

Andre experimentiert

Andre ging wie jeden Montag in die Pariser Akademie der Wissenschaften –er war einer der führenden Mathematiker Frankreichs und daher auch 1814 in diese wichtigste naturwissenschaftliche Gesellschaft gewählt worden. Anfangs war er noch sehr aufgeregt, dass er nun zu dieser Gesellschaft gehörte, aber mittlerweile – wir schreiben den September 1820 – gehörte es zu seiner Routine, an den jeweiligen Sitzungen teilzunehmen, obwohl: richtig wohl fühlte er sich immer noch nicht. Er war ein ausgezeichnete Mathematiker, und auch wenn einige seiner Kollegen – Kolleginnen gab es zu diesem Zeitpunkt in der Akademie noch nicht – dies zwar anerkannten, so gaben sie ihm aber trotzdem immer wieder das Gefühl, er sei eben „nur“ ein Theoretiker. Allerdings freute er sich heute schon etwas mehr als sonst auf die Sitzung, denn der mit ihm befreundete Francois Arago war von einer Reise nach Genf zurückgekehrt – vielleicht könnten sie nach der Sitzung noch gemeinsam etwas essen.

Als er in der Akademie ankam stellte er fest, dass die anwesenden Kollegen sich schon aufgeregt in kleinen Gruppen unterhielten. Er trat zu einer der Gruppen und aus dem Gespräch entnahm er sehr schnell, dass Arago einen sensationell anmutenden Bericht geben würde – es war ein experimenteller Nachweis gelungen, dass Elektrizität magnetische Wirkungen hervorbringen konnte. Andre lächelte etwas über die Aufregung seiner Kollegen, er wusste zwar, dass bereits seit langer Zeit vergeblich nach einem Effekt gesucht worden war, der dies belegte, aber dennoch erschien ihm die Reaktion etwas übertrieben. Schließlich begann die Sitzung, die Akademiker nahmen ihre Plätze an dem großen Tisch ein, und Arago begann mit seinem kurzen Bericht: Er hatte in Genf von Experimenten des dänischen Forschers Oersted erfahren, nach denen eine Magnetnadel abgelenkt werden konnte, wenn sie in der Nähe eines stromdurchflossenen Leiters war. Andre saß zurückgelehnt in seinem Stuhl und hörte sich den Vortrag sehr gelassen an – plötzlich aber hätte ein aufmerksamer Beobachter bemerken können, wie sich seine Haltung änderte, er setzte sich aufrecht hin und hörte gebannt zu, nachdem Arago beschrieb, dass die Orientierung der Wirkung nicht etwa entlang des Leiters war, sondern senkrecht dazu, und zudem oberhalb des Leiters in einer anderen Richtung als darunter. Andre begann damit, sich Skizzen zu machen, um die räumliche Orientierung zu verstehen, aber das ergab alles so keinen Sinn. Nachdem Arago seinen Bericht beendet hatte herrschte zunächst Stille, die durch einen Seufzer von Dulong unterbrochen wurde: „Ach, wenn doch nur Biot schon zurück wäre ...“ Damit bezog er sich darauf, dass der führende Experimentator auf dem Gebiet der Elektrizität, Jean Baptiste Biot – gerade auf Reisen war und frühestens in sechs Wochen zurück erwartet wurde. Schließlich wurde Ara-

go gebeten, die von Oersted beschriebenen Versuche nachzuvollziehen und in einer Woche über das Ergebnis zu berichten.

