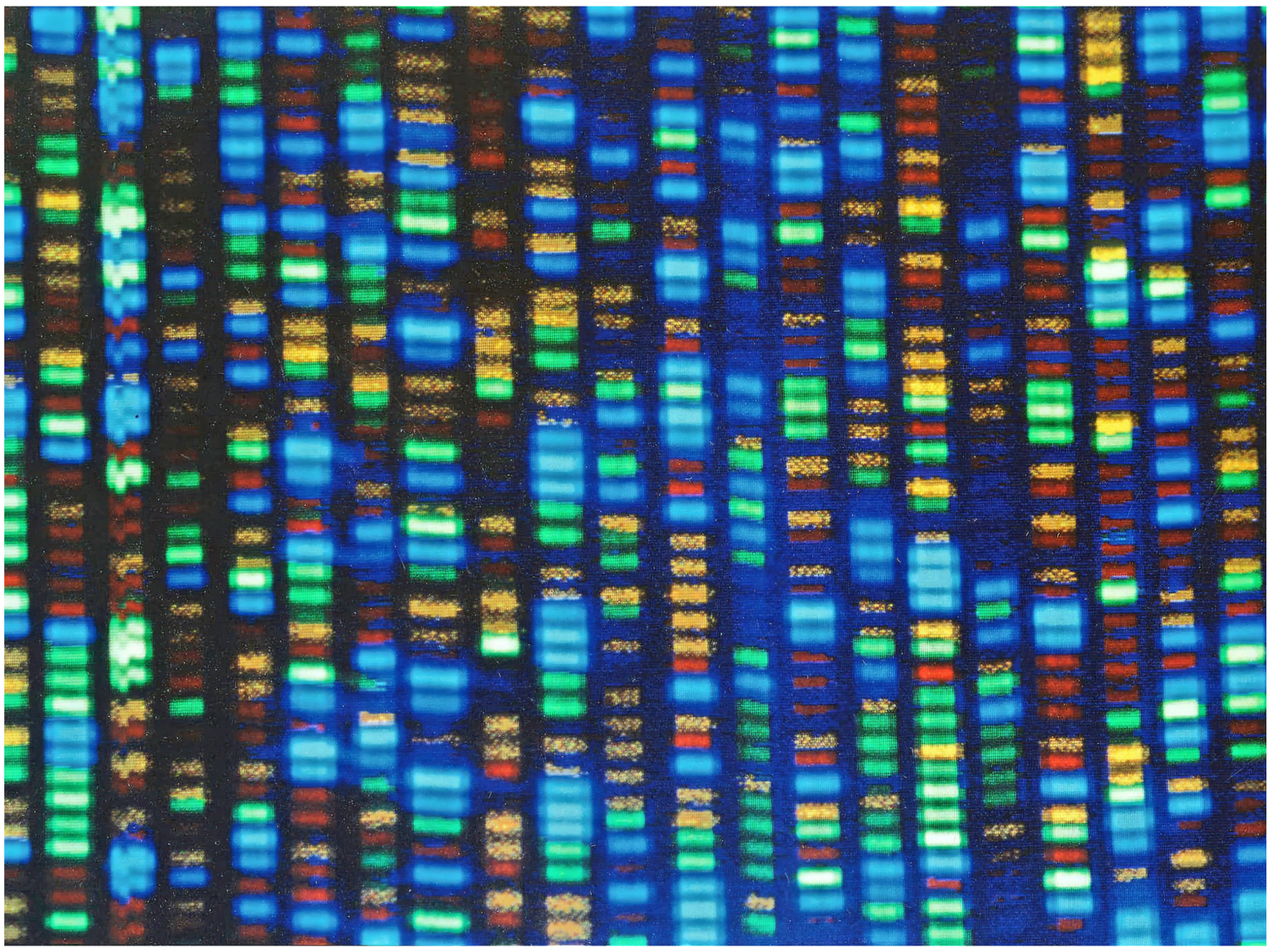


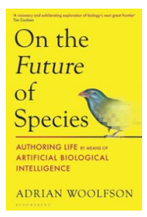
Erkennen, um zu bauen: Resultate eines Sequenzierautomaten des National Human Genome Research Institute Foto AP

Computer, bau mir ein Ökosystem

Auf dem Weg zur Künstlichen Biologischen Intelligenz: Adrian Woolfson führt kundig eine Zukunft vor Augen, in der Leben zur herstellbaren Größe wird.

