



X-RAY

Die Macht des Röntgenblicks

Essays und Quellentexte

(Vorabauswahl aus dem Katalogbuch, erscheint am 18. März 2026 im Verlag Sandstein Kultur, Dresden)

Ernst Peter Fischer

Romantisierendes Röntgenlicht

Wer im 21. Jahrhundert „zum Röntgen“ geht, wie man sagt, meint damit keinen Besuch bei dem aus Lennep stammenden Physiker und Hochschullehrer Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923), der im Dezember 1895 bei seinen Experimenten in der Universität Würzburg auf „eine neue Art von Strahlen“ gestoßen war, deren Energie und Effekte ihm äußerst wichtig erschienen, wie er sogleich spürte und was sich als zutreffend herausstellen sollte.¹ Wer im 21. Jahrhundert „zum Röntgen“ geht, meint damit den medizinischen Einsatz des unsichtbaren und damit geheimnisvollen Lichts, dessen aufregende Eigenschaft es erlaubt, die Knochen eines Körpers unter seiner Haut zu fotografieren. Röntgen selbst sprach von „dunklen Schattenbildern“, die er als Hobbyfotograf wie andere Aufnahmen festzuhalten versuchte.² Auf entsprechenden Röntgenbildern konnte man bald Brüche oder Fehlbildungen erkennen, was dem ästhetischen Reiz der Schatten eine diagnostische Dimension gab und sie bald unentbehrlich machte. Moderne Zahnarztpraxen bieten Untersuchungen von Gebissen auf der Suche nach faulen Stellen an und im Anschluss an eine Knieoperation wird mithilfe der Röntgentechnik nachgeschaut, ob der Eingriff gut verlaufen und das Gelenk einsatzfähig ist. Es ist keine Frage, dass die Röntgenstrahlen, die ihr Entdecker anfangs als X-Strahlen vorstellte, was sich im Angelsächsischen bis heute in der Bezeichnung „X-Rays“ gehalten hat, viel „zum Nutzen der Menschheit“ beigetragen haben, wobei die zuletzt zitierten Worte auf Alfred Nobel (1833–1896) zurückgehen, der in demselben Jahr, in dem Röntgen die neuartigen Strahlen auffielen, das Testament gemacht hat, das der Menschheit und der Wissenschaft die begehrten Nobelpreise geschenkt hat. Die Auszeichnung wurde nach dem Klären familiärer Streitigkeiten erstmals 1901 vergeben und die Wahl konnte nur auf Wilhelm Conrad Röntgen fallen, dessen Name im Laufe der Zeit zu einem Tätigkeitswort geworden ist, was

¹ Vgl. Albrecht Fölsing, *Wilhelm Conrad Röntgen. Aufbruch ins Innere der Materie*, München 1995.

² Vera Dünkel, *Röntgenblick und Schattenbild. Genese und Ästhetik einer neuen Art von Bildern*, Berlin 2016.



höchst selten passiert und für eine:n Forscher:in wahrscheinlich die höchste Anerkennung darstellt.

Beim Blick auf die Geschichte der Naturwissenschaft fällt auf, wie schnell die Gemeinde der Forschenden auf Röntgens neue Strahlen reagiert hat. Der Physiker kündigte seine Entdeckung in einer „vorläufigen Mitteilung“ an, die er am 28. Dezember 1895 dem Sekretär der Physikalisch-Medicinischen Gesellschaft zu Würzburg übergab, und sein Text wurde sogleich in den Sitzungsberichten gedruckt. So konnte Röntgen Anfang Januar 1896 Separatdrucke an Kollegen in ganz Europa verschicken, mit der Folge, dass noch im selben Monat die Physikalische Gesellschaft zu Berlin erste Fotografien mit Röntgenstrahlen ausstellte, die damals überall X-Strahlen hießen. Zahlreiche Zeitungen berichteten in Europa und den Vereinigten Staaten über Röntgens großen Erfolg. Ebenfalls noch im Januar 1896 entstanden in mehreren europäischen Städten erste medizinisch relevante Röntgenaufnahmen und schon im Februar 1896 gelang es mit der neuen Methode das Bild eines lebenden Herzens aufzunehmen. Bereits im Juni desselben Jahres bekam man erste Ganzkörperaufnahmen mit Röntgenstrahlen zu sehen, die aus Einzelbildern zusammengesetzt waren, und weil es in diesem Tempo weiterging und allein 1896 mehr als 1.000 Essays und zahlreiche Bücher zu den Röntgenstrahlen publiziert wurden, musste man in Stockholm zu Beginn des 20. Jahrhunderts den ersten Nobelpreis für die Wissenschaft an Röntgen vergeben. Er erhielt die heute so begehrte Auszeichnung für die Physik, wobei anzumerken ist, dass der gefeierte Gelehrte das Preisgeld seiner Universität zur Finanzierung weiterer Forschungen zur Verfügung gestellt hat, weil er nicht als Person von wissenschaftlichen Fortschritten profitieren wollte, sondern seine Arbeit der Menschheit allgemein dienen sollte.

Röntgen war nicht der erste, der in seinem Würzburger Laboratorium untersucht hatte, was passiert, wenn energiereiche Elektronen in Röhren zu einem Strahl gebündelt und mit ihrer geballten Ladung auf Materie – zum Beispiel in Form einer Metallplatte – gelenkt werden, wo sie nach dem Auftreffen abgebremst werden. Wenn Elektronen in einen Festkörper eindringen, entstehen bei diesem Vorgang elektromagnetische Strahlen, wie Röntgen eher zufällig entdeckte, dann aber genauer betrachtete und mutig verkündete. Historisch ist anzumerken, dass die Physik im späten 19. Jahrhundert der Wirkung von Elektronen insgesamt noch ratlos gegenüberstand und keine Theorie verfügbar war, um das Zustandekommen der heute in modernen Röntgenröhren genutzten „Bremsstrahlung“ erklären zu können.³ Röntgens Zeitgenossen hätten zudem nicht erklären können, dass das energiereiche Licht auch auf alternativen Wegen generiert werden konnte, wie in modernen Physikbüchern nachzulesen ist, die anders als Röntgen auf eine Quantenelektrodynamik zurückgreifen können. Diese knifflige Situation macht seine Antwort auf die Frage eines Reporters verständlich, „Was dachten Sie, als Sie die Strahlen bemerkten?“ „Ich dachte nicht, ich untersuchte“, meinte der Nobelpreisträger, dem der Aphorismus von Erich Kästner gefallen hätte, „Es gibt

³ Vgl. Naima Mohamood (Hrsg.), *What in the World Are X-Rays?*, Edmonton 2021.



nichts Gutes, außer man tut es“, worunter für Röntgen die Aufgabe fiel, die Energien der neuen Strahlung zu bestimmen und zu bemerken, dass sie die Haut eines Menschen durchdringen, den darunter liegenden Knochen ihre Unsichtbarkeit nehmen und den Augen zugänglich machen können, was Künstlerkreise als Schattenbilder feierten, um einer wissenschaftlichen Entdeckung einen ästhetischen Reiz zu geben.

So sachlich es heutzutage in den Kliniken zugeht, wenn dort elegant konstruierte Röntgenröhren auf einfachen Knopfdruck einer dichten Materie mit ihren vielen Atomen die erwünschten Strahlen entlocken und dank der dabei produzierten Röntgenbilder diagnostische Blicke in einen menschlichen Körper gewähren, so dramatisch lässt sich das physikalische Geschehen beschreiben, wenn man über die medizinischen Aspekte und naturwissenschaftlichen Details hinaus schaut und die Durchleuchtung der Körper als kulturelles Ereignis ins Auge fasst. Die Möglichkeit, einen Blick in das Innere vieler Dinge zu werfen,⁴ begeisterte die Menschen am Ende des 19. Jahrhunderts, in dessen Verlauf sich das vollzogen hatte, was Historiker als „die Verwandlung der Welt“ bezeichnen, die sich mit wenigen Stichworten charakterisieren lässt.⁵ Damals war das statistische Denken aufgekommen, die Welt konnte in ein Nachrichtendorf und die Gesundheit in eine technische Größe verwandelt werden. Soziologen stellten „Wissenschaft als Beruf“ vor, was zu einer „Entzauberung der Welt“ führte, in der alles berechenbar erschien. Die Öffentlichkeit sah in dieser Entwicklung etwas Positives, denn im Januar 1900 stand in den Zeitungen zu lesen: „Die Erkenntnis hat eine Stufe erreicht und die Nutzbarmachung der Naturkräfte ist zu einem Grad gediehen, wie nie zuvor. Wir haben bedeutungsvolle Schritte getan dem Ziel der Menschheit entgegen. Dieses Ziel heißt: Beherrschung der Natur und Herstellung des Reiches der Gerechtigkeit. Der Erfolg der Vergangenheit bürgt für den Erfolg der Zukunft“.⁶ So kam die Welt vielen Menschen trotz soziologischer Bedenken wissenschaftlich-technisch angenehm verzaubert vor und man erwartete im kommenden Jahrhundert weitere Fortschritte.

Aus dem skizzierten spirituellen Geist heraus feierten die Menschen die Einführung des Nobelpreises, mit dem sie die Hoffnung auf weitere Verbesserungen des Lebens verbanden, ohne sich durch die Mahnung von Wilhelm Busch (1832–1908), des Schöpfers von „Max und Moritz“, stören zu lassen, der im 19. Jahrhundert gewarnt hatte, „Erstens kommt es anders, und zweitens als man denkt“. Der dichtende Zeichner Busch glaubte nicht, dass die seit dem 18. Jahrhundert verkündete Idee der Aufklärung in der Lage sein würde, die Welt immer klarer zu verstehen und zu beherrschen. Wer eine vernünftige Frage über die Natur stellte und darauf eine vernünftige Antwort geben konnte, sollte sich auskennen, so lautete das Credo der Aufklärer, das zum Beispiel einem ihrer großen Vertreter, dem Königsberger Philosophen Immanuel Kant, die ihn befriedigende Hoffnung verschaffte,

⁴ Vgl. Jean Paul Schutzen, *Inside In. X-Rays of Nature's Hidden World*, Vancouver 2017.

⁵ Vgl. Jürgen Osterhammel, *Die Verwandlung der Welt. Eine Geschichte des 19. Jahrhunderts*, München 2009.

⁶ Zitiert nach: Franz Herre, *Jahrhundertwende 1900*, Stuttgart 1998.



wissenschaftliche Disziplinen wie die Sternkunde könnten zu einem wohlgefälligen Abschluss kommen und für ein endgültiges Verständnis des Kosmos sorgen. Doch dann trat die bereits angesprochene unerwartete „Verwandlung der Welt“ ein, denn nach und nach traten Menschen auf, die diese gradlinige Vorstellung ablehnten, um zu Röntgens Lebzeiten einem neuen Denken Platz zu machen, das jetzt zu erläutern ist.

Gemeint ist das Verwerfen der Idee, wissenschaftliche Aufklärung könne der Welt jedes Geheimnis nehmen. Im Verlauf des 19. Jahrhunderts hielt man es sogar für möglich, dass es Fragen gab – zum Beispiel die nach dem rechten Handeln und den damit verbundenen moralischen Entscheidungen –, auf die sich wissenschaftlich überhaupt keine Antworten geben ließen – weder subjektive noch objektive, weder empirische noch apriorische. Die Wertvorstellungen, von denen Personen ihr Tun leiten lassen – so die Gegenansicht zur Aufklärung –, finden sich nicht als Tatbestände in einer vorgegebenen materiellen Natur. Sie entstammen vielmehr den kreativen Entschlüssen von Individuen und mit deren Vorgehen wird sittliches Verhalten zu einem schöpferischen Prozess und Leben im Modell der Kunst möglich, wie als Überzeugung in den Reihen der Antipoden der Aufklärung verkündet wurde. Sie brachten einen kulturellen Gegenentwurf hervor, wie bald unter dem Begriff der Romantik erörtert wurde, der im Laufe der Geschichte viele Bedeutungen bekommen hat.⁷ In Kreisen, die sich von der Naturwissenschaft fernhalten, wird „Romantik“ bevorzugt als himmelblauer Klingklang angesprochen, wie es der Literaturwissenschaftler Peter von Matt einmal ausgedrückt hat, um das Oberflächliche dieser Sicht zu kritisieren, die es hier im Röntgenlicht zu durchschauen gilt.

Wer unvermittelt den Begriff Romantik hört, wird an die Musik oder Kunstwerke aus dieser Epoche um 1800 denken – repräsentiert etwa durch Komponisten wie Franz Schubert (1797–1828) oder Maler wie Caspar David Friedrich (1774–1849) –, aber es gilt an die Philosophie der Romantik zu erinnern, die ein Gesetz der Polarität formuliert hat, um sich aus der einseitigen Enge der Aufklärung zu befreien. Man wollte dem Tag die Nacht und dem Licht den Schatten an die Seite stellen, bemühte sich, das Denken durch das Träumen zu bereichern, machte sich daran, den Mann auf eine Stufe mit der Frau zu stellen und beide gleichberechtigt agieren zu sehen, hielt es für angebracht, das Private so ernst zu nehmen wie das Öffentliche und meinte, die bewussten Auskünfte durch unbewusste Vorgaben und das Äußere durch das Innere ergänzen zu sollen. In der Zeit der Romantik – gemeint sind die Jahrzehnte um 1800 – kamen mit dieser Idee einer polaren Grundordnung Physiker auf die Idee, dass es neben dem sichtbaren Licht auch unsichtbare Strahlen geben müsse, was sie zu einer gezielten Suche veranlasste, die fündig wurde in Form dessen, was moderne Lehrbücher als „Infrarot“ und „Ultraviolett“ bezeichnen. Damit ist die Romantik bei der Physik angekommen und der Aufsatz kann sich wieder den Röntgenstrahlen zuwenden, die ebenfalls unsichtbares Licht sind und über die auffällige Eigenschaft verfügen, die sichtbare Außenwelt wörtlich zu durchschauen,

⁷ Vgl. Isaiah Berlin, *Die Wurzeln der Romantik*, Berlin 2004.



um einer darunter liegenden und dem Auge nicht zugedachten inneren Welt eine erstaunliche Anschaulichkeit zu verschaffen, die als Schattenbilder das romantische Herz erfreuen. Außen und innen tauschen im Röntgenlicht ihre Rollen, was sie mehr oder weniger äquivalent macht, wie es Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832) in einem Gedicht von 1827 ausdrückt – wobei man sich nicht daran stören sollte, dass der große deutsche Dichter das Romantische einmal als das Kranke verspottet hat. Goethe hat seine Verse als „Epirrhema“ bezeichnet, womit im antiken Theater die Worte gemeint waren, mit der ein Chor ein Geschehen kommentierte. Goethes Stimme erklärt die Fortschritte der Wissenschaft in seiner Zeit, indem er verkündet: „Müssen im Naturbetrachten / Immer eins wie alles achten. / Nichts ist drinnen, nichts ist draußen, / denn was innen, das ist außen. / So ergreift ohne Säumnis / Heilig öffentlich Geheimnis.“

In diesem essayistischen Rahmen können Goethes poetische Zeilen nicht weiter gedeutet werden. Mit ihnen soll aber erkenntlich gemacht werden, warum man Röntgenstrahlen bei allen physikalischen Raffinessen, technischen Details und kommerziellen Angeboten mit dem eher ästhetischen Attribut romantisch versehen kann, wie es die Überschrift dieses Textes riskiert hat. Ein direkter Weg zu diesem vornehmlich kulturellen Begriff öffnet sich, wenn man an die Forderung des Dichters Novalis (1772–1801) erinnert, der die Welt romantisieren wollte und er meinte damit das Erfüllen der folgenden Aufgaben: Man gebe dem Bekannten die Würde des Unbekannten, man mache etwas Gewöhnliches geheimnisvoll, man füge dem Endlichen einen unendlichen Schein hinzu und erlaube dem Gemeinen einen hohen Sinn zu bekommen.⁸

Die erste Forderung wird durch Röntgens Experiment selbst erfüllt, der einem Metall mit einem ihm bekannten Elektronenstrom eine neue – ihm also unbekannte – Strahlung entlockt. Die zweite Forderung lässt sich allgemein bei dem Versuch befriedigen, Licht – auch Röntgenlicht – zu verstehen. Die Physik deutete das Leuchten von Lampen im 19. Jahrhundert als Bewegung einer Welle, bis sich herausstellte, dass vor allem die harte Röntgenstrahlung mit ihren hohen Energien mehr Teilchencharakter hat und Stöße ausführen kann. Indem sich das Licht so der romantischen Idee der Polarität fügt, zeigt sich zugleich, dass sein gewohntes – gewöhnliches – Auftreten ein Geheimnis geworden ist, denn wenn etwas Welle und Teilchen zugleich sein kann, kann der Common Sense nicht mehr sagen, was es wirklich ist. Die dritte Forderung als Schritt vom Endlichen zum Unendlichen kann hier nur durch den Hinweis angesprochen werden, dass das physikalische Verstehen von Röntgenlicht als Bremsstrahlung erst im Rahmen einer Theorie gelingt, die als Quantenelektrodynamik nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelt werden konnte und den Verlauf von Lichtwegen dadurch zu berechnen versteht, dass sie der sich ausbreitenden elektromagnetischen Energie sämtliche Wege erlaubt, die sie finden kann, was unendlich viele sind, von denen durch geeignete Interferenzen nur die übrig bleiben, die sich den Beobachter:innen zu erkennen geben. Die vierte Forderung von Novalis verlangt, dass man mit Handlungen, die

⁸ Vgl. Gerhard Schulz (Hrsg.), **Novalis. Werke**, 5. Aufl., München 2013, S. 384 f.



allgemein lernbar und in diesem Sinne gemein sind, etwas Sinnvolles erreichen kann, was mit den Röntgenstrahlen eben als diagnostische Durchleuchtung von Knien und Gebissen ausgiebig angewendet wird, wie schon gesagt worden ist und vielen vertraut erscheint.

Mit diesen Hinweisen zeigt sich, dass X-Rays in der Tat etwas Romantisches an sich haben, und es scheint, dass mit diesem Zusammenhang und seiner kulturellen Einordnung zu verstehen ist, warum zum einen die Wissenschaft unmittelbar auf Röntgens neue Strahlen reagiert und sie in kürzester Zeit angewendet hat und warum ihr Licht zum zweiten in den Räumen der Kunst begrüßt worden ist und Röntgenbilder der artistischen Art hervorgebracht hat.

Ein erstes fotografisches Kunstwerk hat Röntgen selbst geschaffen, als er eine Aufnahme der Hand seiner Frau Anna Bertha mit ihrem Ehering anfertigte, was einen Fragen lässt, ob die Welt außerhalb der Laboratorien ohne diesen ästhetischen Einfall des Physikers ähnlich viel Aufmerksamkeit für die Strahlen und ihre neuen Bildern entwickelt hätte. Röntgens Aufnahme der Hand mit dem Ring an einem Finger hat rasch viele Nachahmer gefunden, zum Beispiel das 1898 entstandene Bild des Handgelenks der russischen Zarin Alexandra, das neben den schmalen Fingerknochen einen dicken Ring und zwei Armbänder am adligen Handgelenk erkennen lässt.⁹ Als diese Kunstwerke statt mit Pinseln auf Leinwände gemalt zu werden mit Röntgenröhren und den von ihnen ausgelösten Strahlen auf empfindliche Filmen gebannt wurden, dämmerte es den Physiker:innen um die Jahrhundertwende, dass es nicht nur ein wenig unsichtbares Licht gibt, wie ihre romantischen Vorgänger:innen erstmals gedacht hatten, sondern dass es mehr unsichtbares als sichtbares Licht gibt, was in künstlerischen und literarischen Kreisen für ein Umdenken sorgte. Mit den wissenschaftlichen Entdeckungen ließ sich nämlich der Schluss nicht mehr vermeiden, dass die Welt anders sein musste, als sie aussieht, was zu der kreativen Notwendigkeit führte, dass jemand, der die Welt so zeigen – malerisch darstellen – wollte, wie sie ist, sie nicht so präsentieren durfte, wie sie dem Auge erscheint. Wer die Welt zeigen wollte, wie sie ist, musste es mit Picasso (1881–1973) halten, der in den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts verkündete: „Ich male nicht, was ich sehe; ich male, was ich denke.“ Picassos Zeitgenosse Albert Einstein (1879–1955) war zu vergleichbaren Ansichten gekommen, was das kreative Schaffen von Menschen angeht, indem er erklärte, dass wissenschaftliche Theorien freie Erfindungen eines menschlichen Geistes sind.¹⁰ Die moderne Physik, die in den Grundzügen seit den 1920er Jahren entwickelt werden konnte, kam dadurch voran, dass sie den Gedanken aufgriff, der aus der Kunst stammte und besagte, dass Augen ein Netzwerk im Dunkel auswerfen, um eine dem Menschen fassbare Welt durch den Menschen selbst entstehen zu lassen und man hat den Eindruck, dass die Schattenbilder des Röntgenblicks dabei entscheidend geholfen haben.