Andre überlegte – wer würde sich neben Francois mit diesem Effekt weiter beschäftigen? Wer auch immer dies tat hatte gute Aussichten, sich einen Namen zu machen, denn der Effekt war ihm konzeptionell völlig unverständlich, und er schien der Theorie der Zentralkräfte auch fundamental zu widersprechen. Während die Sitzung ihren weiteren Verlauf nahm überlegte Andre, wie er wohl vorgehen würde – als die Sitzung zu Ende war hätte er nicht einmal sagen können, was noch besprochen worden war – er hatte sich eine Reihe von Gedanken und Skizzen gemacht, wie dieses Phänomen wohl näher zu untersuchen sein könnte. Er ging direkt zu Arago und nachdem die beiden sich begrüßt hatten kam Andre auch gleich zur Sache: „Francois, das ist ja ein sehr verwirrendes Ergebnis, das du berichtet hast. Meinst du, es wäre gut dazu einige Experimente durchzuführen?“ „Sicherlich“, erwiderte Francois, „aber ich werde mich nicht darum kümmern können. Warum fragst du?“ „Naja, ich gelte ja eher als Theoretiker, aber ich würde gerne einmal etwas experimentell machen, und dies scheint mir doch eine interessante Frage zu sein ...“ Arago konnte ein Lächeln nicht unterdrücken. „Aber du hast doch nicht einmal ein Labor, wie stellst du dir das vor?“ „Das habe ich mir schon überlegt, bei mir in der Nähe ist ein Zimmer zu vermieten, dort könnte ich experimentieren.“ „Und womit?“ fragte Arago belustigt. „Nun, ich könnte mir eine Batterie kaufen, und Drähte und Magneten und was ich noch so brauche ...“ Andre zögerte, aber das Lächeln im Gesicht seines Freundes ermutigte ihn und Arago meinte nur „Du hast dir ja alles schon genau überlegt mein lieber Andre, was soll ich da noch sagen? Für die Geräte gehst du am besten zu Pixii, das ist der beste Instrumentenmacher in Paris, er

wird sicherlich haben, was du brauchen kannst. Und mal sehen, was ein Mathematiker so experimentell leisten kann ...“

Die nächsten sieben Tage vergingen wie im Flug, und Andre war sehr beschäftigt – er mietete sich das Zimmer, beschaffte sich die Geräte, die er meinte zu brauchen und experimentierte. Er hatte sich überlegt, wie er vorgehen würde, wenn er das Phänomen näher analysieren wollte – als erstes musste die magnetische Wirkung des Stroms unabhängig von der der Erde dargestellt werden. Den Erdmagnetismus ausschalten ging zwar nicht, aber wenn die Magnetnadel entsprechend orientiert aufgestellt wurde, dass die erdmagnetische Wirkung gerade in Richtung der Achse ging, dann konnte er die reine Wirkung des Stromes beobachten. In den nächsten Tagen sah man Andre immer wieder aus seinem Labor kommen und zum Instrumentenmacher gehen, der ihn bald schon freundschaftlich begrüßte. Nachdem er anfangs noch mit Standardgeräten gearbeitet hatte brauchte er bald schon Instrumente, die ihm Pixii speziell anfertigen musste. Aber er lernte schnell dazu, und er wusste, er musste auch schnell lernen. Bereits nach einer Woche hatte er zeigen können, dass die magnetische Wirkung nicht auf den Draht beschränkt war, sondern auch bei der Batterie festgestellt werden konnte – der Strom floss offensichtlich im Kreis. Außerdem konnte er zeigen, dass die Richtung der Auslenkung von der Polung der Batterie abhing. Andre experimentierte auch das gesamte Wochenende, am Montag ging er dann wieder in die Akademie, auch um den Bericht seines Freundes zu hören. Dieser enthielt zwar nicht viel neues, aber Andre freute sich doch, dass er das Gefühl hatte schon sehr viel weiter zu sein mit seinen Experimenten. Am Ende der Sitzung bat er um das Wort und kündigte an, dass er in der folgenden Woche eigene Experimente zur elektromagnetischen Wechselwirkung präsentieren würde. Er bemerkte, dass einige der Kollegen überrascht zu reagieren schienen und war sich unsicher, ob dies daran lag, dass sie nicht vermutet hatten, dass jemand daran schon erfolgreich arbeiten würde, oder ob sie sich wunderten, dass ausgerechnet er, der „Theoretiker“ etwas zu diesem Versuch beitragen wollte.

Nach der Sitzung unterhielt er sich wieder mit seinem Freund Arago. „Du bist also tatsächlich schon so weit mit deinen Experimenten, dass du etwas berichten kannst“, meinte dieser. „Ja“, antwortete Andre, „ich habe das Phänomen

bereits in seiner Reinform hergestellt und verstehe es immer besser.“ „Nun“, antwortete Francois mit einem Lächeln, „das ist in der Tat spannend – ich habe ehrlich gesagt nicht gedacht, dass du ein so geschickter Experimentator bist.“ Andre schmunzelte auch: „Naja, so schwer sind die Experimente bisher nicht, und mit den Geräten, die Pixii für mich anfertigt, ist es gleich noch einmal viel leichter. Warte nur ab, ich mache wirklich großartige Fortschritte ...“ „Ich bin schon sehr gespannt auf deinen Vortrag“, Arago nickte ihm ermutigend zu, als sie sich verabschiedeten.