Manche Revolutionen beginnen mit Entdeckungen, andere damit, dass man lernt, etwas zu bauen. Was das kalifornische Unternehmen GENYRO auf seiner Website ankündigt, ist in der Tat nicht weniger als eine Revolution. Denn gebaut werden sollen Gene, Genome und ganze Organismen, neue Wesen mit neuen Eigenschaften. Nach Jahren der Entdeckungen im Bereich der Genetik sei es für die Biologie nun an der Zeit, den Schritt zu einer Ingenieurswissenschaft zu tun. Bislang bietet GENYRO die Synthese komplexer DNA-Sequenzen an. Adrian Woolfson, Mitgründer und CEO des Unternehmens, denkt aber längst weiter. Seine Vision einer Zukunft, in der Organismen programmiert werden wie heute Apps, kann man nun in seinem neuen Buch nachlesen.

Die längste Zeit hat der Mensch die genetische Ausstattung von Tieren und Pflanzen indirekt verändert, durch Züchtung. Doch spätestens mit der Entwicklung von Methoden wie der „Genschere“ CRISPR/Cas9, die 2015 im Wissenschaftsmagazin „Science“ als Durchbruch des Jahres gefeiert wurde, ist es möglich, Gene direkt zu verändern. Noch geht es dabei meist um kleinere Schritte: um die Korrektur einfacher Mutationen oder darum, Bakterien dazu zu bringen, Schadstoffe abzubauen. Woolfson stellt eine Zukunft in Aussicht, in der komplexe Lebewesen nach Wunsch erzeugt werden können, von Fabelwesen bis zu biologischen Superintelligenzen.



Adrian Woolfson: „On the Future of Species“. Authoring Life by Means of Artificial Biological Intelligence. Bloomsbury Publishing, Dublin 2026. 480 S., br., 16,99 €.

Trotz aller Fortschritte der Genetik ist das Bauen ganzer Genome allerdings alles andere als einfach. Woolfson ist vom Fach, er verschweigt die riesigen Herausforderungen des Vorhabens nicht, im Gegenteil: Sorgfältig legt er dar, dass die Idee, man könne aus den Genen vorhersagen, wie ein Lebewesen aussehen und sich verhalten wird, eine Illusion ist; dass es Unfug ist, Einstein klonen zu wollen; dass man an den Genen, in denen sich Menschen und Schimpansen unterscheiden, nicht ablesen kann, was den Menschen zum Menschen macht. In der Biologie ist alles immer viel komplizierter und komplexer.

Ausführlich erklärt der Autor, was es mit der nicht kodierenden DNA auf sich hat, mit den komplexen Prozessen, die die Aktivität der Gene in den Körperzellen regeln, mit dem Einfluss von Ernährung, Kindheit und Lebensweise. Eigentlich gehe es nicht darum, das Genom eines Menschen zu verstehen, sondern das der ganzen Menschheit, nicht um eine einzelne Melodie, sondern um eine Symphonie. Bei der Lektüre bekommt man bisweilen den Eindruck, der Autor lege dar, warum sein Projekt eigentlich gar nicht gelingen kann.

Woolfson führt den Leser durch die Geschichte der Genetik, von den ersten Vermutungen über eine Erbsubstanz im 19. Jahrhundert über das Rennen um die Dekodierung der menschlichen DNA und die erste synthetisch erzeugte Zelle bis zum Synthetic Human Genome Project, in dem Werkzeuge und Methoden entwickelt werden sollen, um Genome zu synthetisieren. Das Ergebnis bislang: Die Forschung macht Fortschritte, einen nach dem anderen, doch komplexere Organismen nach Wunsch zu „bauen“, ist bislang ein Wunschtraum, die Rolle der Gene in den komplexen Regelkreisen der Zelle noch lange nicht genau genug verstanden. Schon die Behandlung genetisch bedingter Erkrankungen findet ihre Grenze in Veränderungen, die mehr als ein Gen betreffen.