Es gilt abschließend, die Anfänge der Geschichte von Röntgens Entdeckung hinter sich zu lassen und auf spätere Entwicklungen zu verweisen, zu denen die

⁹ Vgl. Dünkler, *Röntgenblick und Schattenbild*.

¹⁰ Vgl. Ernst Peter Fischer, *Einstein trifft Picasso und geht mit ihm ins Kino*, München 2005.



Röntgenastronomie ebenso gehört wie Kristallstrukturanalysen und Materialuntersuchungen mit Hilfe von Durchstrahlprüfungen, wie sie der Autor dieser Zeilen in seiner Studentenzeit selbst vornehmen konnte.¹¹ Er hat damals in den Semesterferien etwas Geld dadurch verdienen können, dass er Schweißnähte von Blechen, Rohren und anderen Bauteilen zerstörungsfrei auf Risse oder Poren zu untersuchen hatte (was oftmals schnell gehen musste, wenn im Akkord gearbeitet wurde). Er konnte sich klarmachen, wie Röntgenstrahlen durch Fehlstellen verändert werden und das untersuchte Material – zum Beispiel Stahl oder Leichtmetall – unterschiedlich durchdringen. Als er mit dieser Werkstoffprüfung beschäftigt war, lernte der Student auch, dass es dem Physiker Max von Laue (1879–1960) und einigen Kollegen erst 1912 gelungen war, den experimentellen Beweis für die elektromagnetische Natur der Röntgenstrahlen zu liefern, was von der Forschung sogleich benutzt wurde, um ihre Beugung an Kristallen zu studieren. Daraus hat sich nach und nach die Kristallstrukturanalyse entwickelt,¹² bei der die X-Rays die Verteilung von Elektronen in einer Elementarzelle auszumachen erlauben, was sich im Bereich der Molekularbiologie als extrem wertvoll erwiesen hat. Wie sich herausstellte, lassen sie Makromoleküle aus Zellen erst reinigen und kristallisieren, bevor sie anschließend mittels Röntgenbeugung und Gitteranalysen untersucht werden, um der Struktur der ausgewählten Moleküle auf die Spur kommen zu können. Erst haben sich die Kristallografen Proteine wie den roten Blutfarbstoff Hämoglobin vorgenommen und in den frühen 1950er Jahren konnten sie auch Gen-Kristalle ins Auge fassen, was der Menschheit 1953 die berühmte Doppelhelix aus DNA bescherte, die von dem Duo aus Francis Crick (1916–2004) und James D. Watson (geb. 1928) vorgeschlagen und von ihnen durch den Ruf gefeiert wurde, „Wir haben das Geheimnis des Lebens gelüftet.“¹³

In denselben Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg fingen die Himmelsforscher:innen an, mit den Röntgenstrahlen in kosmische Weiten zu blicken, was nur mit Forschungsraketen und Satelliten möglich ist, da die Erdatmosphäre keine X-Rays durchlässt. Doch inzwischen können die Menschen Röntgenastronomie bestens betreiben¹⁴ – auch mit besonderen Röntgenteleskopen¹⁵ – und als die Wissenschaft den Himmel in diesem Bereich durchmusterte, zeigten sich ihr viele Röntgendoppelsterne, die aus einem kompakten Stern und seinem Begleiter bestehen und ein charakteristisches Licht aussenden.¹⁶ Das massige Objekt kann dabei ein Schwarzes Loch, ein Weißer Zwerg oder ein Neutronenstern sein und vermutlich hat das expandierende Weltall noch mehr Überraschungen auf Lager.

¹¹ Vgl. Artikel „Durchstrahlungsprüfung“ bei Wikipedia und Richard Glocker, **Materialprüfung mit Röntgenstrahlen unter besonderer Berücksichtigung der Röntgenmetallkunde**, Heidelberg 1958.

¹² Vgl. Werner Massa, **Kristallstrukturbestimmung**, 7. Aufl., Wiesbaden 2011.

¹³ Zitiert nach: James D. Watson, **Die Doppelhelix**, Reinbek bei Hamburg 1968.

¹⁴ Keith Amaud, Randall Smith, Aneta Siemiginowska (Hrsg.), **Handbook of X-Ray-Astronomy**, Cambridge 2011.

¹⁵ Vgl. Thomas Zaunschirm, **Bilder der Milchstraße: Perspektive und Dunkle Materie**, Wien 2023.

¹⁶ Vgl. Artikel „Röntgendoppelstern“ bei Wikipedia.



Es ist offensichtlich: Mit den Röntgenstrahlen kann eine unendliche Geschichte erzählt werden, die Knochenbrüche ebenso gut erkennen lässt wie Defekte im Inneren von Bauteilen oder Übermalungen von Kunstwerken, wodurch nicht zuletzt Fälschungen in Gemäldegalerien entlarvt werden können.¹⁷ Bei allem Nutzen für die Menschheit erweisen sich Röntgenstrahlen allerdings auch als gefährlich und sie stellen Risiken für die Gesundheit etwa dadurch dar, dass sie im Erbmaterial einer Zelle Mutationen bewirken können, die Tumorbildungen und Krebsgeschwüre zur Folge haben können. Umgekehrt können Röntgenstrahlen auch eingesetzt werden, um zum Beispiel Hauttumore so zu behandeln wie es früher mit der Tuberkulose gemacht wurde. Wer sich erkundigt, wie die Zukunft des Einsatzes von X-Rays aussieht, wird von einer Vielfalt neuer Methoden und Ideen hören, wobei gerne an die tragbaren Röntgenröhren erinnert wird, um deren Entwicklung und Einsatz sich Marie Curie (1867–1934) bereits im Ersten Weltkrieg bemüht hat.¹⁸ Röntgenanalysen sollen sicherer und effektiver werden. Die Menschen werden von ihnen nicht lassen und nach weiteren Anwendungen suchen, während sie an den alten festhalten. Röntgenstrahlen setzen seit ihrer Entdeckung die Fantasie in Gang und geben der Welt als neues Licht die Offenheit, nach der alle Kreaturen mit ihren Augen suchen.¹⁹ Menschen lieben dieses Erweitern ihrer Wahrnehmung²⁰ und sie folgen der Spur des Röntgenlichts, die der Welt erlaubt, ihr Geheimnis zu bewahren.

¹⁷ Andreas Beck, *Original – Fälschung? Bildgebende Verfahren bei der Diagnostik von Kunstwerken*, Konstanz 1990.

¹⁸ Vgl. Eve Curie, *Madame Curie. Ihr Leben und Wirken*, Berlin 1938.

¹⁹ Vgl. Thomas Zaunschirm, *X-Ray Art III. Röntgenkunst Katalog II*, Wien 2022.

²⁰ Vgl. Werner Schuster, *X-Ray. Art Photography*, München 2012.



Thomas Zaunschirm – Lokomotorik 1895

1.

Um 1900 endet die Epoche der Neuzeit, die mit der Renaissance begonnen hat, als man damals „die Welt und den Menschen“ entdeckt, wie Jakob Burckhardts Motto in seinem Hauptwerk **Die Kultur der Renaissance in Italien** (1860) lautete. Der Blick auf die Wirklichkeit ist im Mittelalter noch ein anderer gewesen. Das Individuum und – mithilfe der Perspektive – die Landschaft wurden nun sichtbar. Mit Paul Cézanne (1839–1906), der seine erste Einzelausstellung in der Pariser Galerie Ambroise Vollard 1895 hatte, endete wiederum diese Perspektive.²¹

Leonardo da Vinci (1452–1519) und die anderen Meister seiner Zeit strebten nach der Wiedergabe des Sichtbaren. Wie die Ausstellung **Moderne Körper** in der Galerie dell'Accademia in Venedig (4. April–27. Juli 2025) wieder deutlich machte, stand im Zentrum die Erforschung des **corpo svelato**, des „unverhüllten Körpers“ durch anatomische Studien und medizinische Erkenntnisse. Der Blick in das Innere des Körpers suchte nicht das Unsichtbare, sondern seine Konstruktion, wie eine Zeichnung von Leonardo erläutert. (Abb.1)



Abb.1

²¹ Vgl. Fritz Novotny, **Cézanne und das Ende der wissenschaftlichen Perspektive**, 1938, Wiederabdruck in: Gabriel Ramin Schor (Hrsg.), **Fritz Novotny. Paul Cézanne – Gesammelte Schriften zu seinem Werk und Materialien aus dem Nachlass**, Wien 2011.



Die fünf Studien einer rechten Hand geben Knochen und Muskeln wieder. Daneben füllen kleinere Zeichnungen und Anmerkungen das Blatt. Leonardo demonstriert die Struktur der Hand und baut sie stufenweise auf. Er beginnt links unten mit den Knochen, fügt dann die tiefen Muskeln der Handfläche und des Handgelenks rechts unten dazu, links oben die erste Schicht der Flexor-Tendons und die zweite Schicht der Sehnen rechts oben. Der Blick in das Innere hat als Ziel den Aufbau der äußeren Form.

Der Antrieb, das Unbekannte zu erforschen, setzte um 1900 wieder am Menschen an – aber in umgekehrter Richtung, von außen nach innen, um das Unsichtbare sichtbar zu machen. 1895 schufen Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) und Sigmund Freud (1856–1939) dafür die Grundlagen. Röntgen blickte mithilfe der X-Strahlen unter die Oberfläche des Körpers, Freud begann gleichzeitig die Psychoanalyse zu entwickeln, um das Seelische zu verstehen.



Abb.2



Abb.3



Abb.4

Als Wilhelm Conrad Röntgen am 22. Dezember 1895 die Handknochen seiner Frau mit dem Ehering durchleuchtete (Abb.2), soll sie ausgerufen haben: „Ich habe meinen Tod gesehen.“ Thomas Mann griff dieses Motiv 1924 in seinem **Zauberberg** auf. Der Titelheld „Hans Castorp sah, was zu sehen er hatte erwarten müssen, was aber eigentlich dem Menschen zu sehen nicht bestimmt ist, und wovon auch er niemals gedacht hatte, daß ihm bestimmt sein könne, es zu sehen: er sah in sein eigenes Grab. Das spätere Geschäft der Verwesung sah er vorweggenommen durch die Kraft des Lichtes, das Fleisch, worin er wandelte, zersetzt, vertilgt, zu nichtigem Nebel gelöst, und darin das kleinlich gedrechselte Skelett seiner rechten



Hand, um deren oberes Ringfingerglied sein Siegelring...“²² Obwohl Mann meisterhaft den Vorgang des Durchleuchtens im Labor beschreibt, nennt er nie den Namen Röntgen.

Die meisten Radiologen begannen ihre Tätigkeit mit Aufnahmen von Händen. Sogar ein von Piano-Musik begleitetes Couplet über die „X-Strahlen“ erschien im Folgejahr der Entdeckung in Amsterdam mit dem gleichen Motiv. (Abb.3) Das auf dem Titel abgebildete Röntgenbild einer Hand mit Ring war im Januar 1896 in Hamburg aufgenommen worden.

Der britische Elektroingenieur Alan A.C. Swinton (1863–1930) publizierte am 23. Januar 1896 sein erstes fotografisches Röntgenbild in der Fachzeitschrift **Nature**. In einer 2011 versteigerten Kiste aus dem Nachlass von Henry Currie Marillier (1865–1951), einem Freund von Oscar Wilde, befand sich auch eine Aufnahme der durch Swinton (vier Minuten lang) durchleuchteten Hand von Marillier (Abb.4) – eines der ersten in Großbritannien produzierten Röntgenbilder.²³

Nicht jeder träumte davon, hinter die Oberfläche blicken zu können. Oscar Wilde (1854–1900) war der bekannteste Vertreter einer Oberflächen-Ästhetik. In seinem 1891 erschienenen berühmt gewordenen Roman **Das Bildnis des Dorian Gray** bleibt das Antlitz des Titelhelden von den Wirrnissen der Zeit unberührt. Wildes witzig-apophoristische Sicht wurde als Provokation empfunden. „Für mich ist Schönheit das Wunder der Wunder. Nur einfältige Menschen urteilen nicht nach dem Äußeren. Das wahre Geheimnis der Welt ist das Sichtbare, nicht das Unsichtbare...“²⁴ Bereits im Vorwort schreibt er dezidiert: „Wer unter die Oberfläche dringt, tut dies auf eigene Gefahr.“²⁵

Während der Jüngling Dorian seine Schönheit unbeschadet bewahrt, altert sein Porträt. Es ist der zeitliche Ablauf, der sich hinter der Oberfläche des Lebens im Gemälde abspielt. Als Dorian dem Maler schließlich dessen gealtertes Bild zeigt, offenbart sich diesem der Schrecken vor der mit der Zeit verwüsteten Seele: „Ein Ausruf des Grauens entfuhr den Lippen des Malers, als er im matten Lichtschein das gräßliche Gesicht erblickte, das ihn von der Leinwand herunter angrinste. In seinem Ausdruck war etwas, das ihn mit Abscheu und Ekel erfüllte.“²⁶ Wenige Jahre nach der Publikation, 1895, wird Oscar Wilde, der Herold der Oberfläche, zu einer Zuchthausstrafe verurteilt.

²² Thomas Mann, **Der Zauberberg**, 17. Aufl., Berlin 2024 [1924], S.304.

²³ Vgl. „Make No Bones About It, These 125-Year-Old X-Rays Are Worth a Fortune, in: **Daily Mail**, 18.2.2011, <https://www.dailymail.co.uk/news/article-1358320/Shadowprints-British-inventor-weeks-Germans-pioneered-X-rays-expected-sell-20-000.html> (letzter Zugriff: 21.7.2025).

²⁴ Oscar Wilde, **Das Bildnis des Dorian Gray**, Stuttgart 2017 [1891], S.36.

²⁵ Ebd., S.6.

²⁶ Ebd., S.224.



Im selben Jahr beginnt Sigmund Freud mit Josef Breuer die Psychoanalyse zu entwickeln.²⁷ Sie ist ein psychodynamisches Therapieverfahren, das sich auf die Erkundung und Interpretation von psychischen Konflikten konzentriert. Ziel ist es, durch die Analyse von unbewussten Prozessen und Mustern, seelische Blockaden zu lösen und zur Persönlichkeitsentwicklung beizutragen.

In einem Aufsatz über Leonardo da Vinci umschreibt Freud seine Sicht auf die Psyche. Diese Studie nannte er im Rückblick einmal „die einzige hübsche Sache“, die er je geschrieben hat.²⁸ „Unser Ziel bleibt der Nachweis des Zusammenhanges zwischen äußeren Erlebnissen und Reaktionen der Person über den Weg der Triebbetätigung.“²⁹ Der „psychische Apparat“ beruhe auf der Polarität vom Ich der Außenwelt und dem Es. „Das Es, von der Außenwelt abgeschnitten, hat seine eigene Wahrnehmungswelt.“³⁰ „Die Macht des Es drückt die eigentliche Lebensabsicht des Einzelwesens aus. Sie besteht darin, seine mitgebrachten Bedürfnisse zu befriedigen... Die Kräfte, die wir hinter den Bedürfnisspannungen des Es annehmen, heißen wir **Triebe**.“³¹ Die zwei Grundtriebe nennt Freud Eros (Libido) und Destruktionstrieb (Todestrieb). Entscheidend ist, dass das Ich als das Äußere des Menschen erscheint und das Es unbewusst, also unbekannt ist und die Analyse versucht, wichtige Aspekte ans Licht zu heben. Die Triebe sind das eigentliche Movers. Ihre Wirkkraft hat Thomas Mann in einem Vortrag dadurch betont, dass er das Ich abwertet. „Was nun das Ich selbst und überhaupt betrifft, so steht es fast rührend, recht eigentlich besorgniserregend damit. Es ist ein kleiner, vorgeschobener, erleuchteter und wachsamer Teil des 'Es' – ungefähr wie Europa eine kleine, aufgeweckte Provinz des weiten Asiens ist... Die Beziehung zur Außenwelt ist nach ihm für das Ich entscheidend geworden, es hat die Aufgabe, sie beim Es zu vertreten – zu dessen Heil!“³² Die Analyse eröffnet das für Störungen und psychische Krankheiten verantwortliche Unbewusste durch Traumdeutung und freie Assoziation. Auf das 1895 erschienene Buch **Psychologie der Massen** von Gustave Le Bon (1841– 1931) wird Freud erst 1921 eingehen.³³

In einem weiteren Artikel von 1895 mit dem umständlichen Titel **Über die Berechtigung, von der Neurasthenie einen bestimmten Symptomkomplex als**

²⁷ Vgl. Josef Breuer, Sigmund Freud, **Studien über Hysterie**, Leipzig u. Wien 1895.

²⁸ Vgl. <https://www.fischerverlage.de/buch/sigmund-freud-eine-kindheitserinnerung-des-leonardo-da-vinci-9783596104574> (letzter Zugriff: 21.7.2025).

²⁹ Sigmund Freud, **Eine Kindheitserinnerung des Leonardo da Vinci**, Frankfurt am Main 1982 [1910], S. 158.

³⁰ Sigmund Freud: **Abriß der Psychoanalyse**, Frankfurt am Main 1953, S. 34.

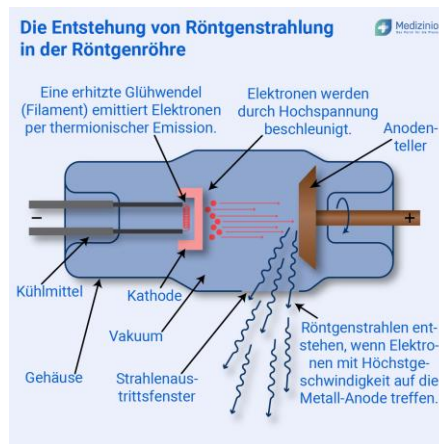
³¹ Sigmund Freud: **Abriß der Psychoanalyse**. 1938. Frankfurt am Main 1953, S. 11.

³² Thomas Mann, **Freud und die Zukunft**, in: Sigmund Freud: **Abriß der Psychoanalyse**, Frankfurt am Main 1953, S. 139.

³³ Vgl. Sigmund Freud, **Massenpsychologie und Ich-Analyse**. 1921, <https://www.projekt-gutenberg.org/freud/massen/chap002.html> (letzter Zugriff: 21.7.2025).



„**Angstneurose' abzutrennen**“,³⁴ behandelte Freud den „lokomotorischen Schwindel“ als eine Form des Angstanfalls. Um schwindelfrei im Auto zu fahren, wird noch heute empfohlen „starke Beschleunigung und starkes Bremsen (zu) vermeiden.“³⁵ „Wenn man Freuds Theorien metaphorisch auf den Begriff der 'Beschleunigung und Abbremsung' anwendet, könnte man sagen, dass starke Triebe und Bedürfnisse zu einer Art innerer Beschleunigung führen können, während das Ich und das Über-Ich diese Beschleunigung regulieren und abbremsen können, um ein Gleichgewicht zu



schaffen.“³⁶
Abb.5

Die gleiche Polarität bildet die Grundlage für die Erzeugung von X-Strahlen. In Röntgens Experiment kommt dem Bremseffekt die entscheidende Rolle zu (Abb.5). Die in der Röntgenröhre von der Kathode ausgehenden, durch eine elektrische Spannung beschleunigten Elektronen erreichen etwa 35 Prozent der Lichtgeschwindigkeit und prallen auf das Anodenmaterial (Keramik oder Metall). Dadurch werden sie abgebremst beziehungsweise abgeleitet. Die aus dieser Geschwindigkeitsänderung geladener Teilchen herrührende elektromagnetische Strahlung nennt man auch Bremsstrahlung. Nur circa ein Prozent der Energie wird dabei in X-Strahlen verwandelt.

Die Polarität von Geschwindigkeit und Abbremsung war ein gesellschaftliches Movens dieser Jahre. 1895 beschloss das neu gegründete Olympische Komitee den

³⁴ Vgl. Sigmund Freud, **Über die Berechtigung, von der Neurasthenie einen bestimmten Symptomkomplex als ‚Angstneurose‘ abzutrennen**, 1895, <https://www.projekt-gutenberg.org/freud/kleine1/Kapitel7.html> (letzter Zugriff: 21.7.2025).