Andre experimentierte auch in der folgenden Woche und nutzte das Wochenende, um den Vortrag aufzuschreiben. Am nächsten Montag war er wieder in der Akademie, diesmal aber etwas nervöser als sonst, es war doch etwas anderes, ob er eine mathematische Arbeit vorstellte oder etwas, wo er sich nicht als Experte fühlte. Der Vortrag verlief für ihn gut, allerdings konnte er hinterher schon hören, wie jemand flüsterte „Was wohl Biot dazu sagen würde ...“. Er hatte zwar nicht mitbekommen, wer das gesagt hatte, aber es erinnerte ihn daran, dass er sich beeilen musste, um seine Experimente abzuschließen, und so beschloss er, gleich für die nächste Woche erneut einen Vortrag anzumelden. Nach der Sitzung kam Arago auf ihn zu und gratulierte: „Hervorragend, Andre, ein wirklich schöner Vortrag. Und du hast auch schon weitere Ergebnisse, magst du mich schon jetzt einweihen?“ „Nun ja“, druckste Andre, „so ganz fertig bin ich noch nicht, aber ich habe ja noch eine Woche, und ich werde sicherlich auch weiterhin gute Fortschritte machen.“ „Andre, du bist ganz schön mutig, du weißt, dass du blamiert bist, wenn du nichts zu erzählen hast. Aber – falls du Hilfe brauchst melde dich bitte.“

Am Abend im Labor gelang es Andre in seinem Labor einen Versuch durchzuführen, der demonstrierte, dass nicht nur der stromdurchflossene Leiter eine Wirkung auf die Magnetnadel hatten, sondern auch ein Magnet eine Wirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter. Als er nach Hause ging war er fröhlich, und murmelte immer wieder vor sich hin „es ist symmetrisch, es ist symmetrisch, der Strom wirkt auf den Magneten.“ Plötzlich blieb er stehen: „Wenn es so wäre, dass immer ein Strom auf einen Magneten wirkte, was ist dann mit der Erde – fließt in ihrem Inneren auch ein Strom?“ In den nächsten Tagen optimierte er seine Experimente, indem er verschiedene

Formen des Drahtes (als Spule, als Spirale) realisierte und untersuchte, wie der durch diesen fließende Strom auf den Magneten wirkte. Daneben arbeitete weiter an seiner Idee des Stromflusses in der Erde. Und dann kam ihm eine Idee: wenn ein Magnet durch einen stromdurchflossenen Leiter gebildet werden könnte, dann müsste doch ein stromdurchflossener Leiter auch auf einen weiteren wirken. Also müsste sich das doch nachweisen lassen, indem er zwei Spulen auseinander wirken ließ. Andre ging wieder in das Labor, um die Idee experimentell zu überprüfen. Er hängte zwei Spulen nebeneinander, schloss diese an die Batterien an und sah – nichts. Er veränderte die Drähte, nichts, er verwendete Spiralen, er verwendete Spulen, nichts, er nahm dickere und dünnere Drähte, nichts, er änderte die Polung der Batterie, nichts, nichts, nichts. Schließlich, es war bereits Samstagabend, wusste er nicht mehr weiter und ging zu Arago. Nachdem er diesem seine Theorie erläutert hatte und seine Schwierigkeiten geschildert hatte fügte er an: „Weißt du, ich bin mir sicher, dass ich Recht habe, ich habe alles variiert, aber ich sehe einfach keine Wechselwirkung, ich glaube, meine Batterien sind alle zu schwach.“ „Hmm“, meinte Arago, „und wenn du auf dem Holzweg bist? Immerhin, mit deinen bisher verwendeten Batterien hast du sowohl die Anziehung und Abstoßung des Magneten und die durch den Magneten zeigen können, das ist doch schon ein sehr schönes Resultat.“ „Vielen Dank für das Kompliment, Francois“, antwortete Andre, „aber ich glaube, ich habe noch sehr viel mehr herausgefunden als nur die experimentelle Beobachtung der Wechselwirkungen. Ich bin mir sicher, dass diese Wechselwirkung vollständig symmetrisch ist und dass letztlich die magnetische Wirkung immer auf kleine Kreisströme in den Magneten zurückzuführen sein wird. Aber wenn das so ist, dann müssten eben auch zwei Ströme eine Wechselwirkung zeigen, und das will mir einfach im Experiment nicht gelingen.“ „Nun“, antwortete Arago, „wenn du dir so sicher bist, dann habe ich vielleicht noch eine Idee: soweit ich weiß baut der Instrumentenmacher Dumontier – den du glaube ich noch nichts kennst – eine neue, besonders große Säule für Dulong – vielleicht überlässt er sie dir für deine Experimente ...“ Andre lächelte – das könnte tatsächlich die Lösung sein. Er bedankte sich für den Rat und nach einigen Minuten verabschiedete er sich. Am nächsten Morgen ging Andre zum Chemiker Dulong, und nachdem er