Doch dann bringt Woolfson die Künstliche Intelligenz ins Spiel. Immerhin wurde Alpha Fold, ein Programm des KI-Konzerns Open AI, das in der Lage ist, die dreidimensionale Struktur von Proteinen aus der Abfolge von Aminosäuren zu prognostizieren, 2021 zum wissenschaftlichen Durchbruch des Jahres gewählt.

Längst kann sein Nachfolgemodell auch Interaktion mit umgebenden Molekülen vorhersagen, kann das Grundlagenmodell EVO2 nicht nur genetische Sequenzen analysieren, sondern auch neue erstellen. Auf solche Grundlagenmodelle, eine Art ChatGPT für Genetik, setzt auch Woolfson. Sie sollen das Durcheinander in der Zelle entschlüsseln helfen, sollen die Muster finden, die der Forschung fehlen, um zu verstehen, was vor sich geht, und damit die Basis für Eingriffe und Neukonstruktionen liefern.

Seine Vision beruht darauf, zwei Technologien zusammenzubringen, die beide auf KI basieren: die Analyse genetischer Daten und die Synthese einfacher Genome. So sollen Lebensformen entstehen, die er Künstliche Biologische Intelligenz, Artificial Biological Intelligence (ABI), nennt. Und nebenbei die Biologie in eine datengetriebene Ingenieurswissenschaft verwandeln, die mithilfe biologischer Grundlagenmodelle nicht nur beobachtet, sondern herstellt: Bau mir das Genom für eine trockenheitsresistente Pflanzen, für eine, die auf dem Weg zum Mars im Raumschiff wächst, für ein Bakterium, das ein Medikament erzeugt, für ein Ersatzorgan, einen lebenden Quantencomputer und, warum nicht, gleich ein ganzes Ökosystem für einen kahlen Planeten. Oder das Genom für einen Menschen, der schlauer ist als eine künstliche Superintelligenz, eine biologische Superintelligenz.

Dabei hantiert Woolfson sehr bewusst mit seinen Metaphern und ihren Grenzen, nennt die Zelle mal eine biologische Maschine, mal beschreibt er die Gene als Programme, die die Aktivität in den Körperzellen steuern. Am liebsten ist ihm das Bild einer genetischen Sprache: Könnte man das genetische Geschehen in einem Organismus nicht als eine Art Sprache auffassen, in der es Regeln und eine Grammatik gibt? Und müssten dann nicht die Transformer, die Architekturen hinter den großen Grundlagenmodellen, in der Lage sein, diese Sprache zu lernen? Sie nicht nur zu verstehen, sondern, so wie in der generativen Künstlichen Intelligenz, auch selbst zu sprechen und neuen Text zu erstellen?

Eine so große Vision verlangt natürlich, darüber nachzudenken, welches Schindluder man mit solchen Technologien treiben könnte: vom Wunsch nach optimierten Kindern über dysfunktionale Lebewesen und veränderte Gene mit unklaren Auswirkungen, die sich in der Natur ausbreiten, bis zur Manipulation kommender Generationen. Entsprechend schließt der Autor mit einem Manifest, in dem er für den verantwortungsvollen, menschenzentrierten Umgang mit den neuen Superkräften plädiert.

Woolfson hat ein merkwürdiges Buch geschrieben: Es bietet alles, was man sich von einem solchen Werk erhoffen kann, und zugleich alles, was zu befürchten war: Sorgfältig legt er die Grundlagen, die Projekte und Herausforderungen eines Forschungsfeldes dar, das immer mehr Möglichkeiten hervorbringt, die Grundlagen des Lebens zu manipulieren, mit allen Chancen und ebenso vielen Risiken. Er liefert eine detaillierte und gut zu lesende Geschichte der Genetik. Zugleich aber beschert er dem Leser mehr als ein Déjà-vu: Hatten wir nicht gerade einen Hype mit ganz ähnlichen Fragen um die Künstliche Intelligenz? Woolfson hat seinen seriösen Überblick über ein faszinierendes und unheimliches Forschungsfeld auf jeden Fall hinreichend dramatisch gerahmt. MANUELA LENZEN

