hackaday*, 8. März 2018, <https://hackaday.com/2018/03/08/mechanical-wooden-turing-machine>

10 Hunt, „Campanologomania“, S. 25.

11 Anonymous [Fabian Stedman], *Campanalogia: or, The Art of Ringing Improved. With plain and easie Rules to guide*

- the Practitioner in the Ringing all kinds of Changes. To Which is added, great variety of New Peals*, London: W. Godbid 1677, S. 13
- 12 Ebd., 16.
- 13 Florian Cramer, *Exe.cut[up]able statements. Poetische Kalküle und Phantasmen des selbstaufführenden Texts*, München: Fink 2011, S. 44–55.
- 14 Dick Higgins, *Pattern Poetry. Guide to an Unknown Literature*, Albany: State University of New York Press 1987, S. 183.
- 15 Cramer, *Statements*, S. 70–84.
- 16 Also die Idee, dass Affen, die nur lange genug auf einer Schreibmaschine herumtippen, irgendwann alle Werke der Weltliteratur geschrieben haben werden. Siehe dafür Hans-Christian von Herrmann, *Literatur und Entropie*, Berlin: Duncker und Humblot 2014.
- 17 Scott Rettberg, *Electronic Literature*, London: Polity 2019, S. 20.
- 18 Siehe dazu Hannes Bajohr, „Schreiben lassen. Gegenwartsliteratur und die Furcht vorm Digitalen“, in: ders., *Schreiben lassen. Texte zur Literatur im Digitalen*, Berlin: August, S. 14–32.
- 19 Stuart Russell und Peter Norvig, *Artificial Intelligence. A Modern Approach*, 4. Auflage, London: Pearson 2022, S. 22.
- 20 Siehe dazu zum Beispiel die Idee des „Denkmöbels“, der *distributed cognition* zwischen Schreibenden und ihren Schreibtischen, die zusammen eine Intelligenzassemblage bilden, die klüger ist als ihre Teile: Markus Krajewski, „Denkmöbel. Die Tische der Schreiber zwischen analog und digital“, in: Petra-Maria Dalling, Georg Hofer und Bernhard Judex (Hg.), *Archive für Literatur. Der Nachlass und seine Ordnungen*, Berlin: de Gruyter 218, S. 193–213.
- 21 Email der Autorin vom 22. Februar 2022.
- 22 Helmut Heißenbüttel, „über einen Satz von Sigmund Freud“, in: ders., *Das Sagbare sagen. Eine Auswahl aus dem Werk*, hg. von Hubert Arbogast, Stuttgart: Klett-Cotta 1998, S. 134–140, hier S. 134.
- 23 Den Begriff der „algorithmischen Einfühlung“ übernimmt Draesner aus meinem Essay dieses Titels, der im Dezember in dieser Zeitschrift erschien: Hannes Bajohr, „Algorithmische Einfühlung. Über zwei Paradigmen digitaler generativer Literatur und die Notwendigkeit einer Kritik ästhetischer KI“, in: *Sprache im technischen Zeitalter* 59:4 (2021), S. 471–497; jetzt unter dem Titel „Algorithmische Einfühlung. Für eine Kritik ästhetischer KI“, in: Bajohr, *Schreiben lassen*, S. 131–172.
- 24 In der Blütezeit der Läutmanie war die *dumb bell*, die stumme Glocke, ein Übungsinstrument, diese Körpertechnik zu trainieren. Als reines Fitnessinstrument nahm sie später ein Eigenleben an; diese Geschichte hat sich im englischen Namen für „Hantel“ erhalten, die immer noch *dumbbell* heißt, siehe Hunt, „Campano-logomania“, S. 21.
- 25 Auch das ein aus der Ethnologie stammendes, in der Philosophie fortgeführtes Konzept, siehe Nancy Scheper-Hughes, „Embodied Knowledge“, in: Robert Borofsky (Hg.): *Assessing Cultural Anthropology*. New York: McGraw-Hill 1994, S. 229–242.
- 26 Für eine andere literarische Verwendung des Wechselläutens, diesmal durch ein Python-Skript umgesetzt und so „digitale digitale Literatur“, siehe Stephanie Strickland, *Ringing the Changes*, Colorado: Counterpath Press 2019.