einige Minuten in der Eingangshalle gewartet hatte wurde er vorgelassen. Er kam sofort zur Sache: „Mein lieber Kollege, wie sie aus der letzten Akademiesitzung wissen habe ich mich intensiv mit den Wechselwirkungen der Elektrizität und des Magnetismus beschäftigt – für meine nächsten Experimente benötige ich aber eine Batterie, die den mir bisher zur Verfügung stehenden deutlich überlegen ist. Nun hat mir unser Kollege Arago gesagt, dass für Sie eine neue, besonders starke Säule angefertigt wird, und da wollte ich fragen, ob ich sie vielleicht für meine Experimente nutzen darf ...?“ Dulong's Gesichtsausdruck ließ Andre die letzten Worte schon etwas zögerlicher aussprechen, und er hatte das Gefühl, dass sein Besuch und seine Hoffnung auf Unterstützung vergebens waren. Dulong zögerte, dann antwortete er: „Mein lieber Andre, wie sie sicherlich wissen werden die Batterien bereits sehr schnell schwächer, ich kann Ihnen also leider nicht gestatten, dass Sie die ersten Experimente mit meiner Säule durchführen. Aber, um Ihnen entgegen zu kommen, wenn Sie die Säule von Dumontier erstehen möchten, so werde ich dem sicherlich nichts entgegenstellen und warten, bis er mir eine weitere hergestellt hat.“ Andre schluckte, so hatte er sich das eigentlich nicht vorgestellt, aber natürlich war Dulong's Argument nicht zurückzuweisen, und letztlich auch sein Angebot durchaus ein Entgegenkommen. „Vielen Dank, Herr Kollege, das ist sehr großzügig von Ihnen. Wie Sie sicherlich wissen habe ich kein Labor und keinen Etat, und ich habe bereits einige Summen für meine Experimente ausgegeben – können Sie mir wohl sagen, wieviel die Batterie kosten wird?“ „Nur 600 Franc“, antwortete Dulong, „sicherlich ein kleiner Preis für den wissenschaftlichen Fortschritt“. Andre blieb nichts weiter als zu nicken, sich zu bedanken und zu verabschieden. Auf der Straße war ihm fast etwas schwindelig – was sollte er nur tun? 600 Franc, das war sein halbes Monatsgehalt, und er verdiente zwar recht gut, aber dennoch, das zusammen mit dem Geld, das er bereits ausgegeben hatte ... Aber andererseits hatte er am nächsten Nachmittag einen Vortrag zu halten, und dort entweder eine Theorie ohne empirische Evidenz vorzustellen, oder aber ... Er ging noch einmal in sein Labor, führte nochmals seine Versuche durch, wobei er seine Batterien verwendete – nichts. Was sollte er nur tun?