Revolutionär muss die Theorie sein

Marx unter dem Realsozialismus hervorholen: Vorlesungen und Texte des Soziologen und Philosophen Oskar Negt

Oskar Negt, während der Tage der Frankfurter Karl-Marx-Universität um 1968 Mentor der protestierenden Studenten und Assistent von Jürgen Habermas, hatte nicht damit gerechnet, Professor zu werden. Er sah seine Zukunft eher in der gewerkschaftlichen Erwachsenenbildung. Aber der niedersächsische Kultusminister Peter von Oertzen berief ihn 1971 auf den soziologischen Lehrstuhl der Technischen Universität Hannover, wo der linke Sozialdemokrat eine geistes- und sozialwissenschaftliche Fakultät einrichtete, die durchaus als „rote“ Hochburg gedacht war.

Negt brachte eine Horde seiner SDS-Leute mit, um den Frankfurter Spirit zu reloaden. Der neue Professor wollte in der Institution der Universität den antiinstitutionellen Impuls der Neuen Linken verankern und sich erklärtermaßen den Problemen eines zeitgenössischen Marxismus widmen. Mit der Wiederholung Frankfurter Verhältnisse klappte es freilich nicht wie gewünscht, doch Negt glänzte in Hannover mit Großvorlesungen, die seit 2019 unter dem Titel „Politische Philosophie des Gemeinsinns“ von der Hans-Böckler-Stiftung herausgegeben werden. Der vierte Band widmet sich dem „Erbe des Marxismus“.

Anders als die ersten drei Bände besteht er nicht allein aus Vorlesungen, denn das Material aus den Jahren 1977 bis 1979 war zu umfangreich und inhomogen. Deshalb entschloss sich Hendrik Wallat, der seit 2016 der persönliche Assistent des 2024 verstorbenen Negt war, dem Vorlesungsmaterial unveröffentlichte Manuskripte und verstreute Publikationen zum Komplex „Marx und Marxismus“ beizufügen. So kann man Negts legendenumwobenes Marx-Referat aus einem Adorno-Seminar von 1959 lesen, mit dem der Student Adornos Assistenten Jürgen Habermas verblüffte, der ihn später als seinen eigenen Assistenten für seine Zeit in Heidelberg und später wieder in Frankfurt engagierte. Der Vortrag „Über das Verhältnis von Ökonomie und Gesellschaftstheorie bei Karl Marx“ zog sich über zwei Sitzungen hin, weil Habermas eine Kürzung für unnötig hielt.

Das waren andere Zeiten, sozusagen eine kritisch-theoretische Antike, in der text- und theoriehungrige junge Menschen es „zurück zu Marx und seinen Quellen“ drängte. Dieser Weg musste erst gefunden werden, unter dem poststalinistischen Massiv des Realsozialismus hindurch. Der Marxismus-Leninismus, die „Legitimationswissenschaft“ des Sowjetmarxismus, war ein großes Problem für die Leute vom SDS, zu denen der Student Negt selbst gehörte. Kritik und Autonomie waren Impuls, die dialektische Methode sollte im Sinne Karl Korschs auf den Marxismus selbst angewandt werden. Gleichwohl entstand auch in diesen Kreisen nach 1968 ein fetischisierter Tanz um den richtigen Begriff von Wissenschaft und Gesellschaft, um politische Ökonomie und historischen Materialismus, um Warentausch und Wertcharakter, um Arbeitsform und Kapitalakkumulation.

Das „Erbe des Marxismus“ lag für Negt in den Siebzigerjahren also dreifach vor: in der zu kritisierenden Perversion, in der Entdeckung der verloren gegangenen Tradition und in ihrer Aktualisierung in sozialen Kämpfen. Der Marxismus sollte dabei als epochale kritische und revolutionäre Theorie neu belebt werden. Sozialismus bedeutete für Negt zuerst Selbstverwaltung von unten nach oben. Dem Dogmatismus wurde in Hannover also eine gewisse neu begründete Orthodoxie und vor allem Praxis entgegengesetzt.