³⁵ Fabian Hoberg, Schwindelfrei im Auto fahren. So bleibst du fit und munter, in: **Mobile.de**, 27.5.2020, <https://www.mobile.de/magazin/artikel/schwindelfrei-im-auto-reisekrankheit-ratgeber-33826?srsId=AfmBOooUa-DXs9jWYtQO3x2fa7slPWotgEjdRTq0y9BGYtQOh4Aq6lWh> (letzter Zugriff: 21.7.2025).

³⁶ Die online angebotene KI-Antwort auf die Frage nach Freud und „Beschleunigung und Abbremsung“.



lateinischen Wahlspruch **Citius, altius, fortius** (deutsch: schneller, höher, weiter).³⁷ Im April 1896 fanden die ersten Olympischen Spiele in Athen statt. Nicht nur im olympischen Motto stand das „Schneller“ im Zentrum. Gleichzeitig fanden die ersten Motorrad-, Auto- und Skirennen statt.

Zahlreiche Erfindungen dienten der Erhöhung und dem Erleben von Geschwindigkeit. Dem US-Amerikaner LaMarcus Adna Thompson (1848–1919) wurde am 20. Januar 1895 eines der ersten Patente für eine Achterbahn erteilt. Insgesamt sammelte er etwa 30 Patente im Zusammenhang mit Achterbahntechnik an. Die erste Achterbahnschleife, entworfen von Lina Beecher (1841–1915), wurde ebenfalls 1895 realisiert. Die Schleife war kreisförmig und hatte einen Durchmesser von fast vier Metern. Sie war Teil der Flip Flap Railway, die auf Coney Island, New York, errichtet wurde. Trotz Sicherheitsbedenken war die Schleife ein Erfolg. (Abb.6)

Die Wagen des Fahrgeschäfts erreichten eine Geschwindigkeit von über 60 Kilometern pro Stunde.



Abb.6

Waren bis dahin Autos auf eisenbeschlagenen Holzrädern holprig unterwegs, wurden Luftreifen erstmals 1895 beim Autorennen Paris–Bordeaux–Paris verwendet. Prompt hatte aber der neuartige Luftreifen eine Panne und bescherte dem zugehörigen Automobil den letzten Platz im Rennen, was auf Dauer den wirtschaftlichen Erfolg des Luftreifens nicht aufhalten konnte. Die höhere Geschwindigkeit konnte noch bei Rädern, nicht aber bei den schwereren Autos mit den herkömmlichen, auf die Reifen drückenden Bremsklötzen bewältigt werden. Hugo Mayer konstruierte 1895 die erste hydraulische Bremse für Fuhrwerke.

Wesentlich komplexer waren die damals konstruierten Bremssysteme von Aufzügen. Bei der kombiniert elektrisch-mechanischen Bremse der Firma Otis

³⁷ Erst 2021 wurde das Motto durch **communiter** (deutsch: gemeinsam) ergänzt.



Elevator von 1896 diente der Elektromagnet als Sicherheitseinrichtung und wurde nur dann aktiviert, wenn der Aufzug seine Ober- oder Untergrenze überschritten hat. In diesem Fall wurde der Elektromagnet entregt, wodurch ein Gewicht freigesetzt wird, das das Einrücken der Bremse verursacht. Auch wenn man sich generell auf die Sicherheit der Aufzug-Bremsen verlassen konnte, war die Angst vor dem Fahrstuhlfahren sprichwörtlich.

Nicht immer hielten die Systeme Schritt mit der Beschleunigung dieser Jahre um 1895. Die abgebildeten Unfälle (Abb.7,8,9) veranschaulichen schlagend mit den unkontrollierten Aufprallen ohne ausreichende Bremskontrollen das Momentum der Zeit. Wie die historischen Fotos der Unglücksfälle von Zug und Fluggerät zeigen, war es überlebenswichtig, Mittel zu entwickeln, um die zunehmende Geschwindigkeit zu kontrollieren. Erhöhte Geschwindigkeit und die Notwendigkeit effektiv zu bremsen, sind zwei Seiten einer Medaille.

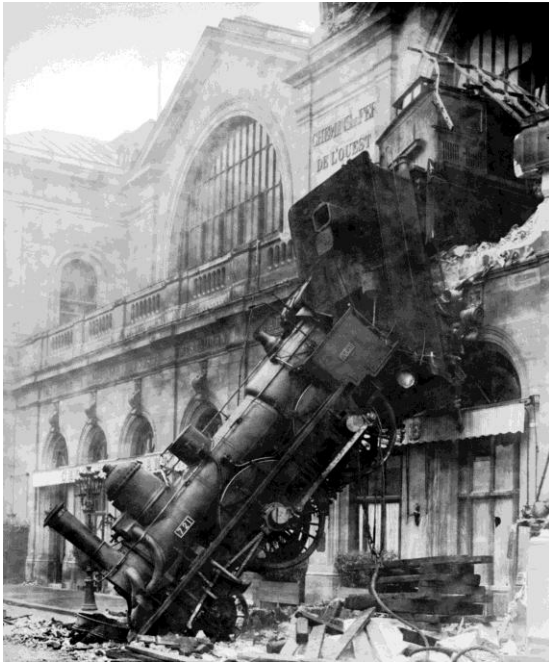


Abb.7: Eisenbahnunfall in Paris am Gare Montparnasse am 22. Oktober 1895



Abb.8: Absturz von Otto Lilienthal (1848-1896) am 9. August 1896

Von den Autounfällen des Jahres 1895 gibt es keine authentischen Aufnahmen. Zahlreichen Gerüchten zufolge, soll es im gesamten Staat Ohio nur zwei Autos auf den Straßen gegeben haben und diese beiden krachten just bei einem Unfall ineinander. (Abb.9,10,11) Die dieses Gerücht illustrierenden Fotos stammen alle aus späteren Jahren. (Abb.12-14)



In London wurde Bridget Driscoll (1851–1896) das vermeintlich weltweit erste Opfer eines Autounfalls. Zeitzeugen erinnerten sich daran, dass der Viersitzer Anglo-French (Abb.15) bei seiner Demonstrationsfahrt ein „rücksichtsloses Tempo, fast wie ein galoppierendes Pferd“ erreichte.



Abb.15

Nicht nur die Verwendung der X-Rays, sondern auch andere Methoden dienten der medizinischen Diagnose. Der durch Verengungen in den Blutbahnen entstehende Bluthochdruck wurde seit 1896 durch das noch heute übliche Verfahren der nichtinvasiven, indirekten Methode des italienischen Mediziners Scipione Riva-Rocci (1863–1937) gemessen. „Durch Aufpumpen erzeugt die Manschette eine



gleichmäßige, zirkuläre Kompression der Weichteile und Arterien des Oberarms. Gleichzeitig wird mit den Fingern der Puls der Arteria radialis getastet. Der Druck, bei dem der Puls beim langsamen Leeren der Manschette wieder tastbar wird, entspricht dem systolischen Blutdruck. [Riva-Roccis] Methode entwickelte sich schnell zur Standardtechnik der ärztlichen Diagnostik.“³⁸

Auch die für die Beatmung in Medizin und Industrie gleichermaßen wichtige Sauerstofferzeugung, 1895 durch Carl von Linde (1842–1934) mit der technischen Methode zur Gastrennung ermöglicht, folgt dem Motto, das unsichtbare Gas durch die Flüssigmachung sichtbar werden zu lassen. Dabei spielten wieder der komprimierende Druck und Temperaturunterschiede des fließenden Gases eine Rolle.

2.

Die Polarität von unsichtbarer Kommunikation und Sichtbarwerden wird mit zahlreichen Neuerungen um das Jahr 1895 deutlich. Nachts bedurfte es einer Beleuchtung, die von Auer von Welsbach (1858–1929) weiterentwickelt wurde. Der Entdecker einiger Elemente aus der Gruppe der Seltenen Erden stellte daraus das Gasglühlicht her, allgemein bekannt als das strahlend weiße Auerlicht (Abb.17). 1895 wurde die Berliner Straßenbeleuchtung damit ersetzt. Der Chemiker entwickelte 1895 eine Spiegelreflexkamera, deren Technik noch heute in Digitalkameras angewendet wird.



Abb. 16

Das Sichtbarwerden des Unsichtbaren betraf nicht nur den menschlichen Körper, sondern auch die urbane Umwelt. Hinter den Oberflächen der Fassaden verbirgt sich die Anatomie des Stadtkörpers (in Wien betraf das die Wienflussregulierung,

³⁸ „Scipione Riva-Rocci“, in: **DocCheck Flexikon**,
https://flexikon.doccheck.com/de/Scipione_Riva-Rocci (letzter Zugriff: 21.7.2025).



die Stadtbahntrassen und -tunnel, die Hochquellwasserleitung, die Abwassersammelkanäle und nicht zuletzt die monumentalen Großbauten), die in den 1890er Jahren von der revolutionären Bautechnologie des „unvorstellbar kurze Bauzeiten“ ermöglichenden Eisenbetons³⁹ bestimmt wurde. „1894 ging es richtig los [...] In nur zehnjähriger Bauzeit entstand [...] ’ die vielfach bis heute tragfähige unterirdische Anatomie für das Wachstum des Stadtkörpers“.⁴⁰

Dabei ging es um die Konstruktion, den Aufbau, der durch die sichtbaren Oberflächen verdeckt wurde. Erst wenn man Jahrzehnte später eventuelle Schäden in der Eisenbeton-Anatomie analysierte, wurde die Röntgen-Diagnostik aktiviert. Die Werbung der Firma NDTMED Röntgentechnik verspricht diese Lösungen: „Die Röntgenprüfung ist ein bildgebendes, zerstörungsfreies Prüfverfahren zur Untersuchung von Bauteilen auf innere Fehler. Die Röntgenprüfung ist neben der Ultraschallprüfung eines der am meisten genutzten Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zur Qualitätskontrolle von Bauteilen.“⁴¹

Wie am Beginn der Röntgen-Diagnostik wird noch heute betont, dass die Untersuchungen „zerstörungsfrei, ohne die Objekte zu beschädigen“ vorgenommen werden. Wie in der Medizin werden die Möglichkeiten durch Computertomographen (CT) erweitert, um die Sicherheit des „meistgenutzten Baustoffs der Welt“ zu gewährleisten.⁴²

Dass bedeutende Ereignisse immer wieder im Jahr 1895 passierten, mag als Zufall erscheinen, ist allerdings für den Kulturhistoriker stimmig. Der Wunsch nach Horzonterweiterung auf vielen Feldern beschränkte sich nicht auf die Polarität von Beschleunigung und Abbremsung. Vorrangig ist die Erkenntnis darüber, was unter den Oberflächen liegt.

³⁹ Vgl. Otto Kapfinger, **Anatomie einer Metropole. Bauen mit Eisenbeton in Wien 1890-1914**. Wien 2025.

⁴⁰ Günther Haller, **Eisenbeton als Basis für eine moderne Großstadt**, in: *Die Presse*, 25.5.2025, S.46.

⁴¹ <https://www.ndtmed.de/roentgenpruefung.html> (letzter Zugriff: 21.7.2025).

⁴² Vgl., „Beton in großer Dimension durchleuchten“, in: **Deutsche Bauzeitung**, 2.8.2022, <https://www.db-bauzeitung.de/news/ct-anlage-durchleuchtung-betonbauteile/> (letzter Zugriff: 21.7.2025).



Abb. 17: Die im Packeis eingeschlossene Fram (März 1894)

Der Forscherdrang unbekanntes Terrain zu erkunden, betraf auch weiße Flecken auf der Landkarte. Ein dem Medium Wasser entsprechender Stillstand wurde durch das Eis bewirkt. Es war kein Unfall, sondern ein den Umständen entsprechender Zustand. Das norwegische Schiff Fram (deutsch: vorwärts) war so konstruiert, dass es im Packeis zu driften vermochte. Ruder und Propellerantrieb waren einziehbar, um sie vor dem Eisdruck zu schützen (Abb.17). Der hochdekorierte Grönlandforscher Fridtjof Nansen (1861–1930) erreichte zwar nicht den Nordpol, der erst 1926 überflogen wurde, aber immerhin mit Schlitten, auf denen Kajaks montiert waren, einen „Nordrekord“ am 8. April 1895. Seine Forschungen ergaben auch die Erkenntnis, dass der Nordpol nicht auf dem Land, sondern im Eismeer liegt. Das darunterliegende Unsichtbare wurde damit verständlich.

Auch wenn der Bremseneffekt hier keine Rolle spielte, erlebte Nansen zwei Jahre zuvor einen unerklärlichen Bremsvorgang. Als er das arktische Meer vor der sibirischen Küste erkundete, geschah plötzlich Merkwürdiges: Sein Schiff wurde wie von einer unsichtbaren Kraft festgehalten und so stark abgebremst, dass es kaum mehr zu manövrieren war. Andere Seefahrer erlebten Ähnliches auch in anderen Meeresgegenden. Was aber ist die Ursache dieses mysteriösen Bremseneffekts? 1904 versuchte der Physiker Vagn Walfrid Ekman (1874–1954), dem Geheimnis des „toten Wassers“ auf die Spur zu kommen. In Laborversuchen fand er heraus, dass dieser Effekt immer dann auftritt, wenn das Meerwasser stark geschichtet ist – beispielsweise, weil sich leichteres Schmelzwasser über das salzige Meerwasser legt. Ein fahrendes Schiff erzeugt dann interne Wellen an der Grenze beider Schichten, die seine Bewegung abbremsen.⁴³

⁴³ Vgl., „Rätsel des ‚toten Wassers‘ gelöst“, in: **Scinexx.de**, 7.7.2020, <https://www.scinexx.de/news/technik/raetsel-des-toten-wassers-geloest/> (letzter Zugriff: 21.7.2025).



Die Horizonterweiterung führte auch zu Erfahrungen aus der Distanz, wie optisch im Kino oder akustisch im Radio.

Als Geburtsjahr des Kinos gilt das Jahr 1895. Die Filme wurden zuerst auf dem Jahrmarkt vorgeführt: in einer Bretterbude oder in einem Zelt. Wenn man Glück hatte, wurden Bänke aufgestellt, auf die man sich setzen konnte.

Die ersten Filmvorführungen für ein zahlendes Publikum gab es 1895. Als Geburtsstunde des Kinos gilt gemeinhin die erste Vorführung des Cinématographen der Brüder Auguste (1862–1954) und Louis Lumière (1864–1948) vor zahlendem Publikum am 28. Dezember 1895 im Pariser Grand Café, bei der unter anderem **Die Ankunft eines Zuges im Bahnhof von La Ciotat** gezeigt wurde. Der Abend endete angeblich damit, dass Zuschauer das Café aus Panik fluchtartig verließen, weil sie glaubten, der Zug werde gleich in das Café fahren.

Noch 1901, als Röntgen den ersten Nobelpreis für Physik erhielt, war die Natur der X-Strahlen geheimnisvoll und unerklärbar. Das hielt den Siegeszug der bald nach ihm benannten Röntgenstrahlen nicht auf, weil sie in der praktischen Anwendung wirklich das Unsichtbare sichtbar machten. Erst eine neue Auffassung des Lichtes und die Ersetzung des Äthers durch Albert Einstein (1879–1955) legten den Grundstein zu einem relativistischen Weltbild, in dem die alten Rätsel durch neue ersetzt wurden. Einstein erhielt 1921 den Nobelpreis allerdings nicht für seine Relativitätstheorien, sondern für den „Photoelektrischen Effekt“. Die Erzeugung von Röntgenstrahlen ist die Umkehrung des Photoeffekts. Beim Photoeffekt treffen Photonen auf ein Material und lösen Elektronen heraus. In einer Röntgenröhre treffen Elektronen auf ein Hindernis und erzeugen die Photonen der Röntgenstrahlung.

Die großen Leistungen von Röntgen und Einstein, sowohl die X-Strahlen als auch die Relativitätstheorien, entziehen sich einfachen Erklärungen. Der wichtigste Unterschied besteht im Praxisbezug. Deshalb hat Röntgen im Gegensatz zu Einstein bis heute einen großen Einfluss auf die bildende Kunst ausgeübt.



Sir Charles Haukes Todd Crosthwaite, Röntgens Fluch, 1896

[...]

Es war zu der Zeit, als Röntgen die unglaublichen Ergebnisse seiner Experimente mit dem, was er X-Strahlen nannte, veröffentlichte, und Wissenschaftler auf der ganzen Welt das Gefühl hatten, am Vorabend eines großen Ereignisses zu stehen. In allen Zeitschriften erschienen Artikel über die so genannten Fotografien des Unsichtbaren, und die Hörsäle hallten wider von Erklärungen der außergewöhnlichen Phänomene. Ich war damals Student desselben Faches und mir erschienen die mit dieser Entdeckung verknüpften Möglichkeiten unermesslich. Meine Erregung stieg, und mit allen Kräften meines Geistes und Körpers folgte ich in meiner Arbeit dem Pfad der Forschung, den Röntgen aufgezeigt hatte. In meiner glühenden Vorstellung schienen demjenigen, der sich die Röntgenstrahlen untertan machte und sie zwang, ihm zu gehorchen, keine Grenzen gesetzt zu sein. Welche Revolution könnte ausgelöst, welcher Fortschritt gemacht werden in einer einzigen Disziplin – der Medizin –, wenn ein Arzt Funktionsweise und Zustand der inneren Organe sehen könnte. Man könnte ihn nicht länger anklagen, nicht zu wissen, was er verabreichte, wofür er es tat, was er heilte. Es war nun möglich, wie Röntgen gezeigt hatte, das Skelett zu untersuchen. Doch solange dieser mühselige Prozess nötig war, würde es weiterhin viele Fälle geben, bei denen die Neuentdeckung nicht angewendet werden konnte, da bisher nur das Skelett und nicht die inneren Organe aufgenommen werden konnten. Ich war entschlossen, weit über das von Röntgen erreichte Ziel hinauszugehen. Ich würde nicht aufgeben, bevor ein Arzt nicht jeden Teil des menschlichen Organismus eines auf seinem Bett liegenden Patienten sehen und untersuchen und die Anatomie eines gesunden oder kranken Körpers so studieren konnte, als besäße er das Auge des Schöpfers. Andere ehrgeizigere Ziele taten sich mir auf, und ich sah mich befähigt, in das Innere der Erde oder die Tiefe des Ozeans blicken zu können. Die Entdeckung von Mineralien und Edelsteinen, die Auffindung verlorener Schätze, die Enthüllung der Geheimnisse antiker Städte – das waren einige jener niederen Anwendungen der Macht, die ich zu besitzen glaubte. Doch obendrein wuchs die Hoffnung, der Natur selbst das Geheimnis des Lebens entlocken zu können und die Biologie zur höchsten Disziplin der Wissenschaft zu machen. Beflügelt von diesen Gedanken verdoppelte ich meine Anstrengungen. Ich nahm mir kaum Zeit, zu essen oder zu schlafen. Keinen Moment erübrigte ich für die alltäglichen Pflichten, und für meine Frau und meine Kinder wurde ich zu einem Phantom.

[...]

Ehrgeiz, Verlangen, Neugier reizten mich. Ich musste es probieren, auch wenn ich mit dem Tod bestraft wurde, oder schlimmer.

[...] Ich hatte die Tür meines Labors geschlossen und war allein. Ich nahm den Flakon mit der Flüssigkeit [...] und bestrich damit vorsichtig die Innenseite meiner Augenlider. Dann setzte ich mich, mit geschlossenen Augen, in meinem Sessel, damit die Droge ihre Wirkung entfalten konnte.



Ich saß eine geraume Zeit lang dort, meine Gedanken waren erfüllt von der großartigen Entdeckung, die ich gemacht hatte, und verweilten bei den möglichen Konsequenzen, ungeheure Ergebnisse, unendliche Möglichkeiten, als mir einfiel, an Professor ----, mit dem ich über meine Forschungen im Austausch war, zu schreiben und ihm mitzuteilen, wie weit sie gediehen waren [...]. Ich ging zu meinem Schreibtisch. Einen Moment lang glaubte ich, mein Gehirn habe sich ausgeschaltet und meine Vorstellung spiele mir einen Streich.

