

Ipke Wachsmuth

**Maschinen, Computer,  
künstliche Intelligenzen**

Eine persönliche Zeitreise

Bibliografische Information der Deutschen  
Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese  
Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<https://dnb.dnb.de> abrufbar.

Cover mit Motiven von Pixabay: Zahnräder, ChatGPT;  
Computerkonsole, virtueller Kopf: Archiv Ipke Wachsmuth

© 2023 Ipke Wachsmuth

Buchlayout: Ipke Wachsmuth, [www.ipke.de/buecher](http://www.ipke.de/buecher)

Herstellung und Verlag: BoD – Books on Demand,  
Norderstedt

ISBN: 978-3-7578-5286-3

## 2. Relaismaschinen aus Postschrott

Eines Tages kam der Physiklehrer in den Unterricht – es war 1966 in der elften Klasse – und erzählte uns von „Jugend forscht“, ein Jugendwettbewerb für Naturwissenschaften und Technik, den die Zeitschrift STERN im Jahr zuvor ins Leben gerufen hatte. „Wir suchen die Forscher von morgen“ hieß es in der Broschüre, die der Lehrer verteilte, um uns für den Wettbewerb zu begeistern.

Unter anderem erklärte er uns den „bedingten Reflex“, den ein Wissenschaftler namens Pawlow in den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts entdeckt hatte. Das klang spannend und führte dazu, dass ich gemeinsam mit meinem Mitschüler Karl einen „Lernsimulator“ bauen wollte – eine Maschine, die einen einfachen Lernvorgang Schritt für Schritt technisch nachahmt (simuliert), und zwar Lernen durch bedingten Reflex. Was ist denn ein bedingter Reflex? Davon hatten wir noch nicht gehört.

Aber was ein Reflex ist, wussten wir schon: Eine unwillkürliche Reaktion des Nervensystems auf einen bestimmten Reiz. Zum Beispiel der Kniesehnenreflex, bei dem unser Bein nach vorne schnell, wenn man an einer bestimmten Stelle leicht auf das Knie schlägt. Oder wenn man Essen im Mund

hat, wird unwillkürlich Speichel abgesondert. Das ist nicht nur beim Menschen so, sondern zum Beispiel auch beim Hund.

Iwan Pawlow, ein russischer Mediziner und Physiologe, hatte einen interessanten Effekt entdeckt. Er spritzte Hunden Fleischbrühe ins Maul; dabei sonderten sie Speichel ab, der durch einen Schlauch abgeleitet wurde. Bevor aber die Fleischbrühe eingespritzt wurde, ließ Pawlow jedes Mal eine Klingel ertönen. Wenn Ton und Fleischbrühe wiederholt so dargeboten wurden, passierte das Folgende: Allein schon beim Klingelton sonderten die Hunde Speichel ab! Der Ton bedeutete offenbar „Futter“ für sie. Pawlow nannte das den bedingten Reflex: eine gelernte Reaktion auf einen Reiz, der für sich allein diese Reaktion nicht auslöst.

Das kam mir bekannt vor: Mein Bruder hatte ein Aquarium, und wenn er seinen Fischen Futter einstreute, sammelten sie sich an der Futterstelle. Doch pflegte er zuvor an die Aquariumscheibe zu klopfen, und schon kamen die Fische herbei. Aha: Das Klopfgeräusch war wohl ein bedingter Reflex auf Futter, den die Fische gelernt hatten.

### *Idee für unsere Lernmaschine*

Daraus entstand die Idee, eine Maschine zu bauen, die das Lernen eines bedingten Reflexes simuliert. Unser Physiklehrer erwähnte, dass es schon eine

elektrische Schaltung gab, die den Pawlowschen Reflex technisch nachahmte (die sogenannte Lernmatrix, ein Spezialfall dessen, was man heute als künstliches neuronales Netz bezeichnet). Wir sollten aber etwas Neues aufgreifen: Unsere Maschine sollte auch „vergessen“ können. Ob Hund oder Fisch – der bedingte Reflex würde wohl nur auf Dauer funktionieren, wenn nach dem Ton auch die „Futterbelohnung“ kam. Sonst würde das Gelernte wieder vergessen werden.

Der Zufall wollte es, dass ich ein Buch über moderne Lerntechnik in die Hände bekam („Kopfarbeit mit Köpfchen“ von Walter F. Kugemann). Darin fand sich einiges über den Mechanismus von Lernvorgängen, so auch der Hinweis, dass Vergessenes sich durch Wiederholung auffrischen lässt: Es muss nicht alles neu gelernt werden. Sollten wir das nicht auch berücksichtigen? Dass also nach dem Vergessen (bei ausbleibender Belohnung) sich der bedingte Reflex durch kürzeres Nachtrainieren wieder hervorholen lässt?

Bald stand fest, wie unsere Maschine im Detail funktionieren sollte. Anfangs sollte sie nur auf „Futter“ reagieren; ein Ton sollte keine Reaktion auslösen. Wenn dann Futter und Ton mehrmals gemeinsam dargeboten wurden, sollte sie schließlich eine Reaktion auf den Ton allein zeigen, als erlernter bedingter Reflex. Wenn danach der Ton eine Weile nur alleine dargeboten wurde, sollte die Maschine das Gelernte „vergessen“ und nicht mehr

auf den Ton reagieren. Doch wenn man im Anschluss Ton und Futter wieder zusammen darbot, sollte sie den bedingten Reflex (auf den Ton alleine) wieder lernen, und zwar mit weniger Trainingschritten als zu Anfang.