Die Texte des Bandes dokumentieren die damalige Suche nach dieser Erneuerung des krisenhaften Marxismus. Der bisher unveröffentlichte und fragmentarische Text „Phänomenologie des Marxismus“ (vermutlich Mitte der Siebzigerjahre entstanden) reflektiert Entwicklungslinien von Kritischer Theorie und Organisationsformen sozialer Bewegungen jenseits der sozialistischen Internationalen – eine solche Theorie und Praxis zusammenführende Perspektive ist wohl ein genuines Erbe Oskar Negts selbst, ebenso seine Kant-Interpretation zur Erneuerung marxistischen Denkens. Auch in der theoriegeschwängerten Zeit der Siebzigerjahre keineswegs Massenware waren seine „Zehn Thesen zur marxistischen Rechtstheorie“ (1973), denn das staatlich garantierte Recht war doch ein blinder Fleck der Marxisten seit jeher.

Beeindruckend ist das dreißigseitige Nachwort des Herausgebers Hendrik Wallat, der 2023 mit „Dyspraxia. Kritische Theorie im Sog der Negativität“ selbst eine Schrift vorlegte, der man die Hannoveraner „Orthodoxie“ ablesen kann, die eben alles andere als Dogmatismus ist, sondern der fortwährende Wille zur Kritik, von der auch der Vordenker Oskar Negt nicht ausgespart wird: Er habe ein unzerstörbares materiell-widerständiges Fundament im sinnlichen Wesen und Arbeitsvermögen des Menschen unterstellt, was falsche Hoffnungen geweckt habe.

Noch zu Lebzeiten musste Negt demnach die Illusion einer Reaktualisierung des revolutionären Marxismus aufgeben. Stimmt diese Beobachtung, dann musste Negt also die Erfahrung seiner Lehrer Horkheimer und Adorno wiederholen, allerdings in einer sehr spezifischen Verarbeitungsweise inmitten einer Zeit, die in Hannover als „zweite Restauration“ empfunden wurde, nämlich der Abwicklung und Zurückdrängung der Neuen Linken.

Was Negt an der Technischen Hochschule, die sich nach und nach zur Volluniversität entwickelte, gleichwohl mitbewirkte: dem Philosophen wie Kritiker der politischen Ökonomie Karl Marx die wissenschaftliche Staatsangehörigkeit in der Bundesrepublik zu verschaffen. Bis dahin war Marx ja allein prominenter Genosse und Überprofessor im SED-Staat nebenan gewesen. Auch Negts Frankfurter Lehrer hatten ja eine eher dezente Marx-Philologie gepflegt, während die Marburger Kollegen sich der DKP verschrieben. Nun kann man diesen Teil des Hannoveraner Einbürgerungsverfahrens nachverfolgen. JÖRG SPÄTER

Oskar Negt: „Politische Philosophie des Gemeinsinns“. Band 4: Das Erbe des Marxismus: Revolutionäre Theorie, Legitimationswissenschaft, Krise und Erneuerung. Steidl Verlag, Göttingen 2026. 544 S., geb., 38,– €.

Eine frühe Feministin

El Saadawis Klassiker auf Deutsch erschienen

Es war ein für seine Zeit bahnbrechendes Buch, es machte seine Autorin zu einer der führenden Stimmen des arabischen Feminismus und gleichzeitig zu einer der meistgehassten Frauen Ägyptens. 50 Jahre nachdem die Ärztin und Schriftstellerin Nawal El Saadawi ihr Grundlagenwerk „Die Frau und Sex“ schrieb, ist das Buch nun erstmals auf Deutsch erschienen. Es wurde vom Basler Gamila Verlag aus dem Arabischen ins Englische und vom Englischen ins Deutsche übertragen.