Ich konnte keinen Tisch sehen. Der gesamte Raum hatte eine fantastische, gespenstische Anmutung angenommen. Statt des Mahagoni-Sekretärs mit meinen Schreibutensilien war dort ein diffuser, kaum sichtbarer Umriss, ähnlich dem eines Schiffes, das im dichten Nebel auftaucht. Auf der Oberfläche dieses Dunstes schwebten, oder wurden vielmehr von magischen, unsichtbaren Trägern an ihren Plätzen gehalten, kupferne Griffe, Ornamente, Schlösser und Schlüssellöcher der Schubladen. Es war kein klarer, fester Umriss zu sehen, außer hier und da eine Schraube oder ein eiserner Winkel, die den Tisch zusammenhielten, oder ein Schlüsselbund und einige Goldsiegel, die ich in einer der Schubladen aufbewahrte. Füller oder Papier, obwohl ich wusste, dass sie dort waren, sah ich nicht. Ich streckte meine Hand nach ihnen aus und mich ergriff ein Schauer, als ich erkannte, dass es die Hand eines Skelettes war. Tastend fand ich dennoch etwas Papier und einen Füller, konnte beides jedoch nicht sehen, und nach dem Versuch, einen Brief mit Tinte zu schreiben, die ich nicht sehen konnte, auf Papier, das ich nicht sehen konnte, auf einem unsichtbaren Tisch und einem unsichtbaren Füller in der Hand eines Skelettes, gab ich verzweifelt auf und ließ mich zurück in meinen Sessel fallen. Allmählich begriff ich, was ich getan hatte, und fühlte, dass Wissen zu gründlich sein könnte.

Bis zu diesem Moment hatte ich außer meinem Tisch und meinen Händen und Armen nichts anderes beachtet. Als ich nun aufstand, sah ich mit eigenen Augen, das ich ein Skelett war, mit Metallknöpfen und einer Uhr mit Kette, die in mysteriöser Weise mit ihm verbunden waren, ohne es zu berühren. Ich sah, dass meine Beine nur Knochen waren, ohne Kleidung oder Fleisch, obwohl ich seltsamerweise die Anwesenheit von beidem spürte. Es war grauenvoll und widerlich, auf meine Beine und meinen Körper herabzublicken und die blanken Knochen meines Skelettes und die Bewegung der bloßen, augenscheinlich bloßen Gelenke zu sehen. Durch Erregung und übermäßige Sorge und Mangel an Ernährung, an Ruhe und Bewegung, waren meine Nerven nicht besser als die eines Trunkenboldes. Ich konnte den Anblick, den ich mir selbst aufgebürdet hatte, kaum ertragen. Mir schien, als sei der Momente für unser Frühstück gekommen, und ich nahm meine Uhr heraus, um die Zeit abzulesen. Ich konnte meine Hände sehen, doch das Zifferblatt blieb unsichtbar, während das Uhrwerk deutlich erkennbar war. Ein Gefühl von Dasein und Wirklichkeit, das Tastsinn und Wahrnehmung von Wärme vermittelten, schien die einzige verbliebene Barriere zwischen mir und dem Tod zu sein.

Die Stimme meiner Frau an der Tür brachte mich zu mir. Sie hatte die Gewohnheit, wenn ich das Labor nicht verließ, mich zum Frühstück abzuholen, und gewöhnlich



brachte sie unser jüngstes Kind, einen stämmigen kleinen Burschen, mit. Zwar war ich in gewisser Weise vorbereitet auf das, was ich sehen würde, doch die Realität – wenn irgendetwas in dieser wunderbaren Welt als real bezeichnet werden kann – traf mich wie ein Schock, den ich kaum ertragen konnte. Ich stolperte zurück und versuchte, Halt zu finden an dem dunstigen, unheimlichen Gegenstand, den ich als meinen Tisch kannte. Ich wagte erneut hinzublicken, und in diesem einen Moment litt ich genug, um meinen Ehrgeiz, mit dem Auge Gottes sehen zu wollen, für immer zu bereuen. Zwei lebende Skelette traten herein, das größere führte das kleinere an der Hand; zwei plappernde, schnatternde Skelette, das kleinere tänzelnd und hüpfend und mit seinen knöchigen Händen winkend. Sie kamen näher. Und obwohl ich die geliebten, vertrauten Stimmen von Mutter und Kind vernahm, konnte ich das Grauen und das schauerhafte Gefühl von Ekel und Abwehr nicht bezwingen, das mich überkam. Ich konnte nicht ertragen, von ihnen umarmt zu werden. Ich schloss meine Augen und wäre gestürzt, hätte ich mich nicht am Tisch abgestützt. In dem Moment, als ich sie ansah, musste mein Blick mich verraten haben, denn meine Frau rief aus:

„Herbert, was ist mit dir? Warum siehst du mich so an? Du bist überarbeitet. Ich hatte befürchtet, dass es so weit kommen musste.“

Es war tröstlich, die warme, lebendige Berührung ihrer Hand zu spüren und ihren Atem, als sie mich zu einem Stuhl führte. Ich setzte mich, legte meinen Kopf auf ihre Schulter, wagte jedoch nicht, aufzublicken. Eine kleine warme Hand legte sich auf die meinige und eine dünne Stimme piepste:

„Vater, teurer Vater, sieh mich an!“

Unfähig der verlockenden kleinen Stimme zu widerstehen, öffnete ich meine Augen. Oh, Gott! Wie furchtbar! An meinem Knie war ein kleines Skelett, das die Lippen öffnete und die alltäglichen Bewegungen nachäffte. Ich schloss meine Augen wieder und meine Stimme versagte.

„Herbert“, sagte meine Frau, „sprich mit uns. Du bist krank, Liebster. Sprich, ich flehe dich an; sag mir, was ist mit dir.“ Mit all meiner Willenskraft zwang ich mich, sie anzusehen.

„Ich fühle mich nicht sehr wohl, Liebste“, antwortete ich. „Ich bin überarbeitet, wie du sagst, und möchte mein Frühstück. Ich muss die Dinge eine Zeit lang etwas leichter nehmen.“

Ich versuchte, sie wie immer anzusehen. Ich konnte nicht. Ich hatte nicht die Kraft. Niemand kann sich die grausige Fratze vorstellen, die ich sah. Unvorstellbar, dass dies meine Ehefrau war, die Frau, die ich mehr als alle anderen liebte, deren Schönheit mich entzückte, deren Augenlicht der Sonnenschein meines Lebens war. Ich sah hin, und was erblickte ich? Statt des vertrauten Gesichtes mit dem liebevollen Lächeln, einen grinsenden Totenkopf, umso schauerlicher, da er lebendig war. Statt der wohlgeformten Figur ein grässliches Skelett, dessen knöchige Hände sich mir entgegenstreckten. Doch auch den tragischsten Ereignissen wohnt zuweilen eine gewisse Komik inne, selbst dieser furchtbaren Travestie des Lebens. Einige Haarnadeln schwebten über einem Schädel, eine Goldkette schwebte um die Halsknochen, vom Atem bewegt, doch scheinbar nichts



berührend; die stählernen Rippen des Korsetts ragten als unverbundene Stäbe vor dem Brustkorb auf, während eine Schuhschnalle leicht und unheimlich über dem knöchigen Spann des Fußes thronte. Ringe umkreisten die Fingerknochen, ohne sie zu berühren. Es war ein Skelett verkleidet im Skelett eines Kleides.

[...]

Auszug aus: **Röntgen's Curse**, erschienen in: **Longman's Magazine**, UK, Ausgabe September 1896.



Jiří Wolker, Vor dem Röntgengerät, 1923

Das ist nicht Faustens Kammer. Keiner Seele hier
Gefahr ersteht
durch dieses, des zwanzigsten Jahrhunderts herrlichstes
Röntgengerät.
Ultraviolette Strahlen durchdringen Fleisch, Muskeln
und Haut,
wie ein chiffrierter Brief wird so das Dunkel durchschaut.
Seele und Leib sind gleich, jeder Körper macht offenbar,
ob er bestimmt für ein Glück oder für Not und Gefahr.

„Herr Doktor, mir ist so gar nicht gut,
als hätte ich Blei oder Schlangen im Blut.
Öffnen Sie meinen Leib mit Strahlen,
und nennen Sie mir den Grund meiner Qualen.“

„Ich sehe deine Lunge, Arbeiter. Die Strahlen enthüllen,
daß die Fabrik dich gezeichnet mit Rauch und Ruß.
Ich höre Transmissionen, Maschinen. Sie brüllen,
daß der Arme auf Erden sich schinden muß.
Ich sehe zerfressen deine bloße
Lunge von Hunger und Tuberkulose.
Du stirbst!“

„Krankheit und Tod - das ist bitter und schwer,
aber mehr noch, etwas Schwereres muß in mir sein.
Herr Doktor, leuchten Sie tiefer hinein
in meinen Leib mit Ihren Strahlen
und nennen Sie mir den Grund meiner Qualen.“

„Ich sehe dein Herz, die zertretene, erkrankte
Knospe, die es zu blühen verlangte
in einer gesunden Welt, mit Freunden vereint,
Frau, Kinder – für die es sich lohnt zu dienen,
die Arme in Brot umzuwandeln – mit ihnen
an einem Tisch zu speisen, auf den die Sonne scheint.
Ich sehe dein Herz, Arbeiter, dem es leichter fällt,
in den Tod zu gehen, als zu leben in einer Welt
ohne Liebe.“

„Diese Last ist mir bekannt, aber noch mehr
drückt ein Schwereres, wie hinter Gittern.“



Ganz tief, Herr Doktor, liegt es und drückt so sehr.
Kaum kann ich es tragen, so bedrückt mich das –
und fällt es heraus, wird eine Welt erzittern."

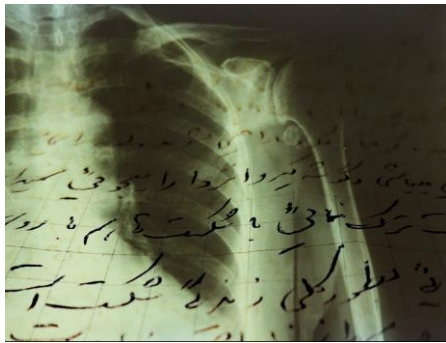
„In der Tiefe seh ich den Haß!"

Vor dem Röntgengerät, im tschechischen Original ***U rentgenu***, ist datiert auf den 12./13. Oktober 1923 und wurde erstmals veröffentlicht in der Wochenzeitung der Kommunistischen Partei der Tschechoslowakei ***Proletkult. Týdeník komunistické strany Československa pro proletářskou kulturu***, Nr. 34, vom 7. November 1923.

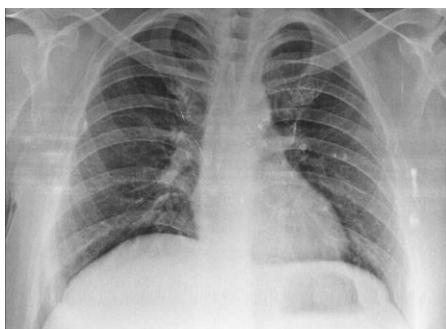
Die hier zitierte Übersetzung ins Deutsche von Wilhelm Tkaczyk erschien erstmals in Ludvik Kundera, Franz Fühmann (Hrsg.), ***Die Glasträne. Tschechische Gedichte des 20. Jahrhunderts***, Berlin 1964.



Shahram Khosravi, X-RAY – Ein Familienalbum, 2024/2025



Das ist mein Vater. Wir kannten uns nicht gut. Als ich ein Kind war, war er im Gefängnis. Und als er endlich freikam, war ich im Exil. Nach seinem Tod fand ich eine Sammlung von Röntgenaufnahmen seiner Brust, Bilder eines Körpers, den ich nie richtig gekannt hatte. Ich suchte darin nach Spuren einer Sprache, nach Geschichten, tief verborgen in seiner Brust. Geschichten, die er mir nie hatte erzählen können. Eines der wenigen Dinge, die ich von ihm habe, ist ein Brief, den er abschickte, als ich illegal eine Grenze nach der anderen überschritt, um der Verfolgung zu entgehen. Darin schrieb er: „Im Leben geht es, grundsätzlich, um Niederlagen. Lerne, deinen Niederlagen mit erhobenem Haupt zu begegnen.“



Das ist Monish, ein Freund aus Neu-Delhi. Vor einigen Jahren beantragte er ein Arbeitsvisum für Katar. Dafür musste er sich einer Tuberkulose-Untersuchung unterziehen. Die Ärzte in Katar entdeckten einen Schatten, vielleicht ein Anzeichen für TB, und sein Visa-Antrag wurde abgelehnt. Beunruhigt holte er ein zweites Gutachten in einer Klinik in Neu-Delhi ein. Dort fanden die Ärzte nichts. Keine Spur einer Erkrankung, kein Grund zur Beunruhigung. Doch ein einziger Fleck auf einem Röntgenbild reichte aus, um den Verlauf von Monishs Leben zu ändern. Ein Schatten auf seiner Lunge überschattete seine Zukunft.



Das ist Yousef. Ich begegnete ihm zum ersten Mal in einem Gefangenenlager in Stockholm, kurz bevor er nach Afghanistan verbracht wurde. Sein Asylantrag war abgewiesen worden. Nach einem Jahr in Kabul übertrat er die Grenze zum Iran und wurde so zum illegalen Flüchtling. Er fand einen Job als Straßenreiniger in Teheran. Nachts, ohne Warnjacke oder Reflektoren, war er nahezu unsichtbar. In einer Nacht gegen 2 Uhr morgens, wurde er von einem Auto angefahren. Schwer verletzt verbrachte er zwei Wochen im Krankenhaus. Er konnte kaum laufen, als ihn die Polizei aufgriff und nach Afghanistan deportierte. Einige Jahre später versuchte Yousef erneut die Grenze zum Iran zu überqueren. Dieses Mal schossen ihm die Grenzpolizisten in den Fuß, der bei dem Unfall zertrümmert worden war. Mit dem Fuß, der zweimal verletzt wurde, kann er nur wenige Schritte gehen. Er lebt nun in einer Kleinstadt im Westen Afghanistans und arbeitet als Tellerwäscher in Restaurants.



Das ist meine Mutter. Im Schrank neben ihrem Bett lag ein Stapel Röntgenbilder von nahezu jedem Teil ihres Körpers. Ich habe diesen ausgewählt wegen der Haarnadel, die sie vergaß vor der Aufnahme herauszunehmen. Ein kleines, gewöhnliches Objekt. So erinnere ich sie. Die Haarnadel hielt ihr langes, schwarzes Haar zusammen, damit sie die Hände zum Arbeiten frei hatte. Mit 18 hatte sie begonnen zu arbeiten. Und sie hörte nie auf. Jeden Tag, 61 Jahre lang. Ihre Arbeit war unsichtbar – nicht geregelt, nicht angemeldet, nicht dokumentiert. Kein Vertrag. Keine Versicherung. Keine Rente. Nach sechs Jahrzehnten voller Arbeit blieb ihr nur ein furchtbar müder Körper und eine vergessene Haarnadel in einem Röntgenbild.



Das bin ich. Im Oktober 1991 wurde ich von dem „Laserman“ (schwedisch: **Lasermannen**), einem rassistischen Terroristen, angeschossen, der Migranten mit einem Gewehr mit Laserzielvorrichtung durch die Straßen von Stockholm jagte. Zwischen August 1991 und Februar 1992 schoss er auf elf Menschen. Ich war einer von ihnen. In dieser kalten, dunklen skandinavischen Nacht zerfetzte eine Kugel die rechte Seite meines Gesichts, durchlöcherte meine Wange, traf meine Zähne und zerplatzte in meinem Mund. Da die Entfernung der Reste mehr Schaden angerichtet hätte, beließen die Ärzte sie im Knochen. Teile einer Kugel. Überbleibsel einer Grenzüberschreitung.

Erweiterte und überarbeitete Fassung von Shahram Khosravi, *Listening to X-Ray Images. A Family Album*, in: Shahram Khosravi (Hrsg.), *The Gaze of the X-Ray. An Archive of Violence*, Bielefeld 2024.



Shahram Khosravi, Strahlen der Gewalt

Was sehen wir, wenn wir ein Röntgenbild betrachten? Ein Graustufenbild, das die innere Struktur eines Körpers, vor allem Knochen, zeigt. Je dichter ein Material ist, umso heller tritt es auf dem Bild hervor. Knochen erscheinen in hellem Weiß, weiche Stoffe in grauen Schattierungen und Luft schwarz. Von der Person selbst erkennen wir nichts. Keine Spuren von sozialer, gesellschaftlicher, ethnischer oder kultureller Zugehörigkeit. Manchmal wird das Geschlecht preisgegeben, allerdings nicht zuverlässig. Mediziner:innen können erste Zeichen einer Erkrankung wahrnehmen. Also, was wissen wir über die Person, deren Röntgenbild wir betrachten? Nichts! Wir schauen hin, sehen aber nichts. Die Dinge scheinen durchlässig und bleiben doch undurchsichtig.

Dieses Dilemma ist tief verankert in der europäischen Moderne, die aus dem Streben nach Helligkeit, Licht, Klarheit und Durchsicht, jenen von der Aufklärung formulierten Idealen, hervorging. Die Moderne drängte danach, alles durchblicken zu können. Geradezu obsessiv machte man die Dinge durch Beleuchtung sichtbar. Dinge beobachten zu können, ist ein notwendiger Schritt, um sie zu beherrschen. Es geht darum, alles, den Körper eingeschlossen, berechenbar zu machen.

Ein eindringliches Beispiel dafür ist die Röntgentechnik. Als Meilenstein medizinischer Forschung entwickelt, sollte sie Leben retten und schützen. Und doch wird sie als Instrument der Zerstörung benutzt, um Lebenspläne zu untergraben, Körper zu schädigen und Zukunftschancen zu behindern. Seit jeher geht es beim 'Fortschritt' genau darum. Die beiden wesentlichen Merkmale der Moderne – Zivilisation und Zerstörung – sind dialektisch miteinander verwoben. Fortschritt und Zerstörung scheinen sich gegenseitig auszuschließen, und dennoch erzeugt und nährt eines das andere.

Dieses 'Paradox' ist tief verwurzelt in anhaltendem Rassismus, Sexismus und Diskriminierung von Armut. Die Röntgentechnik wird, wie ich zeigen werde, in rassistischen, frauenfeindlichen und diskriminierenden Praktiken ebenso eingesetzt wie im Gesundheitswesen. Die Frage lautet: Welche Körper behandelt die Technik pfleglich und welche gefährdet sie?

Röntgenstrahlung kann Krebs auslösen und auch einen vorzeitigen Tod verursachen. Anna Bertha Ludwig, Röntgens Ehefrau, bezeugte als Erste die tödliche Kraft des neuen Verfahrens. Beim Anblick der Radiografie ihrer Hand, der ersten Aufnahme dieser Art, rief sie aus: „Ich habe meinen Tod gesehen!“ 'Ich habe meinen Tod gesehen'. Sie hatte Recht. Frauen waren die Ersten, die die Gewalt der Röntgentechnik erfahren sollten.

Für den männlichen Blick hinter der Technik wurde der weibliche Körper zum Hauptziel, das beobachtet, vermessen, zum Objekt gemacht und kontrolliert werden sollte. Wie üblich, wurde dies zunächst als Liebe verschleiert. In Thomas Manns 1924 erschienenem Roman **Der Zauberberg**, etwa, trägt der Protagonist ein



Röntgenbild seiner Angebeteten in seiner Brieftasche. Was glaubte er, in ihrer Radiografie zu finden? Ein Bekenntnis ihrer Liebe?

Nicht zufällig geriet der weibliche Körper als zentrales Objekt in den Fokus der Röntgentechnik. Sie funktioniert im Sinne eines breiten Bildregimes, das von Beginn an nicht neutral war. Der Akt des Sehens ist zutiefst in Hierarchien von Gender, Ethnie und Klasse eingebettet. In diesem Rahmen wurden die Röntgenstrahlen zu einem voyeuristischen Werkzeug, das erlaubte, in den weiblichen Körper einzudringen und ihn zu inspizieren. Ihn zu vermessen. Ihn im eigenen Gedächtnis nachzubilden. Ihn zum Objekt zu machen. Ihn zu konsumieren. In den 1940er Jahren führte man breit angelegte Röntgenkampagnen zur Erkennung von Krankheiten wie Tuberkulose durch. Frauen waren der Durchleuchtung stärker ausgesetzt als Männer. Da sie als anfälliger für Infektionskrankheiten galten, wurden sie als potenzielle Überträgerinnen behandelt und daher gründlicher überwacht. Über die medizinische Kontrolle legte sich ein erotisierender Blick. Die Röntgenstrahlen eröffneten einen neuen visuellen Zugang zum weiblichen Körper, sowohl medizinisch wie sexuell. Das gilt bis heute. Wenn in der Sicherheitsbranche der in Flughäfen eingesetzte Ganzkörperscanner informell als 'Porno-Scanner' bezeichnet wird, spiegelt sich darin jener übergriffige Blick. Ein anderes Beispiel ist die Breitenanwendung der Mammografie nach dem Zweiten Weltkrieg, die zur kulturellen Konstruktion der sogenannten 'normalen Brust' beitrug.