Am nächsten Morgen ging Andre gleich nach dem Frühstück zunächst in sein Labor, packte die Spulen und Spiralen ein, die er für die Experimente benötigen würde, und machte sich auf den Weg zum Instrumentenmacher Dumontier. Dort angekommen erklärte er ihm, dass er die Batterie, die gerade fertig gestellt war, übernehmen würde. Dumontier lächelte, führte ihn nach hinten in seine Werkstatt und zeigte auf eine große Batterie: „Sehr wohl, Monsieur, ich habe bereits eine entsprechende Nachricht erhalten.“ Andre fragte: „Kann ich sie gleich hier ausprobieren? Ich habe die notwendigen Teile meines Experiments dabei.“ „Selbstverständlich, mein Herr, selbstverständlich, nur, bitte, wenn sie die Batterie benutzen müssen Sie auch zahlen – 600 Franc bitte.“ Andre schluckte, lächelte, und sagte dann, „Selbstverständlich, Ihnen wird das Geld heute Nachmittag gebracht werden, wenn das genügt?“ Ein Kopfnicken genügte, und Andre begann damit seine Spiralen auszupacken und an den Seidenfäden aufzuhängen. Dann verband steckte er die Ende der Drähte in die Töpfchen, die mit Quecksilber gefüllt waren, nahm zwei weitere Drähte und steckte erst den einen, dann den anderen in das Quecksilber. In dem Moment, als er den zweiten Draht eintauchte, bewegten, nein, sprangen die beiden Spiralen auseinander. Andres Herz schlug wie wild, dies war genau der Effekt, den er zu erzeugen gehofft hatte. Er zog einen Draht aus dem Quecksilber – die Spiralen trennten sich, er tauchte wieder ein und sie sprangen wieder auseinander. Der Instrumentenmacher war wohl mehr von dem Ausdruck auf Andres Gesicht als von dem Effekt beeindruckt – „Monsieur, Sie sind zufrieden mit meiner Batterie?“ „Oh ja“, antwortete Andre, „ oh ja.“

Am Nachmittag ging Andre in die Akademie und war immer noch ganz euphorisch. Francois kam mit einem fragenden Blick auf ihn zu, und Andre schloss für einen Moment die Augen und nickte ganz leicht mit dem Kopf. Allein das Gesicht seines Freundes war schon unbezahlbar, diese Mischung aus Freude und Unglauben. Was würden erst die übrigen Akademiker sa-

gen? Er hielt seinen Vortrag, erläuterte seine Theorie, und kam dann auf die neuen Experimente zu sprechen, die er gerade am Morgen erfolgreich durchgeführt hatte (ein Detail, auf das er nicht hinwies). Und er konnte am Ende nicht an sich halten und gab erneut einen Ausblick auf die nächsten Arbeiten: „Ich habe mir vorgenommen, das für geradlinige Ströme zu verifizieren“. Danach herrschte einen Moment Stille, bis Dulong meinte: „Nun, eine Spule zieht einen Magneten an, eine Spule zieht eine andere Spule an, was ist daran denn so besonders?“ Andre schluckte einmal kräftig, und dann kam ihm ein Gedanke: „Seit Jahrhunderten wissen wir, dass ein Stück Eisen einen Magneten anzieht, aber zieht ein Stück Eisen auch ein anderes Stück Eisen an? Oersted hat gezeigt, dass ein stromdurchflossener Leiter eine Magnetnadel beeinflusst, aber ich habe Ihnen nicht nur demonstriert, dass ein Magnet auch eine Wirkung auf einen Magneten hat und jetzt, dass auch zwei stromdurchflossene Leiter sich gegenseitig beeinflussen. Ich glaube, dieser Effekt wird eine Bedeutung für die Forschung und Technik erhalten, die wir heute noch gar nicht erahnen können“.

Andre-Marie Ampère führte innerhalb weniger Wochen nach Bekanntwerden der Demonstration der Wirkung eines elektrischen Stromes auf eine Magnetnadel entscheidende Experimente zur Etablierung der elektromagnetischen Wechselwirkung stromdurchflossener Leiter durch. In den folgenden Monaten vertiefte er seine Arbeiten und wurde so zu einer zentralen Figur in dem sich entwickelnden Gebiet des Elektromagnetismus.

Andre experimentiert wurde von **Peter Heering** geschrieben und basiert in wesentlichen Details auf der Rekonstruktion der Entwicklung von Amperes Arbeiten in F. Steinle: Explorative Experimente: Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik. Stuttgart, Steiner 2005.