In „Die Frau und Sex“ beschreibt sie die Mechanismen sexueller und sozialer Unterdrückung von Frauen in der arabischen Welt – und darüber hinaus. Sie schöpft dabei aus ihrer eigenen Erfahrung und ihrem Wissen als Ärztin. El Saadawi behandelte in ihrer Praxis in Kairo, aber auch im ländlichen Raum, viele, meist junge Frauen, die an den Folgen der weiblichen Genitalverstümmelung litten. Im Alter von sechs Jahren war sie selbst beschnitten worden. In „The Hidden Face of Eve“, das erstmals 1977 veröffentlicht wurde, beschreibt sie diesen für sie lebensverändernden Moment, als ihre Genitalien auf einem kalten Badezimmerboden verstümmelt wurden, während ihre Mutter zusah. Als ihr Buch erschien, wurde noch die große Mehrheit der Mädchen diesem brutalen Ritual unterzogen. Erst seit 2008 ist die Genitalverstümmlung in Ägypten offiziell verboten.

In „Die Frau und Sex“ analysiert El Saadawi die komplexen Beziehungen zwischen Sexualität, Religion und Machtstrukturen innerhalb der ägyptischen Gesellschaft, um die patriarchalen Normen anzufechten, die dazu dienten, weibliche Sexualität zu kontrollieren. Sie vermittelt Grundlagenwissen, erklärt, was ein Jungfernhäutchen ist und warum nicht jede Frau beim ersten Geschlechtsverkehr blutet und wie Frauen zum Orgasmus kommen.

Nawal El Saadawi: „Die Frau und Sex“. Gamila Verlag, Basel 2025. 236 S., br., 25,– €.

Es ist kein Wunder, dass ihr Buch nach Erscheinen in Ägypten zensiert wurde. El Saadawi verlor in der Folge auch ihren Beamtenposten im Gesundheitsministerium. Sie ließ sich dreimal scheiden und sorgte mit über 50 Sachbüchern und Romanen über Sexualität, Religion und Ungleichheit im islamischen Erbrecht in Ägypten immer wieder für Kontroversen. Sie machten sie zu einer weltweiten Ikone für den Kampf gegen Unterdrückung; ihre Werke wurden in über 40 Sprachen übersetzt. 1981 wurde sie unter Präsident Anwar al-Sadat inhaftiert. Obwohl es ihr als politischer Gefangener verboten war zu schreiben, verfasste sie, teilweise mit einem Kajalstift auf Toilettenpapier, ihren Roman „Ich spucke auf euch. Bericht einer Frau am Punkt Null“. Immer wieder erlebte El Saadawi massive Anfeindungen, vor allem aus dem konservativen und islamistischen Lager. Mehrfach wurde sie angeklagt, wegen ihres Theaterstücks „God Resigns at the Summit Meeting“ wollte man ihr in den Neunzigerjahren die Staatsbürgerschaft entziehen, und ihr Name kursierte auf Todeslisten islamistischer Eiferer. Daraufhin ging sie für drei Jahre ins Exil in die USA. 2002 wurde sie wegen Apostasie, des Abfalls vom Glauben, angeklagt und sollte zwangsweise von ihrem Mann geschieden werden.

Einigen Passagen merkt man ihr Alter an, denn natürlich hat sich die ägyptische Gesellschaft in den vergangenen 50 Jahren weiterentwickelt. Die Stellung der Frau hat sich – auch gesetzlich – in einigen Dingen verbessert. Aus heutiger Sicht gar problematisch lesen sich El Saadawis Ausführungen zur Homosexualität, die sie als „Störung“ beschreibt und als psychologische und sexuelle Verirrung betrachtet. Gleichzeitig wurde sie im Alter von einer jüngeren Generation wiederentdeckt, der sie als Vorbild galt. Als 2011 in Ägypten die Revolution ausbrach, verbrachte sie jeden Tag, umringt von jungen Menschen, auf dem Tahrir-Platz, um gegen das Mubarak-Regime zu demonstrieren. Eine Befreiungsbewegung konnte für sie nur erfolgreich sein, wenn Gleichheit und Gerechtigkeit für alle Menschen, unabhängig von ihrer Hautfarbe, ihrem Geschlecht oder ihrer sozialen Klasse erreicht würden. Damit nahm sie das, was seit den Achtzigerjahren unter dem Begriff Intersektionalität bekannt ist, schon voraus. AMIRA EL AHL

© Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt. Alle Rechte vorbehalten. Zur Verfügung gestellt vom Frankfurter Allgemeine ARCHIV