In den 1950er und 1960er Jahren setzte man bei Schönheitswettbewerben in den Vereinigten Staaten Röntgenstrahlen ein, um die 'innere Schönheit' der Bewerberinnen zu beurteilen. Die in die Röntgentechnik eingegangenen männlichen erotischen Fantasien idealisierten und regulierten den weiblichen Körper.

Eine Röntgenaufnahme ist nicht bloß das Bild eines Körpers, sondern eine von Vorstellungen und Ideologien geformte Darstellung. Maßgeblich sind dabei neben sexistischen auch rassistische Denkmuster. Als Instrument der medizinischen Forschung förderten die Röntgenstrahlen die Festlegung rassistischer Stereotypen von nicht-weißen Körpern und, weitaus beunruhigender, das gewaltsame Vorgehen gegen diese. In den ersten Jahrzehnten nach ihrer Entdeckung wurden Röntgenstrahlen in den Vereinigten Staaten bei der Hautaufhellung eingesetzt, um die Pigmente zu entfernen und die Haut zu bleichen. In Übereinstimmung mit weiteren rassistischen Ideologien, die sie von amerikanischen Praktiken übernommen hatten, nutzten die Nationalsozialisten die Röntgentechnik intensiv bei medizinischen Experimenten in Auschwitz, vor allem bei der Zwangssterilisation.

Ebenso wie Frauen höheren Dosen der tödlichen Strahlung ausgesetzt waren als Männer, verhielt es sich bei Schwarzen Menschen im Vergleich zur weißen Bevölkerung. In diesen Praktiken spiegelten und verstetigten sich weit ins 18. und 19. Jahrhundert zurückreichende rassistische Vorurteile, die Schwarzen Menschen schwerere Knochen, dickere Haut und festeres Fleisch attribuieren. Diese rassistischen Überzeugungen überdauerten bis ins die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts. Noch in den 1970er Jahren setzten Radiologen regelmäßig höhere



Dosen radioaktiver Strahlen bei Schwarzen Patienten ein, im falschen Glauben deren mutmaßliche physische Andersartigkeit erfordere eine intensivere Durchleuchtung. Auf diese Weise trug die Röntgentechnik dazu bei, rassistische Hierarchien in der medizinischen Theorie und Praxis zu installieren und zu festigen. Röntgenstrahlen werden für medizinische Untersuchungen, aber auch als Instrument der Sicherheitspolitik eingesetzt. Seit jeher ist ein wesentliches Sicherheitsziel für die Machthaber, soziale Schichten einzuhegen und am Status quo einer sozialen Hierarchie festzuhalten.

In den Anfangstagen der Röntgenbegeisterung sorgten europäische Adlige mit Aufnahmen ihrer Diamanten geschmückten Hände für die Verbreitung der Technik. Gleichzeitig wurden in Südafrika die Röntgenstrahlen verwendet, um die Körper der Schwarzen Bergleute auf versteckte Diamanten hin zu durchleuchten. Am Ende der langen, harten Arbeitstage in den Minen setzten die weißen Minenbesitzer die Schwarzen Körper tagtäglich der tödlichen Strahlung aus.

Bis heute setzt sich diese Diskriminierung in der Kriminalisierung armer Menschen und der Rassifizierung von Körpern fort, vor allem im Umgang mit asylsuchenden Minderjährigen, die unter dem Deckmantel bürokratischer Maßnahmen einer erzwungenen Durchleuchtung unterzogen werden. Als Teil des Aufnahmeverfahrens werden Röntgenaufnahmen von Knien und Zähnen zur Altersbestimmung gemacht, zumeist ohne Zustimmung. Obwohl sie als freiwillig bezeichnet werden, kann Verweigerung Strafen wie Abschiebung nach sich ziehen. In der Praxis ist 'Zustimmung' eher eine juristische Formalität als eine wirkliche Wahl.

In ähnlicher Weise müssen sich Bewerber:innen aus dem Globalen Süden, die in wohlhabendere Länder aufgenommen werden möchten, routinemäßig einer Durchleuchtung der Brust unterziehen, vorgeblich im Dienste der Gesundheitssysteme und insbesondere zur Tuberkulosevorsorge. In vielen Ländern werden Migrant:innen systematisch genötigt, solche Untersuchungen über sich ergehen zu lassen, da eine Ablehnung zu sofortiger Ausweisung führen kann.

Röntgenaufnahmen gleichen 'Verbrecherfotos'. Wie die Aufnahmen von Gefängnisinsassen sind sie Teil bildlicher Identifikationssysteme, die bestimmte Individuen als Verdächtige oder Kriminelle brandmarken. Die Praxis, den Körper zum Beweismaterial zu machen, hat eine lange Tradition. Im 19. Jahrhundert wurden neue Techniken zur Vermessung, Dokumentation und Überwachung flüchtiger Körper entwickelt. Moderne Durchleuchtungsverfahren sollen der Identifizierung sogenannter Krimineller dienen.

Das Innenleben eines Körpers sichtbar zu machen, ist eine der zahlreichen modernen Technologien, die das Innere von Körpern, Dingen und Gebäuden offenlegen. Die Entwicklung der Röntgentechnik verlief parallel zur Ausbildung moderner Architektur, wie des von dem englischen Philosophen Jeremy Bentham ein Jahrhundert zuvor entworfenen Panopticon.

Röntgentechnik wird auch eingesetzt, vor allem gegen Schwarze Menschen, Migrant:innen und Asylsuchende, um vermeintliche Lügen 'nachzuweisen' und 'Verbrechen' aufzudecken. Sie spielt eine wichtige Rolle in dem breitangelegten



Überwachungssystem, das diszipliniert und bestraft. Röntgenbilder halfen dabei, ein ungleiches Regime von Sichtbarkeit und Transparenz zu erzeugen, in dem einige Körper sichtbar gemacht und ständig überwacht werden, während andere vor solcher Inspektion geschützt sind.

Ein weiteres Beispiel der durch Röntgenstrahlen erzeugten 'Verbrecherfotos' sind die Schattenbilder menschlicher Körper, die sich in Trucks oder Containern verstecken. Riesige Röntgenkameras scannen die Transporter beim Überqueren einer Grenze, um illegale Flüchtlinge aufzuspüren. Die Aufnahmen zeigen weiße Schattenrisse menschlicher Körper vor einem schwarzen Hintergrund.

Den Röntgenstrahlen werden magische Kräfte nachgesagt, da sie das Verborgene enthüllen. Sie machen das verdeckte Innere sichtbar. Daher gelten sie als eine Art wissenschaftliches Instrument, mit dem man den Körpern von Asylsuchenden die Wahrheit entlocken kann. Bist du dein Körper? Entsprechen deine inneren Organe den gesetzlichen Vorgaben? Stimmen deine Knie mit deinem Pass überein? Den Behörden genügen die Röntgenbilder als wissenschaftlicher Beweis. Die Person selbst wird überflüssig. Sie müssen sich nicht anhören, warum sie um Asyl nachsucht oder ein Visum beantragt. Röntgenbilder sprechen für sich selbst, und das ist ihre Macht. Bevor die Röntgenstrahlen entdeckt wurden, diagnostizierten Ärzte Krankheiten durch Betasten und Abhören der Organe im Inneren eines kranken Körpers. Durch die Röntgentechnik benötigen sie den Körper des Patienten oder Wörter nicht länger. Die Radiografie reduziert den Körper auf ein von Behörden und Fachleuten aus der Distanz durchsuchbares Objekt.

Röntgenstrahlen enthüllen nicht nur das Innere eines Körpers, sondern auch seinen historischen Kontext. Was als innere Wahrheit eines Körpers gilt, ist eigentlich das soziale Konstrukt seiner Außenwelt.

Röntgenstrahlen durchdringen den Körper mit vorher existierenden Kategorien und Maßeinheiten und passen ihn in einen äußeren gesetzlichen und politischen Rahmen ein. Innere Anzeichen werden nach externen Kriterien wie Ethnie, Gender, Schönheit oder Alter codiert und definiert.

Die Metaphorik der Röntgentechnik veranschaulicht die enge Verbindung der inneren Organe eines Körpers mit außenliegenden Kräften. Die Organe befinden sich bereits außerhalb des Körpers. So stecken wir, ausgestattet mit gesetzlichen und sozialen Konzepten und Kategorien, bereits in dem, was wir glauben, von außen zu beobachten. Im Kontext eines Visumantrags ist ein weißer Fleck auf der Lunge ein Zeichen für Tuberkulose.

Der medizinische Blick des Röntgenapparates funktioniert als biopolitisches Instrument, das Körper im Rahmen der Altersbestimmung von Asylsuchenden, des Visumantrags von Migrant:innen, der Kommerzialisierung von Frauen und der Kriminalisierung von Minenarbeitern reguliert und diszipliniert. Dient die Röntgentechnik einerseits der Rettung von Leben, ist sie andererseits Hilfsmittel von Kontrolle und Unterdrückung. In der Art und Weise, wie sie verwendet wird, tritt die Symbiose von Pflege und Gewalt zutage. Die gleiche Technik, mit der Leben gerettet werden, setzte andere einer Kultur des Zweifels und der Kriminalisierung aus. Sie dient gleichermaßen Fortschritt und Fürsorge wie Strafe und Ausbeutung.



Röntgenstrahlen sind tödlich, im konkreten Sinne durch ihre ionisierenden Strahlen und im übertragenen Sinne aufgrund ihrer Bedeutung in politischen und gesetzlichen Praktiken. Sie stören die Gewissheit von 'neutraler' wissenschaftlicher Wahrnehmung und verdeutlichen, wie Verlangen nach Aufklärung und Durchblick einerseits und Gewalt andererseits miteinander verflochten sind. Das Verschwimmen der Grenzen zwischen Sorge und Gewalt, Zivilisation und Grausamkeit, Humanität und Sicherheitsverwahrung, Rettung und Auslöschung Das bringt uns zur Ausgangsfrage dieses Essays zurück: Was sehen wir, wenn wir ein Röntgenbild betrachten?



Beatriz Colomina X-Screens: Röntgen-Architektur

Im Dezember 1895 veröffentlichte Wilhelm Conrad Röntgen seinen Aufsatz über die kurz zuvor von ihm entdeckten X-Strahlen, in dem er von einer neuen Form der Durchlässigkeit berichtete, bei der sich „die Körper den X-Strahlen gegenüber ähnlich verhalten, wie die trüben Medien dem Licht gegenüber“.⁴⁴ Er beschrieb die unsichtbaren Strahlen als „Agens“, das die Körper durchdringe und sich auf einem Schirm zeige. Eine fluoreszierende Oberfläche wird zum intimen Zeugen eines sonst verborgenen Inneren. Es entsteht eine Struktur, die die klassische Beziehung zwischen Innen und Außen umkehrt – eine Struktur, in der wir mit unseren unzähligen Bildschirmen, die endlose, unsichtbare Ströme überwachen, noch immer leben. Architekten, Historiker und Theoretiker griffen das neue Denkmodell rasch auf und entwickelten in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts eine umfassende Theorie des Unsichtbaren, die ihre Gültigkeit weitgehend bewahrt hat. Heute erzeugen andere medizinische Bildschirme neue architektonische Formen. Die Beziehung zwischen Innen und Außen erlebt abermals einen Wandel. Neue Formen von Intimität kommen auf. Noch vor Erwähnung der Strahlen beschreibt Röntgen im zweiten Paragraphen seines Aufsatzes ein neues Konzept von Durchlässigkeit, das eng mit dem des „Schirmes“ verbunden ist. Bei diesem Schirm handelt es sich um ein dünn mit Bariumplatincyannür bestrichenes Blatt Papier, das beim Auftreffen der Strahlen fluoresziert. Verwundert nimmt Röntgen zur Kenntnis, dass Papier selbst durchlässig ist, wenn man es durch den „fluoreszierenden Schirm“ betrachtet, und dieser folglich nur aus der dünnen Schicht Bariumplatincyannür besteht. Doch nicht nur das Blatt Papier ist durchlässig. Auch ein hinter dem Schirm platziertes 1000-seitiges Buch ist durchlässig. „Dicke Holzblöcke sind noch durchlässig“. Stanniol muss in mehreren Schichten übereinander gelegt werden, um als „Schatten“ auf dem Schirm zu erscheinen, und man benötigt eine äußerst dicke Schicht Aluminium, um die Fluoreszenz zu reduzieren.

Röntgens Schirm zeigte, in den Worten seiner ersten Mitteilung, dass „alle Körper für dasselbe durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade“⁴⁵. Durchlässigkeit ist demnach eine Eigenschaft von scheinbar opaken Körpern, darunter auch dem menschlichen. Mit anderen Worten handelt es sich nicht um einen Effekt. Nicht die X-Strahlen verändern einen Körper. Er ist bereits per se durchlässig, und die Strahlen ermöglichen uns nur, dies zu sehen. Die ganze Welt wird nun als durchlässig begriffen. Nachdem Röntgen die Durchlässigkeit zahlreicher

⁴⁴ Wilhelm Röntgen, 'Ueber eine neue Art von Strahlen. Vorläufige Mittheilung', in: **Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft in Würzburg**, 137, 28. Dezember 1895, S. 132–141, zit. nach 2. Aufl., Würzburg 1896, S. 3–12, hier S. 8, https://www.deutschestextarchiv.de/book/view/roentgen_strahlen_1896?p=11.

⁴⁵ Ebd., S. 3.



Materialien studiert hatte, unter anderem Glas, das paradoxerweise (aufgrund des enthaltenen Bleies) opak ist, blickte er durch den menschlichen Körper: „Hält man die Hand zwischen den Entladungsapparat und den Schirm, so sieht man die dunkleren Schatten der Handknochen in dem nur wenig dunklen Schattenbild der Hand.“⁴⁶ Das berühmte Röntgenbild von der Hand seiner Frau Anna Bertha, mit dem Ehering am dritten Finger, fünf Tage vor Einreichung des Aufsatzes aufgenommen, diente der Illustration, mehr noch, als Nachweis seiner aufsehenerregenden Entdeckung.⁴⁷

Die für den Erfolg seiner Erfindung maßgeblich verantwortliche Aufnahme entstand am Abend des 22. Dezember 1895, als Röntgen, der sich scheute, seine revolutionäre Entdeckung den Kollegen zu präsentieren, nach Monaten des Experimentierens mit unbelebten Objekten seine Frau ins Labor brachte, ihre Hand 15 Minuten lang den X-Strahlen aussetzte und so das erste Röntgenbild eines menschlichen Körpers machte. Anna Bertha Röntgens berühmte Worte angesichts der Aufnahme ihrer Hand, „Ich habe meinen Tod gesehen“, nahmen eine weitverbreitete Reaktion auf diese Art Bilder vorweg.⁴⁸

Röntgens Aufsatz entfaltete in zweifacher Hinsicht eine enorme Wirkung. Wissenschaftler in der ganzen Welt griffen seinen Ansatz auf und versuchten, das Experiment nachzuvollziehen. In der Presse entbrannte eine lebhaft Diskussions über die mögliche Verwendung und Bedeutung der Bilder. Die Vorstellung einer unsichtbaren Welt hatte die Zeitungen elektrisiert. Mit der Aufnahme von Anna Berthas Hand tauchte ein neues Bildgenre in wissenschaftlichen und populären Publikationen auf. Unzählige Röntgenbilder von Händen wurden von Röntgen und anderen kurz nach Veröffentlichung des Aufsatzes aufgenommen. Während der ersten öffentlichen Vorlesung über seine Entdeckung am 13. Januar 1896 fotografierte Röntgen die Hand von Professor Albert von Kolliker, dem berühmten Anatom und Präsidenten der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft Würzburgs. Auf Ersuchen des Kaisers reiste Röntgen nach Berlin, um von seiner Entdeckung zu berichten, und fotografierte die Hände von Kaiser Wilhelm II. und Kaiserin Augusta Victoria. Später sollte er, neben weiteren Adligen, auch die Hände des Herzogpaares von York sowie des Zaren und der Zarin von Russland aufnehmen. Das Röntgenbild der Hand wurde zu einer neuen Form des intimen Porträts und zur Ikone einer neuen Weltansicht, in der alles, so undurchdringlich es erscheinen mochte, durchschaubar werden konnte.

Röntgen nannte das mysteriöse Phänomen „X-Strahlen“, da er nicht wusste, worum es sich handelte. Nach der Würzburger Vorlesung schlug von Kolliker vor, sie in „Röntgenstrahlen“ umzubenennen, doch der bescheidene Röntgen blieb bei seinem Begriff. Die Verwendung des Terminus „Strahlen“, formulierte er in seinem Aufsatz,

⁴⁶ Ebd., S. 4.

⁴⁷ Der Aufsatz 'Ueber eine neue Art von Strahlen' enthielt keine Abbildungen. Die englische Übersetzung, die wenige Wochen später in **Nature** erschien, zeigte neben anderen Abbildungen die Röntgenaufnahme von Anna Berthas Hand.

⁴⁸ Siehe u. a. Gottfried Landwehr und A. Hasse (Hrsg.), **Röntgen centennial: X-rays in Natural and Life Sciences**, Singapore: World Scientific, 1997, S. 7–8.



sei gerechtfertigt durch die „Schattenbilder“, die beim Einfügen eines Körpers zwischen die Quelle der X-Strahlen und einer Fotoplatte oder einem Schirm entstehen. In den zwei Monaten, bevor er die Hand seiner Frau aufnahm, habe er viele solcher Schattenbilder beobachtet und fotografiert, unter anderem ein mit Gewichten gefülltes Holzkästchen und ein Kompass mit einer Magnetnadel im Metallgehäuse.⁴⁹

Röntgen zufolge war die Möglichkeit, Fotoaufnahmen der „Schattenbilder“ auf dem Schirm zu machen, von „besonderem Interesse“, da man „im Stande [sei,] manche Erscheinung zu fixieren, wodurch Täuschungen leichter ausgeschlossen werden“⁵⁰. Der wesentliche Nutzen war für ihn somit der Nachweis jener Beobachtungen, die er zuvor vielfach auf dem fluoreszierenden Schirm getätigt hatte. Kurz nach der Veröffentlichung sandte er Abdrucke des Aufsatzes zusammen mit von ihm aufgenommenen Röntgenbildern an zahlreiche Wissenschaftler, darunter Emil Warburg in Berlin und Henri Poincaré in Paris.⁵¹ Warburg nahm die Abbildungen direkt in eine aktuelle Ausstellung auf, die zum Jahrestag der Physikalischen Gesellschaft Berlin an der Berliner Universität gezeigt wurde. Es war die erste öffentliche Ausstellung von Röntgenbildern.

Ohne die Bilder wäre die Entdeckung der Röntgenstrahlen in der Fachwelt und bei dem Laienpublikum auf geringeres Interesse gestoßen. In der ganzen Welt gelangten sie auf die Titelseiten der Zeitungen. Die Wiener **Presse** berichtete als Erste am 5. Januar 1896 in dem Artikel „Eine sensationelle Entdeckung“.⁵² In der Eile schrieb man den Namen Röntgen fälschlicherweise als Routgen. Am nächsten Tag verbreitete der **London Standard** mit der folgenden Nachricht die falsche Schreibweise:

„Der Lärm um einen bevorstehenden Krieg soll nicht von dem wunderbaren Triumph der Wissenschaft ablenken, von dem aus Wien berichtet wird. Professor Routgen aus Würzburg habe ein Licht entdeckt, heißt es, das, zum Zwecke der fotografischen Aufnahme, Holz, Fleisch und die meisten anderen organischen Stoffe durchdringt. Dem Professor gelang es, Metallgewichte in einem verschlossenen Holzkästchen zu fotografieren, sowie die Hand eines Mannes, die nur die Knochen zeigt, während das Fleisch unsichtbar bleibt.“

Der **Standard** fühlte sich in seinem Bericht in der Ausgabe vom 7. Januar 1896 genötigt, darauf hinzuweisen: „Die Presse versichert Ihren Lesern, dass es sich nicht um einen Witz oder Humbug handle. Es ist eine seriöse Entdeckung eines seriösen deutschen Professors.“ Auch die **Frankfurter Zeitung** berichtete am 7. Januar und druckte als Erste die Bilder ab. Zeitungen in aller Welt, vom **Paris Matin** über die **Czas** aus Krakow hin zu **New York Times**, **St. Louis Dispatch** und **Sydney Telegraph**

⁴⁹ Röntgen, 'Ueber eine neue Art von Strahlen', S. 11.

⁵⁰ Ebd., S. 6.

⁵¹ An folgende Adressaten sandte Röntgen seinen Artikel mitsamt Abbildungen: Arthur Schuster in Manchester, Friedrich Kohlrausch in Göttingen, Lord Kelvin in Glasgow, Henri Poincaré in Paris, Franz Exner in Wien.

⁵² 'Eine sensationelle Entdeckung', in: **Die Presse**, Wien, 5. Januar 1896, S. 1–2. Der Physiker Franz Exner, dem Röntgen seinen Artikel gesendet hatte, informierte die Wiener Zeitung.



und vielen anderen, äußerten sich begeistert angesichts der Entdeckung und möglicher medizinischer Anwendungen, denen Röntgen eher kritisch gegenüberstand. Da telegrafisch nur Texte versendet werden konnten, waren die meisten überseeischen Berichte nicht illustriert – und riefen Skepsis bei Lesern wie Journalisten hervor. **Czas**, zum Beispiel, schrieb: „Das Thema, auch wenn es ein Aprilscherz zu sein scheint, wird in seriösen Kreisen ernsthaft erörtert“.⁵³

Zahlreiche Personen griffen Röntgens Erfindung auf und entwickelten neue Techniken, um den Effekt der X-Strahlen zu fotografieren. Röntgen hatte mehrere Angebote, seine Entdeckung patentieren zu lassen, ausgeschlagen und erklärt, sie gehöre der Menschheit. Er verstarb nahezu mittellos. Von Beginn an stellte er detaillierte Beschreibungen seiner Methode zur Verfügung und ermöglichte anderen, eigene Experimente durchzuführen. Einen Monat nach Erscheinen seines Aufsatzes veröffentlichten Josef Maria Eder, Direktor der k.k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproduktionsverfahren und Autor einer ersten Geschichte der Fotografie,⁵⁴ und der Fotochemiker Eduard Valenta den Band **Versuche über Photographie mittelst der Röntgen'schen Strahlen**⁵⁵, ein Album mit 15 Fotogravüren nach Röntgenbildern, in dem sie ihr Verfahren und die gegenüber Röntgens Apparat vorgenommenen Verbesserungen eingehend erläutern. In dem Album finden sich Bilder von Händen und Füßen, Fischen, Fröschen, einer Schlange, eines Chamäleons, einer Eidechse, einer Ratte, einem Häschen, eine Art Zoo, der an die naturkundlichen Alben von Tieren, Insekten und Pflanzen des 19. Jahrhunderts erinnert, aber auch die fotografischen Visionen der 1920er Jahre von Moholy Nagy und anderen vorwegnimmt, die gleichermaßen enzyklopädisch werden sollten – als gelte es, die ganze Welt neu zu sehen oder, genauer gesagt, als handle es sich um eine ganz neue Welt. Moholy Nagy drückte es später folgendermaßen aus:

„Die Leidenschaft für Durchlässigkeit ist eines der eindrucksvollsten Phänomene unserer Zeit. In Röntgenbildern wird Struktur zu Transparenz und Transparenz offenbart Struktur. Die Röntgenaufnahmen, auf die sich der Futurist ständig bezieht, zählen zu den außergewöhnlichen Raum-Zeit-Darstellungen auf einer statischen Fläche. Sie zeigen gleichzeitig das Innere wie das Äußere, die Ansicht eines opaken festen Körpers, seinen Umriss, aber auch seine innere Struktur.“⁵⁶

Tatsächlich interessiert mich vor allem, wie Röntgenbilder vor dem Erscheinen der sogenannten Avantgarde das visuelle Feld veränderten. Die Röntgenstrahlen

⁵³ Andrzej Urbanik, 'History of Polish Gastrointestinal Radiology', in: **Journal of Physiology and Pharmacology**, 54, Nr. S3 (2003), S. 211.

⁵⁴ Siehe Josef Maria Eder, **Ausführliches Handbuch der Photographie**, Halle: Wilhelm Knapp, 1892.

⁵⁵ Siehe Josef Maria Eder und Eduard Valenta, **Versuche über Photographie mittelst der Röntgen'schen Strahlen**, Wien: R. Lechner & Halle, Wilhelm Knapp, 1896.

⁵⁶ László Moholy-Nagy, 'Space-Time Problems', in: **American Abstract Artists Yearbook**, New York, 1946. Wiederabdruck in: **Vision in Motion**, Chicago 1947, S. 252.



waren eine neue Form von Realismus, die keineswegs im Widerspruch zu Mystizismus oder Spiritualismus stand. Der Erfinder der von Röntgen benutzten Kathodenstrahlen, William Crook, war Präsident der Society of Psychical Research. Innerhalb eines Jahres nach Entdeckung der Röntgenstrahlen verkündete er, diese erzeugten einen neuen Realitätssinn, der nicht auf äußeren Oberflächen, sondern inneren Schwingungen beruhe, nahe dem Bewusstsein selbst, wie Linda Henderson herausgestellt hat.⁵⁷ Die von den Röntgenstrahlen ausgelöste optische und philosophische Revolution breitete sich mit unglaublicher Geschwindigkeit in der ganzen Welt aus. Die erste medizinische Untersuchung mit Röntgenstrahlen fand zwei Monate nach der Veröffentlichung in den USA statt, und die erste vollausgestattete radiologische Abteilung wurde innerhalb eines Jahres am Glasgow Royal Infirmary eingerichtet.

Es ist bemerkenswert, dass die überall auftauchenden Alben mit Röntgenaufnahmen weiter als Bilder auf Schirmen präsentiert wurden. Auch populärwissenschaftliche Publikationen wie der 1898 erschienene französische Band *La Photographie de l'Invisible*⁵⁸ weist unter jeder Abbildung sorgsam darauf hin, es handle sich um einen Schatten auf einem Schirm. So lesen wir etwa unter dem Strahlenbild eines Frosches: „ombre sur l'écran fluorescent d'une grenouille fixée par des épingles sur une plaque de liège“ oder „ombre d'une main sur un écran au platinocyanure de baryum“ [Schatten einer Hand auf einem mit Bariumplatinocyanür überzogenen Schirm]. Die Erläuterung war notwendig, da der Schirm selbst verschwand. Er hatte dieselbe Farbe wie die Seite der Buches. Der Hinweis erinnerte daran, dass es ursprünglich einen aus Papier bestehenden Schirm gab. Das „Schattenbild“ übernimmt den Platz und die Funktion einer Zeichnung, eine gespenstische Spur vor Augen der Lesenden, die tiefe Einblicke in die Geheimnisse des Körpers oder gar des Kosmos eröffnet. Der fließende, verschwundene Schirm wird zum mächtigsten Instrument.

Röntgen war begeistert, dass er den Effekt auch auf einer Fotoplatte erzeugen konnte. Im Laufe eines Jahres nach Entdeckung der X-Strahlen entwickelte Eastman Kodak eine Spezialplatte für diese Aufnahmen, und eine dünne, transparente Oberfläche übernahm vermutlich die Funktion des Schirmes, als Eastman Kodak einen Film einführte, der die fotografische Platte aus Glas ersetzte. Der unheimliche Verdopplungseffekt des Bildes blieb jedoch bestehen. Die Aufnahme von Anna Berthas Hand war das Bild eines Bildes: ein Nachweis dessen, was Röntgen unzählige Male auf dem Schirm gesehen hatte. Es ist noch immer das Bild eines Schirmes.

⁵⁷ Siehe Linda Dalrymple Henderson, *Duchamp in Context: Science and Technology in the Large Glass and Related Works*, Princeton University Press, 1998; sowie Tom Gunning, 'Invisible Worlds, Visible Media', in: *Brought to Light: Photography and the Invisible 1840–1900*, hrsg. v. Corey Keller, San Francisco: San Francisco Museum of Modern Art, 2008, S. 51–63.

⁵⁸ Siehe L. Aubert, *La Photographie de l'Invisible: les rayons X suivi d'un glossaire*, Paris: Les livres d'or de la science, 1898.



Dessen magische und bedrohliche Wirkung erfasste die Gesellschaft und erzeugte eine neue Art des Sehens. Als könne nichts mehr, wie zuvor betrachtet werden. Alles musste neu durchdacht werden. Alles schien von dem magischen Schirm betroffen zu sein. Wissenschaft und Medizin, natürlich, aber auch Überwachung und Unterhaltung, Religion und Spiritualismus (hier bedienten sich viele der Röntgenstrahlen als Beweis für etwas, woran sie ohnehin schon glaubten). Der Schirm wurde zum Ort intensiver Betrachtung.

Vom ersten Moment an wurde diese visuelle Revolution als Angriff auf die Privatsphäre und sogar als Form von Unsittlichkeit aufgefasst. Die Londoner **Pall Mall Gazette** schrieb 1896: „Wir sind die Röntgenstrahlen leid ... Es heißt, man könne nun die Knochen der anderen Menschen mit bloßem Auge sehen ... Auf die abscheuliche Unsittlichkeit dieses Vorgangs soll nicht weiter eingegangen werden.“⁵⁹ Karikaturen und satirische Gedichte durchmaßten den neuen Raum der Bloßstellung. Die Angst, mit Röntgenstrahlen könne durch die Kleidung gesehen werden, war von Anfang an groß. In einem Gedicht in **Electrical Review** von 1896 heißt es:

Röntgenstrahlen, Röntgenstrahlen,
Was ist dieser Trend?
Die Stadt brennt
Für die neue Phase
Der Röntgenstrahlen-Blase.
Ich bin völlig benommen,
Geschockt und beklommen;
Denn in diesen Tagen
hör' ich sagen,
durch Mantel, Kleid, Korsett hinein sie sich stahlen,
Die bösen, bösen Röntgenstrahlen.⁶⁰

Kurz nach ihrer Entdeckung boten Händler strahlensichere Unterwäsche an (so wie in jüngster Zeit, als Zoll und Sicherheitsbehörden 2007 Körperscanner an Flughäfen einführten). Ein Abgeordneter aus New Jersey soll einen Gesetzesentwurf eingebracht haben, der ein Verbot von Operngläsern mit Röntgenstrahlen vorsah, sollten diese jemals erfunden werden. Thomas Edison, der dem Publikum in der New Yorker Elektrizitätsausstellung von 1896 die Röntgenstrahlen vorführte, glaubte sogar, sie könnten eines Tages Gedanken lesen.

Die Röntgenstrahlen sorgten reichlich für Unterhaltung. Es gab Röntgenapparate auf jeder Messe – für Wissenschaft und Laienpublikum. Auf einem anlässlich der Ausstellung im Londoner Glaspalast, 1896, verteilten Faltblatt war zu lesen: „**Sehen** Sie sich vor dem Verlassen der Ausstellung die wunderbaren Röntgenstrahlen an, die größte Entdeckung unserer Zeit, ... Fotoaufnahmen mit Röntgenstrahlen möglich“. In Paris boten die **Grands Magasins Dufayel** abwechselnd Vorführungen eines Röntgenapparats und der bewegten Bilder der Brüder Lumière. Kunden

⁵⁹ **Pall Mall Gazette**, London, März 1896, zit. nach: Jon Queijo, **Breakthrough!: How the 10 Greatest Discoveries in Medicine Saved Millions**, London: Pearson Education, 2010.

⁶⁰ **Wilhelma, Electrical Review**, 17. April 1896.



konnten ein Röntgenbild ihrer Hand oder ihres Fußes als Souvenir mitnehmen. Tatsächlich wurden Kinematograf und Röntgenstrahlen mit wenigen Monaten Abstand gegen Ende des Jahres 1895 entdeckt. Die Ausrüstung für Röntgenaufnahmen wurde nicht nur von Wissenschaftlern, sondern auch von Unternehmern gekauft, von denen einige glaubten, sie seien unterhaltsamer als das Kino. Impresarios schalteten Anzeigen in Handelsblättern, um ihre Filmprojektoren gegen Röntgenapparate zu tauschen.⁶¹ Das Kaufhaus Bloomingdales beauftragte 1896 den Physiker Herbert Hawks der Columbia University, öffentliche Vorführungen der X-Strahlen durchzuführen. Es gab Röntgenlabore in allen großen Städten. In Chicago wurden Röntgen-Automaten aufgestellt, an denen man für einen Dollar ein Röntgenbild bekam.

Röntgenstrahlen wurden nahezu umgehend zu Kontrollzwecken beim Zoll eingesetzt, um Gepäck und Menschen zu durchleuchten. In Paris setzte die Polizei in den Bahnhöfen bereits 1898 Röntgenstrahlen ein. Eine Illustration in einer Pariser Zeitung zeigt eine Dame, wie sie unter ihrem Kleid eine Likörflasche verbirgt, die aufgrund des bleihaltigen Glases durch die X-Strahlen in der Nähe ihres Oberschenkelknochens sichtbar gemacht wurde.⁶² Entscheidend ist der Aufbau der Szene. Die Dame wird hinter einem von einer Assistentin hochgehaltenen Leuchtschirm ausgestellt und besetzt einen neuen Raum radikaler Bloßstellung. Von Beginn an besaß das Röntgenbild eine architektonische Struktur und behielt diese, erkennbar an unzähligen Bildern, wie einer Werbeaufnahme von 1940, mit der die Öffentlichkeit von der Ungefährlichkeit der Röntgenstrahlen überzeugt werden sollte. Die in einem Röntgenapparat sitzende attraktive blonde Frau nimmt einen neuen technologischen Raum ein, der von einem Schirm statt von Mauern definiert wird, einem Leuchtschirm und seinem Schattenbild. Wir sind immer noch im Dunstkreis von Anna Bertha Röntgen und dem Ur-Bild ihrer Hand. Ein Schirm bringt die Geheimnisse des Inneren an die Oberfläche und das Fleisch wird zu einem schwachen Umriss. Der Körper wird förmlich von innen nach außen gekehrt. Spätestens seit der Renaissance orientiert sich die westliche Architektur am Modell des menschlichen Körpers. Mit Entdeckung der Röntgenstrahlen wird dieser Körper umgestülpt, das Innere tritt nach außen. Die moderne Architektur übernimmt das Konzept des Schirmes und sogar des Schattenbildes. Ihren gläsernen Bauten liegt die Logik der Röntgenstrahlen zugrunde. Die äußere Hülle verschwindet, um ein gespenstisches Bild des Inneren freizugeben. Es ist eine Röntgen-Architektur. Wie die transformativen Aufnahmen Röntgens wird sie ebenfalls zum Bild eines Bildes – der Wirkung der Strahlen eher entsprechend als dem Röntgenbild. Nicht das Innere eines Gebäudes soll offengelegt werden, das Gebäude wird vielmehr zum Symbol des Offenlegens, das sich auf einem Schirm manifestiert. Glas dient dabei der Simulierung von Durchlässigkeit.

Für die zeitgenössische Debatte über Durchlässigkeit war die Wirkweise von Röntgenstrahlen grundlegend. Arthur Korn, etwa, führt in seinem bemerkenswerten

⁶¹ Siehe Gunning, 'Invisible Worlds, Visible Media', S. 52.

⁶² Siehe Guy Pallardy, *Histoire illustrée de la radiologie*, Paris: Les Editions Roger Dacosta, 1989, S. 98.



Band *Glas im Buch und als Gebrauchsgegenstand* von 1929 die neuen Einsatzmöglichkeiten von Glas in der Architektur auf und bemerkt, wenig überraschend, dass „the outside wall is no longer the first impression one gets of a building. It is the interior, the spaces in depth and the structural frame, which delineates them that one begins to notice through the glass wall ... Glass is noticeable yet not quite visible. It is the great membrane, full of mystery, delicate yet thoug.“⁶³

Jener Hauch von Mysterium, den die Röntgenstrahlen verbreiten, durchzieht auch Korn's Band, etwa in den Fotografien des Bauhauses in Dessau, dessen Glasfassade einem Knochengerüst ähnelt – und ein sich schemenhaft abzeichnendes Inneres offenlegt.

Die Übereinstimmungen zwischen Korn's Ausführungen und der Darstellung jener neuen Form von „Durchlässigkeit“ in Röntgen's Aufsatz sind frappierend. Durch das gleichsam unsichtbare Glas erscheint der Körper des Bauhaus-Gebäudes seltsam verzerrt, so wie das Fleisch, wie Röntgen schreibt, zu einem rätselhaften Schatten wird, wogegen die Knochen vollständig sichtbar sind.⁶⁴

Moderne Bauten nahmen sogar die Erscheinung medizinischer Bilder an. Der Einfluss der Radiografie, des maßgeblichen Diagnoseverfahrens für Tuberkulose, auf zahlreiche Architekten der Avantgarde in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts ist offenkundig. Ludwig Mies van der Rohe, der seine Tätigkeit als „Haut und Knochen“-Architektur bezeichnete, präsentierte seine beiden Hochhaus-Projekte, das in der Friedrichstraße von 1919 und das Glashochhaus von 1922, als betrachte man sie durch einen Röntgenapparat. Sein Interesse an Röntgenbildern war groß, und er nutzte sie, wie in der Ausgabe der Zeitschrift **G: Zeitschrift für elementare Gestaltung** von April 1926, zur Illustration seiner Artikel. Um sein Anliegen zu unterstreichen, bebilderte er in der Reihe **Merz** sein Glashochhaus sogar mit der Aufnahme eines Knochens.

Doch Mies van der Rohe war nicht der Einzige. Die Bücher über moderne Architektur waren voller Bilder von leuchtenden Glasfassaden, die Knochen und Organe freigeben. Mit der Anmutung eines Radiografie-Albums erinnern sie an die Röntgenatlanten, die in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts aufkamen.⁶⁵

Denken wir etwa an Le Corbusiers Projekt für ein Glashochhaus (1925), das Bauhaus-Gebäude von Walter Gropius (1925–1926), die Van-Nelle-Fabrik von Brinkman & Van der Vlugts in Rotterdam (1925–1927), Mendelsohns Kaufhaus Schocken in Stuttgart (1926–1928), Georg Kecks Glashaus auf der World's Columbian Exhibition in Chicago (1933–1934), Paul Nelsons Suspended House (1935), Frits Peutz' Glaspaleis in Heerlen (1935) und unzählige andere Beispiele. Das

⁶³ Arthur Korn, *Glas im Bau und als Gebrauchsgegenstand*, Einleitung zur 1. Aufl., Berlin 1929, unpag.

⁶⁴ Siehe Röntgen, 'Ueber eine neue Art von Strahlen'.

⁶⁵ Rudolf Grasheys *Atlas typischer Röntgenbilder von normalen Menschen* wurde zwischen 1905 und 1939 sechsmal aufgelegt. Siehe Lorraine Daston und Peter Galison, 'The Image of Objectivity', in: *Representations* (University of California Press), Nr. 40, Sonderheft: Seeing Science (Herbst 1992), S. 81–128.



war kein ästhetischer Trend mehr, sondern Ausdruck einer umfassenden, auf dem medizinischen Diskurs basierenden Philosophie des Designs.

Die Entwicklung der Radiografie und der modernen Architektur verläuft parallel. Auch wenn im frühen 20. Jahrhundert viel mit Glas experimentiert wurde, handelte es sich doch meist um vereinzelte atypische Projekte von Avantgarde-Architekten – viele entstanden als temporäre Bauten für Messen. Erst in der Mitte des Jahrhunderts sollte das durchlässige Haus realisiert werden: das Farnsworth House (1945–1951) von Mies van der Rohe in Plano, Illinois, und das Glass House (1949) von Philip Johnson in New Canaan, Connecticut. So wie die Röntgenstrahlen dem öffentlichen Blick das Innenleben eines Körpers enthüllen, offenbart moderne Architektur ihren Innenraum. Mit dem Panoramafenster der Jahrhundertmitte wurde die architektonische Sichtbarmachung ebenso zum Massenphänomen wie die Röntgenstrahlen selbst.

Doch es war nicht nur das Haus, durch das geblickt werden musste. Alles, von Pyrex-Backformen über Frischhaltefolie hin zum Fenster in Backofen und Waschmaschine, gab seinen Inhalt preis. Zugleich wurde alles zum Objekt von Röntgenstrahlen – sogar Autos, wie das Bild eines Jeeps zeigt, das 1946 in der Zeitschrift *Life* („das größte Röntgenbild der Welt“) und 1953 in der Ausstellung „Parallel of Life and Art“ des Londoner Institute of Contemporary Art veröffentlicht wurde. Auf dem Cover des Ausstellungskatalogs ist das Röntgenbild eines Mannes von 1941 zu sehen, der einen elektrischen Rasierer benutzt. Es stammt aus dem Band *Vision in Motion* von László Moholy-Nagy (1947), der es vermutlich in der Zeitschrift *Mechanix Illustrated* gefunden hatte und als Aufnahme zweier Ärzte eines Labors in New Jersey präsentierte. Er verwendete jedoch auch Röntgenbilder aus einer Ausgabe der *Wendungen* von 1923 – was belegt, dass Architektur- und Kunstzeitschriften schon relativ früh Röntgenbilder veröffentlichten.

Zum Zeitpunkt des Erscheinens von Moholy Nagys Band hatten sich Röntgenbilder von einem radikalen Medium, das die verborgene Wahrheit von Körpern enthüllt, zu einem fast alltäglichen Routineverfahren entwickelt. Seit den 1930er Jahren setzten Schuhgeschäfte Röntgenapparate ohne Schutz vor radioaktiver Strahlung zur Vermessung der Füße ein, was erst in den 1970er Jahren verboten wurde. Ebenfalls in den 1930ern begann das massive Durchleuchten der Bürger:innen. Infolgedessen war das nunmehr sichtbare Körperinnere nicht nur ein Werkzeug der Diagnose, sondern auch Ort einer neuen Form öffentlicher Überwachung. Die Nachkriegskampagnen gegen Tuberkulose sehen Programme zur massiven Überwachung der Bevölkerung durch den Einsatz von Röntgenapparaten in Warenhäusern, Fabriken, Schulen, an innerstädtischen Straßen und auf öffentlichen Märkten vor. Innerhalb eines halben Jahrhunderts hatte man ein experimentelles medizinisches Verfahren in eine Methode zur Überwachung der gesamten Bevölkerung verwandelt.

In der Populärkultur der Jahrhundertmitte war die Verknüpfung von Röntgenstrahlen und Glashäusern alltäglich. In dem Film *Highlights and Shadows* der Kodak Research Laboratories über die Vorteile der Radiografie in der Krankheitsbekämpfung, den der Regisseur und Röntgenassistent James Sibley



Watson Jr. 1937 drehte, sieht man einer Frau, die im Badeanzug auf einem Röntgentisch befestigt ist, beim Durchleuchten ihres Körpers zu. Als das Röntgenbild ins Bild kommt, erklärt der Kommentator: „Der jungen Dame, der von nun an kein Glashaus mehr Angst machen dürfte, wird nach Untersuchung ihrer Röntgenbilder bescheinigt, völlig gesund zu sein.“⁶⁶ Das Glashaus diente gleichermaßen als Symbol einer neuen Form der Überwachung wie der Gesundheit. Ähnliche Assoziationen finden sich im Diskurs um kanonische Werke der modernen Architektur. In einem Interview mit der Zeitschrift *House Beautiful* vergleicht Edith Farnsworth, eine erfolgreiche Ärztin aus Chicago, ihr berühmtes von Mies van der Rohe entworfenes Wochenendhaus mit einer Röntgenaufnahme:

„Unter meinem Spülbecken steht kein Mülleimer. Wissen Sie, warum? Sie können die ganze 'Küche' von der Straße einsehen und der Eimer würde den Eindruck des gesamten Hauses ruinieren. Daher verstecke ich ihn etwas tiefer im Schrank unter dem Becken. Mies spricht vom 'freien Raum': sein Raum ist aber sehr festgelegt. Ich kann keinen Kleiderbügel in meinem Haus aufhängen, ohne daran zu denken, wie es von außen wirken könnte. Die Möbel umzustellen, wird zu einem großen Problem, weil das Haus so durchlässig ist wie ein Röntgenbild.“⁶⁷

Farnsworth verwendet die Metapher des Röntgenbildes nicht zufällig. Sie fügt hinzu: „In der Gegend gibt es bereits das Gerücht, es handle sich um ein Sanatorium für Tuberkulose-Patienten.“⁶⁸ Moderne Architektur wurde somit buchstäblich als medizinisches Instrument präsentiert und verstanden.

Man kann die Architektur der Moderne nicht unabhängig von Tuberkulose und ihrem wesentlichen Diagnoseverfahren, der Radiografie, betrachten. Tatsächlich scheinen die Prinzipien moderner Architektur direkt einer medizinischen Abhandlung über die Krankheit entnommen zu sein. Ein Jahr, bevor Robert Koch 1882 den Tuberkulose-Bazillus entdeckte, führte ein Standardwerk der Medizin als Gründe für die Erkrankung auf: „unvorteilhaftes Klima, Bewegungsmangel, schlechte Belüftung und zu wenig Tageslicht“.⁶⁹ Es dauerte lange, bis diese Kriterien in Frage gestellt wurden, wie Susan Sontag bemerkte: „Man glaubte, einem Tuberkulose-Patienten durch Umzug helfen, ja, ihn kurieren zu können. Es wurde angenommen, dass Tuberkulose eine feuchte Krankheit sei, eine Krankheit dunstiger, klammer Städte. Es hieß, das Innere des Körpers werde feucht

⁶⁶ James Sibley Watson, Jr., *Highlights and Shadows*, Rochester, NY: Kodak, 1937, zit. nach: Lisa Cartwright, *Screening the Body: Tracing Medicine's Visual Culture*, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1995, S. 155.

⁶⁷ Edith Farnsworth zit. nach: Joseph A. Barry, 'Report on the American Battle between Good and Bad Modern', in: *House Beautiful*, Mai 1953, S. 270.

⁶⁸ Edith Farnsworth, 'Memoirs' (unveröff. Manuskript), zit. nach: Alice T. Friedman, *Women and the Making of the Modern House: A Social and Architectural History*, New York: Abrams, 1998, S. 143.

⁶⁹ August Flint und William H. Welch, *The Principles and Practice of Medicine* (5. Aufl., 1881), zit. nach: Susan Sontag, *Illness as Metaphor*, New York: Vintage Books, 1979, S. 53.



(„Flüssigkeit in der Lunge“ war ein üblicher Ausdruck) und müsse trockengelegt werden.“⁷⁰

Moderne Architekten versprachen Gesundheit, indem sie für eine Veränderung der Umgebung sorgten. Die Architektur des 19. Jahrhunderts wurde als ungesund verteufelt, und Sonne, Licht, Bewegung, Dachterrasse, Hygiene und weiße Wände wurden als Vorsorge, wenn nicht sogar als Heilmittel gegen Tuberkulose angepriesen. Die Werbekampagne der modernen Architektur gründete auf zeitgenössischen Vorstellungen von Tuberkulose und der Angst vor Erkrankung – und war vor allem durch das wesentliche Diagnoseverfahren, der Röntgenaufnahme der Brust, geprägt. Ihrem Selbstverständnis nach schuf moderne Architektur mit ihren Bauten nicht nur gesunde Lebensräume, sondern ein der Macht des Röntgenbildes ebenbürtiges Diagnoseverfahren. Le Corbusier formulierte 1925 in *L'art décoratif d'aujourd'hui*:

„Ist ein Haus reinweiß ... alles tritt hervor und schreibt sich perfekt ein, schwarz auf weiß; es ist offen und zuverlässig ... Es gleicht ein wenig Röntgenstrahlen der Schönheit.“⁷¹

Auch Le Corbusier wählte seine Metapher mit Bedacht. Die Diagnose von Tuberkulose blieb schwierig. Häufig verwechselten die Ärzte sie mit anderen Krankheiten wie Bronchitis, Darmerkrankungen, Malaria, Neurasthenie und Typhus. Um den Gesundheitszustand beurteilen zu können, mussten sie in den Körper blicken. In Sanatorien stand die Röntgentechnik seit Beginn des Jahrhunderts zur Verfügung und in den 1920er Jahren gehörte sie zur Routineuntersuchung der Patienten mit sichtbaren Symptomen. Einen Körper nach Tuberkulose abzusuchen, bedeutete, in zuvor unsichtbare Regionen optisch einzudringen. Die Röntgenstrahlen brachten eine neue Art der Sehens hervor, ein neues Paradigma von Wahrheit, dem die Architekten nicht widerstehen konnten. Nichts war moderner.

„Der TB-Patient ist ein Wanderer“, vermerkte Susan Sontag in einem ihrer Notizbücher. Er reist, um Heilung zu finden. „Es gibt eine Geografie der Gesundheit“.⁷² Diese nomadische Figur ist zugleich ein typischer Nutzer moderner Architektur, der zeitgenössische Gebäude betritt wie medizinische Apparate. Architektur wird dabei weniger als Raum des Schutzes, sondern des Ausstellens gedacht – der Strahlen-Exposition. Eine ganze Architektur der Gesundheit wird um die neue Form des Bildes aufgebaut. Die Debatte über Durchlässigkeit in der Architektur der Moderne ist nur ein Echo der früheren Diskussion, die bereits um Röntgens Entdeckung entbrannte, hatte diese doch die Imagination aller unmittelbar befeuert: Der Gedanke, durch Gebäude und Kleidung blicken zu können, war eine große Herausforderung für landläufige Ansichten und soziale Vereinbarungen über Privatsphäre und psychisches Wohlbefinden.

Da die Röntgentechnik zunehmend untrennbar mit Tuberkulose verknüpft war, wurde der TB-Patient zum Paradigma einer neuen Reflexion über Körper, Objekte

⁷⁰ Ebd., S. 14–15.

⁷¹ Le Corbusier, *L'art décoratif d'aujourd'hui*, Paris: G. Crès et Cie, 1925, S. 190.

⁷² Susan Sontag Archives, UCLA, Box 43.



und Psychologie. „TB lässt den Körper durchlässig werden“, notierte Sontag an anderer Stelle, „während er durch Krebs opaker wird als normal“⁷³, vielleicht da dieser das Körpergewebe selbst trübt. „Die Röntgenstrahlen erlauben oft zum ersten Mal, das eigene Innere zu sehen, selbst durchlässig zu werden.“ Tatsächlich tragen in Thomas Manns **Zauberberg** die Tuberkulose-Patienten des Sanatoriums ihre eigenen Röntgenbilder, oder die ihrer Lieben, in ihrer Brusttasche mit sich. Als die von Hans Castorp verehrte Clawdia Chauchat das Sanatorium verlässt, überreicht sie ihm zur Erinnerung ihr Röntgenbild:

„Bleich war der Zurückbleibende auf sein Zimmer geeilt, [...] hatte sich dann in seinen Stuhl geworfen und aus der Brusttasche die Erinnerungsgabe gezogen, das Pfand, das diesmal nicht in bräunlichroten Holzschnitzeln, sondern in einem dünn gerahmten Plättchen, einer Glasplatte bestand, die man gegen das Licht halten mußte, um etwas an ihr zu finden, – Clawdias Innenporträt, das ohne ihr Antlitz war, aber das zarte Gebein ihres Oberkörpers, von den weichen Formen des Fleisches licht und geisterhaft umgeben, nebst den Organen der Brusthöhle erkennen ließ ... Wie oft hatte er es betrachtet und an die Lippen gedrückt in der Zeit, die seitdem verflossen war, indem sie Veränderung gezeitigt hatte! Gewöhnung zum Beispiel an ein Leben hier oben in räumlich weiter Abwesenheit Clawdia Chauchats hatte sie gezeitigt, und zwar geschwinder, als man hätte denken sollen [...].“⁷⁴

Das Röntgenbild dient der Selbstdarstellung und wird zu einem neuen, intimeren Porträt. Die distanzlose Logik der medizinischen und polizeilichen Überwachung, deren neuem, durchdringendem Blick der Körper nichts entgegensetzen kann, weicht einer zarten Intimität. Der Versuch, den Körper zu disziplinieren – durch ein Regime gleichgeschalteter medizinischer, technologischer und architektonischer Vorgaben –, ruft neue psychologische, soziale, philosophische und emotionale Interaktionen hervor. Der scheinbar fragile, dunstige Raum des Röntgenbildes wird zur eigenständigen Architektur, die bewohnbar ist und bewohnt wird. Strenge und Klarheit moderner Architektur machen Platz für sanfte Strukturen der Spiegels und des Durchscheinens. Röntgen-Architektur ist bewohnbare Unschärfe.

⁷³ Ebd.

⁷⁴ Thomas Mann, **Der Zauberberg**, Frankfurt: S. Fischer Verlag, 1999 [Erstausg. Berlin: S. Fischer Verlag, 1924].



Peter Predehl

Das heiße Universum. Röntgenstrahlung aus dem All

Als ich vor etwa 35 Jahren bei einem Vortrag ein Bild des Mondes zeigte, das wir kurz zuvor mit dem Röntgensatelliten ROSAT gewonnen hatten, fragte mich anschließend ein Zuschauer, wie wir das geschafft hätten, den Mond zu röntgen. Die Frage war aus Laiensicht zwar naheliegend, hat mich aber trotzdem überrascht, denn: mit Röntgenstrahlung ansonsten verborgene Dinge sichtbar zu machen, funktioniert bei Knochen in unserem Körper, der Mond mit seinen über 3.000 Kilometern Durchmesser jedoch lässt sich auf vergleichbare Art nicht durchleuchten.

Zum Mond kommen wir später noch einmal, aber was sind eigentlich Röntgenstrahlen? Jeder Körper 'strahlt' entsprechend seiner Temperatur. Je höher diese ist, desto kürzer die Wellenlänge: Mikrowellen lang, Röntgen kurz, Licht irgendwo dazwischen. Wir kennen das aus dem Alltag: Ist es nachts dunkel, können wir mit Wärmebildkameras dennoch Menschen oder Tiere sichtbar machen. Ein Fieberthermometer, welches die Körpertemperatur im Ohr misst, empfängt ebenfalls Wärmestrahlung, die Temperatur sollte möglichst über 35 und unter 37 Grad Celsius liegen. Ein Bild können wir damit zwar nicht erzeugen, wissen aber wo die Strahlung herkommt, nämlich aus dem Ohr. Sichtbares Licht kennen wir von Kerzen oder den mittlerweile dem Untergang preisgegebenen Glühlampen. Beide sollten wir nicht anfassen, weil sie bereits heiß sind: Eine Kerze hat immerhin etwa 2.000 Grad Celsius. Und dann gibt es natürlich die Sonne mit einer Temperatur von beinahe 6.000 Grad Celsius. Unsere Mikrowelle erreicht aufgrund ihrer weitaus größeren Wellenlänge glücklicherweise nicht diese Temperaturen, obwohl man sich da auch mal die Finger verbrennen kann. Erreicht ein Körper Temperaturen von Millionen Grad Celsius, dann sendet er auch Röntgenstrahlung aus. Es ist sicher einleuchtend, aber manchmal schwer vorstellbar, dass dazu extreme Bedingungen und exotische Objekte notwendig sind. Außer in einem Labor gibt es so etwas auf der Erde nicht, sondern nur im Weltall.

Interessant und sicherlich kein Zufall, dass unsere Augen genau beim Maximum des Sonnenspektrums ihre größte Empfindlichkeit besitzen und zusätzlich unsere Erdatmosphäre dort am durchlässigsten ist. Dass sie dagegen Röntgenstrahlung nicht durchlässt, ist lebensfreundlich für Mensch und Tier, andererseits aber umständlich für uns Röntgenastronom:innen, weil wir mit unseren Instrumenten aus der Atmosphäre heraus müssen.

Der Vollständigkeit halber: Strahlung kann auch anders als durch Wärme erzeugt werden. Im Mikrowellenherd arbeitet ein Magnetron, Lampen sind heutzutage überwiegend LEDs und Röntgenstrahlung kann man, wie wir alle vom Arztbesuch wissen, mit einem Röntgengerät erzeugen. Aber die physikalischen Erklärungen dazu erspare ich uns und komme stattdessen auf den Mond zurück.

Als Neil Armstrong am 20. Juli 1969 den Mond betrat, bekam er trotz der Röntgenstrahlung, die man von dort vermutete, bekanntlich keine heißen Füße. Das



bedeutet, dass die Strahlung woanders erzeugt werden musste und nur am Mond reflektiert (besser: gestreut) wird – genauso, warum wir überhaupt den Mond sehen. Er wird von der Sonne beleuchtet und das eben auch mit Röntgenstrahlen. Warum kann das die Sonne, obwohl sie nur ein paar Tausend Grad Celsius heiß ist? Die Sonne ist von einer Korona aus dünnem Gas umgeben, die man nur bei totaler Sonnenfinsternis sehen kann, von der man aber bereits um 1930 vermutete, dass sie sehr heiß sein müsse. Ich wurde mal bei einem Vortrag belehrt, besser nicht von heißem Gas zu sprechen, sondern von Plasma. Ein Plasma ist ein heißes Gas, bei dem die Atome wegen der Hitze zumindest teilweise ihrer Elektronen beraubt wurden. Der Hinweis war physikalisch richtig, ich bleibe aber trotzdem lieber bei 'heißem Gas'. 1948 gelang es US-Forscher:innen dann mit einem primitiven Raketenexperiment, nämlich einer einfachen Lochkamera mit einem fotografischen Film, die Röntgenstrahlung der Korona auch nachzuweisen.

Röntgenastronomie beschäftigt sich mit dem heißen Universum

Im Juni 1962 wurde vom US-Militärstützpunkt White Sands Missile Range in New Mexico eine Aerobee-Höhenforschungsrakete mit einem Röntgendetektor an Bord gestartet. Ein Team unter Leitung von Riccardo Giacconi wollte in Vorbereitung der geplanten Mondlandung die solare Streustrahlung von der Mondoberfläche studieren. Die Instrumente damals waren noch keine richtigen Kameras oder gar Teleskope, sondern Detektoren mit denen man nur grob die Richtung der Strahlung bestimmen konnte, ähnlich wie beim Fieberthermometer. Eine präzise Ortsbestimmung war damit nicht möglich. Die Rakete schwenkte in den wenigen Minuten ihres Fluges über den Himmel, verpasste dabei knapp den Mond, entdeckte dafür aber eine helle Röntgenquelle, aufgrund ihrer Position Scorpius X-1 genannt. Damals wusste man noch nichts über ihre Natur als Neutronenstern, denn die wurden als Pulsare ja erst ein paar Jahre später nachgewiesen. Giacconi war übrigens auch die leitende Kraft hinter den meisten amerikanischen Röntgensatelliten in den Jahrzehnten danach. 2002 bekam er für seine Entdeckungen den Nobelpreis.

Obwohl Höhenforschungsraketen auch später noch geflogen wurden – die Zukunft danach gehörte den Satelliten. Im Dezember 1970 wurde von einer Plattform vor der Küste Kenias Uhuru (Suaheli für Freiheit) gestartet und damit zum ersten Mal der ganze Himmel durchsucht. 339 Röntgenquellen waren die Ausbeute des kleinen Instruments, die meisten davon konnten als Röntgendoppelsterne klassifiziert werden. Scorpius X-1 war auch darunter und es stellte sich heraus, dass es überhaupt die mit Abstand hellste Röntgenquelle (mit Ausnahme der nahen Sonne) am Himmel ist. Übrigens hatte man den Startplatz nahe des Äquators deshalb gewählt, weil man von da wegen der größeren Fliehkraft durch die Erddrehung leichter in eine Erdumlaufbahn kommen kann. Von Cape Canaveral, wo damals alle amerikanischen Satelliten gestartet wurden, hätte es die kleine Scout-Rakete nicht geschafft.

Was macht nun einen Doppelstern – solche kannte man natürlich schon vorher – zu einem Röntgendoppelstern? Einer der beiden Partner ist dabei ein Weißer



Zwerg, ein Neutronenstern, ein Schwarzes Loch, alles im Prinzip Sternleichen, also Sterne, die ihren Brennstoff bereits verbraucht haben und je nach ihrer Masse ein unterschiedliches, aber kleines Ende gefunden haben. Ein Weißer Zwerg besitzt die Masse der Sonne und die Größe der Erde, ein Neutronenstern ist etwas schwerer und hat die Größe einer deutschen Großstadt und ein Schwarzes Loch ist noch schwerer und hat gar keine Größe, es ist ein Punkt, eine **Singularität** in der Raumzeit. Das sind Orte im Weltall, wo die uns bekannten Gesetze der Physik zusammenbrechen. Glücklicherweise (das macht es für uns hier einfacher) ist das Schwarze Loch von einer Art Horizont umgeben. Von innerhalb des Horizonts kann nichts, auch kein Licht mehr, entweichen – deswegen Schwarzes Loch. Sonne und Erde wären auch Schwarze Löcher, könnte man sie auf drei Kilometer beziehungsweise Tischtennisballgröße komprimieren. In der Realität braucht man dafür aber viel größere Massen.

Woher weiß man eigentlich von Schwarzen Löchern, warum kann man sie 'sehen', obwohl doch kein Licht herauskommen kann? Sie können Materie aus der Umgebung, zum Beispiel von einem Begleitstern, aufsaugen. Das kann die Materie nicht direkt tun, sie kann nicht auf kürzestem Weg in das Schwarze Loch fallen, sondern 'fällt' zunächst um das Loch herum und sammelt sich in einer Scheibe, die um das kompakte Objekt rotiert. Für die Physiker:innen: sie muss durch Reibung Drehimpuls abbauen. Der innere Rand der Scheibe kann dabei so heiß werden, dass Röntgenstrahlung erzeugt wird. Ob es sich bei dem, was da innen sitzt, tatsächlich um ein Schwarzes Loch handelt, dazu braucht es natürlich noch ein bisschen mehr Physik.

Interessanter aber ist vielleicht die Situation bei einem Neutronenstern. Her X-1 im Sternbild Herkules gilt als Prototyp eines Röntgendoppelsterns, bestehend aus einem mehr oder weniger normalen Stern und einem Neutronenstern. Der Begleiter (der Normalstern) verliert Materie durch Sternwind oder weil ihm sein Platz nicht mehr ausreicht. In einem Doppelsternsystem ist nämlich der Platz für jeden der beiden begrenzt, wegen der Anziehungskräfte der beiden und der Fliehkraft durch die Umkreisung umeinander. Dehnt sich nun einer der beiden über Gebühr aus, strömt Materie hinüber zum anderen Stern, grundsätzlich auf den Weißen Zwerg, den Neutronenstern oder das Schwarze Loch, weil diese sind klein und dehnen sich normalerweise nicht mehr aus. Bei Her X-1 sind das 100 Milliarden Tonnen pro Sekunde, die vom Begleiter hinüber strömen und schließlich auf eine Kugel mit etwa 20 Kilometern Durchmesser fallen, was man sich aber nicht so einfach als herunterfallen vorstellen sollte. Bei der ungeheuren Anziehungskraft eines Neutronensterns donnern diese immensen Massen mit mehr als der Hälfte der Lichtgeschwindigkeit, also mehr als 150.000 Kilometern pro Sekunde auf den Stern und heizen dabei die Oberfläche auf zig Millionen Grad Celsius auf. Und das ist noch nicht alles: Her X-1 besitzt ein Magnetfeld, das 100 Millionen Mal stärker ist als Magnete bei uns, weil es zusammen mit dem Stern komprimiert wurde. Dieses Magnetfeld lenkt die einprasselnde Materie auf die Pole des Sterns. Jetzt kann man sich überlegen, wie groß die Polkappen einer Kugel mit 20 Kilometern Durchmesser sein können? Ein Quadratkilometer oder vielleicht nur so groß wie ein Fußballfeld?



Also 100 Milliarden Tonnen pro Sekunde mit 150.000 Kilometern pro Sekunde auf eine Fläche von maximal einem Quadratkilometer. Dann eine Temperatur von vielen Millionen Grad Celsius, einer Röntgenstrahlung – 10.000 Mal mehr, als die Sonne insgesamt abstrahlt!

Woher wusste man überhaupt wie stark das Magnetfeld ist? 1976 wurde Her X-1 mit dem HEXE-Instrument auf einer Ballongondel beobachtet. Das war eine Zusammenarbeit unter der Leitung von Joachim Trümper zwischen dem Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) und der Universität Tübingen, Institut für Astronomie und Astrophysik. Es war damals sehr mutig, einen Zacken im gemessenen Röntgenspektrum nicht als Artefakt, sondern als Zyklotronlinie (kann uns hier egal sein, um was es sich dabei handelt) zu interpretieren. Aus deren Lage im Spektrum hat man dann die Größe des Magnetfelds berechnet. Dies wurde später vielfach bestätigt.

Wir kennen in unserer Milchstraße etwa 500 solcher Röntgendoppelsterne. Her X-1 ist da nicht mal das Objekt mit dem stärksten Magnetfeld. Später werden wir noch extremere Objekte sehen, wenn wir die Milchstraße verlassen. Bisher haben wir uns ja auf die 100.000 Lichtjahre in unserer näheren Umgebung beschränkt. Die uns nächste andere Galaxie, M31 oder Andromedagalaxie, ist bereits 2 Millionen Lichtjahre entfernt und das ist noch gar nichts zu den mehr als 10 Milliarden Lichtjahren, bei denen wir noch andere Galaxien sehen können. Bei Vorträgen wurde ich häufig mit dem Kommentar konfrontiert: „Zwei Millionen Lichtjahre, das kann ich mir gar nicht vorstellen“. Zur Beruhigung: Schon ein einziges Lichtjahr hat 10 Billionen Kilometer, auch das kann man sich wohl nur schwer vorstellen.

Zurück zur Röntgenastronomie, die nach Uhuru richtige Bilder generieren konnte, mit Spiegelteleskopen (Linsen wie bei Kameras funktionieren im Röntgenbereich sehr schlecht), welche aber ganz eigene Geometrien haben müssen, schlanke ineinander geschachtelte Röhren mit superglaten Oberflächen – Wolterteleskope. Diese Spiegelteleskope bekamen sehr spezielle Kameras zur Aufnahme der Bildinformation. Das waren zunächst gasgefüllte Kammern, sogenannte Proportionalzähler, später auch röntgenempfindliche CCDs. CCDs kennen wir von Digitalkameras, allerdings wären diese für die Röntgenstrahlung nicht empfindlich genug, sodass Neuentwicklungen nötig wurden. Die erste dieser Missionen war der Satellit HEAO-B der NASA, besser bekannt unter dem Namen Einstein-Observatory von 1978 bis 1983. Damit konnten die Röntgenobjekte schon viel genauer lokalisiert werden und auch die ersten extragalaktischen Quellen, so zum Beispiel die 1963 erstmals im Sichtbaren gefundenen Quasare, die extrem leuchtkräftigen Kerne von manchen Galaxien in ganz großen Entfernungen. Man entdeckte damals auch, dass der Raum zwischen den Galaxien eines Galaxienhaufens nicht leer, sondern mit heißem Gas gefüllt ist. Ein Galaxienhaufen ist eine Ansammlung von bis zu tausenden einzelnen Galaxien, das wusste man schon lange. Keine Kenntnis aber hatte man zunächst vom Gas dazwischen, das fand man erst mithilfe der Röntgenastronomie. Mit ihr stellte man auch fest, dass die Gesamtmasse des Gases viel größer ist als die aller Galaxien zusammen. Diese Entdeckung zeigte die Existenz versteckter Materie im Universum.



1990 wurde der deutsche Röntgensatellit ROSAT gestartet, von dem das ganz zu Anfang dieses Textes erwähnte Bild des Monds stammt (nach 28 Jahren gelang es dann doch) und mit dem die erste komplette Himmelsdurchmusterung mit einem abbildenden Teleskop realisiert wurde. Mehr als 100.000 Röntgenquellen wurden dabei kartographiert, das damalige „Röntgen-Wissen“ über den Himmel damit etwa verzwanzigfacht.

Neben vielen anderen Entdeckungen gab es mit ROSAT 1996 sogar eine richtige Sensation: Carey Lisse vom NASA Goddard Space Flight Center in den Vereinigten Staaten machte den Vorschlag, den Kometen Hyakutake zu beobachten. Das war eigentlich keine bestechende Idee, weil ein Komet bekanntlich eiskalt ist – wo sollte da die Röntgenstrahlung herkommen? Die Oberfläche ist auch viel zu klein, der Komet zudem viel zu weit weg. Joachim Trümper als wissenschaftlicher Leiter von ROSAT hätte den Vorschlag auch rundweg abgelehnt, hätten wir nicht schon sechs erfolgreiche Jahre hinter uns gehabt. Das machte uns gelassen und warum dann nicht mal ein paar Stunden eines so teuren Instruments für den wissenschaftlichen Spieltrieb opfern? Das Ergebnis dieses scheinbaren Unsinn-Experiments war eine Sensation: Hyakutake war sehr röntgen-hell und unsere Verwunderung entsprechend groß. Es brauchte dann auch eine Weile, um den Mechanismus der Röntgenemission eines kosmischen Eisballes zu verstehen – es war nämlich, wie sich dann herausstellte, ein neuer Effekt, bis dahin unbekannt in der Astronomie: Geladene (beziehungsweise ionisierte) Sauerstoffatome des Sonnenwindes kamen in Kontakt mit den neutralen Atomen der Kometenumgebung und klauten sich von diesen Elektronen, ein Vorgang der auf Englisch **charge exchange** genannt wird. Der Sonnenwind hat damit sozusagen die Hitze der Sonne zum Kometen transportiert. Nebenbei: Bei der Erde passiert dies ebenfalls und konnte von Röntgensatelliten wie ROSAT, später dann auch Chandra und XMM-Newton als Geokorona beobachtet werden.

Die bisher größten Röntgensatelliten Chandra der NASA und XMM-Newton der ESA wurden beide 1999 gestartet und sind auch heute noch in Betrieb. Wegen der Gleichzeitigkeit bemühte man sich sowohl in den Vereinigten Staaten als auch in Europa, dass es nicht um Konkurrenz, sondern um Komplementarität ginge: XMM-Newton mit bis dahin unerreichter Sammelfläche seiner drei Spiegelteleskope und Chandra mit einer Schärfe der Bilder, die fast an das heranreichte, was man bereits vom Hubble Space Telescope im sichtbaren Spektralbereich kannte. Zu beiden Missionen haben wir vom MPE auch beigetragen, zu XMM-Newton eine neuartige CCD-Kamera, für die wir sogar eine eigene Chip-Fertigungsstätte gründen mussten. Zu Chandra habe ich sogar ein sehr persönliches Verhältnis: Wir haben dafür ein Spektrometer gebaut. Es besteht aus 540 Beugungsgittern, die wiederum aus jeweils 15.000 feinen Golddrähten bestehen – mehr als 1.000 pro Millimeter! Die Entwicklung dieser Gitter war Inhalt meiner Doktorarbeit Ende der 1970er Jahre.

Überhaupt begann in den 1990er Jahren eine Aufbruchzeit in der Astronomie: Die großen Teleskope auf Hawaii und in den chilenischen Anden wurden gebaut. Neben dem Hubble wurden kleinere Satellitenmissionen mit Spezialaufgaben gestartet,



die unter anderem zur Entdeckung von tausenden Planeten außerhalb des Sonnensystems führten. Und: man stellte fest, dass sich das Universum nicht nur ausdehnt (auch das wusste man bereits vorher), sondern sogar beschleunigt ausdehnt, obwohl man bis dahin annehmen musste, dass sich die Ausdehnung aufgrund der Anziehungskraft zwischen den Galaxien verlangsamen sollte. Damit war die Idee der Dunklen Energie geboren. Nicht, dass wir bis dahin nicht schon genug mit der Dunklen Materie zu tun gehabt hätten.

Dazu trug die Röntgenastronomie zunächst noch wenig bei, dafür aber umso mehr zum Verständnis der Vorgänge der leuchtkräftigen galaktischen Kerne, den supermassiven Schwarzen Löchern im Inneren von Galaxien mit teils der milliardenfachen Masse der Sonne. Wenn man auf Her X-1 noch eins draufsetzen möchte: Die Röntgenleuchtkraft dieser Schwarzen Löcher kann das 100-Millionenfache von Her X-1 und somit Billionenfache der Sonne allein im Röntgenbereich betragen und insgesamt sogar zehn Mal mehr Leuchtkraft, weil sie nicht nur Röntgenstrahlung aussenden, sondern alle Arten von Strahlung, von langwelliger Radio- bis zur kurzwelligsten Strahlung, der Gammastrahlung. Diese Schwarzen Löcher überstrahlen bei weitem die ganze Galaxie, in deren Zentrum sie sitzen.

1993 machte der amerikanische Astrophysiker Roberto Antonucci den Vorschlag, dass die verschiedenen Typen von aktiven Galaxienkernen (wir benutzen immer die englische Abkürzung AGN für **Active Galactic Nuclei**) nicht verschieden sind, so wie zunächst angenommen, sondern wir sie nur unter verschiedenem Blickwinkel sehen. Das war ein Durchbruch im Verständnis und seitdem tragen Röntgenbeobachtungen hauptsächlich mit XMM-Newton und Chandra viele Details des komplexen Szenarios um diese Schwarzen Löcher herum bei.

Nach der Dunklen Materie wird seit vielen Jahrzehnten gesucht. Es muss sie geben, weil die Gravitation der Milchstraße nicht ausreicht, um die Sonne auf ihrer Bahn zu halten, wenn wir nur die Sterne in der Milchstraße zählen. Das kann auch nicht einfach nur ein Messfehler sein, weil die Milchstraße etwa fünf Mal schwerer sein müsste. Bei den vorher genannten Galaxienhaufen sieht man etwas Ähnliches: Auch das erst mit Röntgenteleskopen entdeckte heiße Gas reicht bei weitem nicht aus, um die Schwerkraft des ganzen Haufens zu erklären. Aber alle möglichen exotischen Elementarteilchen, die dafür infrage kommen, konnten bisher nicht nachgewiesen werden. Auch wenn wir nicht wissen, wie sich Dunkle Materie und Dunkle Energie zusammensetzen, wir wissen um ihre Menge (zusammen wohl 96 Prozent des gesamten Universums) und haben Vorstellungen davon, wie sich das Weltall seit Beginn entwickelt haben könnte: Gäbe es keine Expansion, würden sich Strukturen im Universum viel schneller unter der Schwerkraft zusammenballen, umgekehrt wäre dies kaum möglich, wäre die Expansion sehr viel schneller verlaufen und hätte die Schwerkraft damit ausgebremst. Für das Universum, so wie wir es heute kennen, ist also der richtige Mix aus Dunkler Materie und Dunkler Energie entscheidend.

Zu Beginn der 2000er Jahre entwickelte sich langsam die Idee, Galaxienhaufen als die schwersten Gebilde im Universum zu lokalisieren. Wenn man nicht nur ihre



Position am Himmel, sondern auch noch ihre Entfernung kennt, kann man sozusagen die spezifische Dichte des Weltalls bestimmen und das nicht nur im heutigen, nahen Weltall. Wegen der endlichen Lichtgeschwindigkeit sehen wir Dinge in großer Entfernung so wie sie vor langer Zeit waren. Somit können wir feststellen, wie sich diese Dichte im Laufe der letzten 10 Milliarden Jahre entwickelt hat. Das wiederum hilft dabei, den oben genannten Mix aus Dunkler Materie und Dunkler Energie zu bestimmen. Aus dieser Idee entstand eROSITA.

eROSITA = extended ROentgen Survey with an Imaging Telescope Array

Die Idee hinter eROSITA war, als wir 2005 anfangen, eigentlich ganz einfach: Wir wollten 100.000 Galaxienhaufen entdecken, weil das im Röntgenbereich einfacher ist, als in anderen Spektralbereichen. Nach allen Theorien und Simulationen würden wir praktisch alle massiven Haufen im ganzen Universum entdecken und somit die Entwicklung seiner Dichte messen können. Um ein Instrument mit entsprechenden Eigenschaften und in vertretbaren Kostenrahmen zu bauen, setzten wir auf existierende Technik und ein kleines, überschaubares Team am eigenen Institut, dem MPE. eROSITA besteht aus sieben einzelnen Teleskopen (daher **Telescope Array**) und sollte damit insgesamt acht Mal den ganzen Himmel durchmustern. eROSITA besitzt insgesamt die Größe und das Gewicht eines Kleinwagens. Es ist auf der russischen Plattform Navigator montiert, die seit ihrem Start im Juli 2019 einen 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernten virtuellen Punkt namens Lagrange-2 (L2) im Weltraum umkreist. Das ist mittlerweile ein beliebter Ort für astronomische Missionen, weil es da stabile Verhältnisse gibt und keine störenden Einflüsse der Erde.

Seit Februar 2022 ist bekanntlich jegliche Zusammenarbeit mit Russland gestoppt und eROSITA daher in einen Schlafmodus versetzt, bei dem es zwar überleben kann, aber keinerlei wissenschaftliche Daten produziert. Bis zu diesem Zeitpunkt waren etwas mehr als die Hälfte der acht Durchmusterungen gemacht. Wir wissen bereits heute, dass unser Ziel erreicht wird, auch wenn noch nicht alle Daten ausgewertet worden sind.

Auch über das eigentliche Ziel hinaus konnten wir bisher eine reichhaltige Ernte einfahren: Wir haben die Kosmologie mit ihren Ingredienzien aus Materie und Energie mit bisher unerreichter Genauigkeit festnageln können und darüber hinaus in allen anderen Bereichen der Astronomie Entdeckungen gemacht. Das mit ROSAT, Chandra und XMM-Newton gewonnene Wissen über die Vorgänge bei Quasaren beziehungsweise AGNs kann eROSITA nun deutlich erweitern. eROSITA hat im ersten halben Jahr eine knappe Million Röntgenquellen im westlichen Teil des Himmels, der dem MPE gehört, entdeckt. Damit sind mehr Röntgenquellen gefunden worden als mit allen bisherigen Röntgensatelliten der letzten 60 Jahre zusammen! Diese Datenbasis umfasst AGN, Sterne, Galaxienhaufen, transiente und sonstige Quellen – es ist der größte Röntgenkatalog bisher. Wenn alle soweit vorhandenen Daten ausgewertet sind, erwarten wir 3 bis 4 Millionen Röntgenquellen allein in der deutschen Himmelshälfte. Die Zahlen für die andere



Himmelskugelhälfte, die von unseren russischen Kolleg:innen bearbeitet wird, sind ähnlich.

Epilog

Wenn Astrophysiker:innen heute erklären, woraus das Universum besteht, könnte das ein wenig wie ein Witz ohne Pointe klingen: Nur etwa vier Prozent dessen, was da draußen existiert, können wir direkt beobachten. Der ganze Rest – 96 Prozent, Dunkle Materie und Dunkle Energie – ist uns rätselhaft. Unsichtbar. Aber ganz offensichtlich da.

Ähnliches gab es bisher schon auch in anderen Bereichen, zum Beispiel Anfang der 2000er Jahre in der Biologie. Das Humangenom war entschlüsselt, die DNA des Menschen vollständig kartiert. US-Präsident Bill Clinton trat vor die Presse und sagte voller Euphorie: „Wir haben das Buch des Lebens geöffnet.“ Die Realität war weniger glamourös, denn die große Entdeckung war: Der Mensch hat nur etwa 20.000 Gene. Das ist ungefähr so viel wie ein Fadenwurm oder ein Reiskorn. Und nur ein winziger Bruchteil der DNA dient überhaupt dazu, Proteine zu bauen. Der ganze Rest, über 98 Prozent, war damals noch ein Rätsel. Man dachte, es handelt sich um funktionslosen Müll. Es stellte sich später heraus, dass dieser „genetische Müll“ fein abgestimmte Steuerungsaufgaben erfüllt: Regulatorische Elemente wie Startknöpfe, Verstärker und Stoppschalter entscheiden, wann und wo ein Gen aktiv wird – ob in einer Leberzelle oder in einem Neuron, bei Kälte oder nach einer Entzündung. Der „Müll“ ist ein komplexes Kontrollsystem, das weit über das hinausgeht, was man ursprünglich suchte.

Etwas noch nicht zu wissen, treibt uns Wissenschaftler:innen umso mehr an, das Unbekannte zu erforschen.

Das **Copyright** der Essays und Quellentexte aus dem Katalogbuch X-RAY liegt, wenn nicht anders am Ende des jeweiligen Textes angegeben, bei den Autor:innen sowie Weltkurerbe Vöklinger Hütte / Sandstein Verlag, Dresden.

Alle Übersetzungen aus dem Englischen stammen von Elena Mohr