Aber wie sollte unsere Maschine konkret aussehen, um das Ganze anschaulich vorzuführen? Die Fische meines Bruders gaben die Inspiration. Ein großer Fisch sollte der „Lerner“ sein, ein kleiner das „Futter“, und ein Klingelton sollte der bedingte Reflex werden, auf den der große Fisch nach dem Lernvorgang reagieren sollte.



### *Ein Lernsimulator wird gebaut*

Die Lernmaschine sollten wir mit Relais bauen, schlug der Physiklehrer vor. Ein Relais (gesprochen „Relee“, Plural: „Relees“) ist ein elektrisches Bauteil mit einer Kupferdrahtspule und einem Eisenkern (Bild), das nach dem Prinzip eines Elektromagneten arbeitet: Fließt Strom durch die Spule, wird der Eisenkern magnetisch und zieht eine Metallplatte an, wodurch diverse elektrische

Kontakte geschlossen oder geöffnet werden, über die weitere Relais (oder zum Beispiel auch Kontrollämpchen) an- oder ausgeschaltet werden können.

Wir benötigten nun erst einmal solche Relais. Hier kommt der „Postschrott“ ins Spiel: Unsere Schule verfügte über ausrangierte Teile aus den Telefonverteilerkästen der Post. Das sind diese grauen Schränke am Straßenrand, in denen damals Relais dafür sorgten, eine Telefonverbindung herzustellen. Wurden bei der Wartung defekte Bauteile entdeckt, ersetzte man gleich eine ganze „Schiene“ mit cirka 20 Relais durch neue. Die alten wurden als Postschrott beim Fernmeldezeugamt gelagert (eine Einrichtung der damaligen Behörde Deutsche Bundespost); von dort hatte sie unsere Schule für den Physikunterricht bekommen.

Mit ein oder zwei solcher Schienen zogen wir nach Hause, bauten die Relais aus und testeten zunächst, welche davon noch brauchbar waren. Meistens mussten nur die Kontakte mit einer Drahtbürste vorsichtig gereinigt werden, damit die Relais wieder funktionierten.

Daraus lötetten wir nach und nach unsere Maschine zusammen, nachdem wir uns die Schaltung auf dem Papier überlegt hatten. Als Stromversorgung diente mein Fleischmann-Trafo (eine elektrische Eisenbahn besaß ich nicht, aber den Trafo hatte ich mir fürs Basteln besorgt). Löten konnte ich schon längst, mein Patenonkel hatte es mir beigebracht. Karl hatte ein weiteres Netzteil und

konnte auch löten, ebenso hatte er schon viel Elektrisches gebastelt. So waren wir ein gutes Team, und die Aufgabe kam uns gemeinsam leichter machbar vor als auf sich allein gestellt.

Ich widerstehe der Versuchung, unsere Maschine genau zu beschreiben. Doch sei erwähnt, dass für das „Vergessen“ ein sogenanntes Thermorelais wichtig war: Darin wird bei Stromdurchfluss ein sogenanntes Bimetall warm und schließt dadurch einen Kontakt. Wir schalteten das Relais aber so, dass es nur dann Strom bekam, wenn man Futter und Ton gemeinsam darbot. Kam später nur der Ton alleine, floss kein Strom mehr durch – das Bimetall erkaltete und löste den Kontakt, das führte zum „Vergessen“ eines Teils des Gelernten.

Dieses wärmeempfindliche Relais wird noch eine Rolle spielen für einen Misserfolg, den wir später erleben sollten. Aber unsere Lernmaschine funktionierte bei allen Tests tadellos, und wir meldeten uns mit der Arbeit „Konstruktion und Bau eines Lernsimulators“ beim Jugend-forscht-Regionalwettbewerb Niedersachsen an.

### *Jugend forscht 1967*

Der Regionalwettbewerb fand im Conti-Hochhaus in Hannover statt – damals der Sitz der Hauptverwaltung der Continental AG, die die Patenschaft für den Wettbewerb übernommen hatte. Wir waren

gebeten, unsere Arbeit am 8. Februar 1967 in der Empfangshalle aufzustellen, wo sie am nächsten Tag öffentlich gezeigt und einer Jury präsentiert werden sollte.

Mit 16 Jahren gehörten Karl und ich zu den jüngsten der 19 Personen, die für den Wettbewerb angemeldet waren. Pünktlich hatten wir unseren Stand aufgebaut, alle Grafiken und Beschriftungen angebracht, unsere Maschine angeschlossen und mehrmals getestet. Am Abend waren alle zu einem Empfang eingeladen. Zum ersten Mal habe ich einen Sherry getrunken und einen Krabbencocktail probiert. Viele interessante Gespräche wurden an diesem Abend schon geführt, bevor es in unsere Unterkunft ging.

Am nächsten Morgen testeten wir die Maschine erneut. Alles lief wie am Schnürchen. Bald kamen die ersten Schaulustigen. Wir führten unsere Maschine vor und erklärten, was sie demonstriert und wie wir das gemacht haben. Ich weiß gar nicht mehr, ob wir überhaupt bemerkt haben, dass die Jury an unseren Stand kam. Es war einfach alles so aufregend. Gespannt erwarteten wir die Siegerehrung, die am Nachmittag stattfinden sollte.

### *Wir kommen in den Landeswettbewerb*

In der Abschlussveranstaltung wurde verkündet: Wir hatten uns für den Landeswettbewerb quali-

fiziert! Das stand in den nächsten Tagen auch in den Zeitungen. Wir waren schon ein bisschen stolz, als wir ein Foto von uns entdeckten mit der Unterschrift: „Eine Urkunde und einen Geldpreis erhielten Karl Bleibaum und Ipke Wachsmuth vom Gymnasium Ernestinum in Rinteln beim Regionalwettbewerb ‚Jugend forscht‘ in Hannover.“

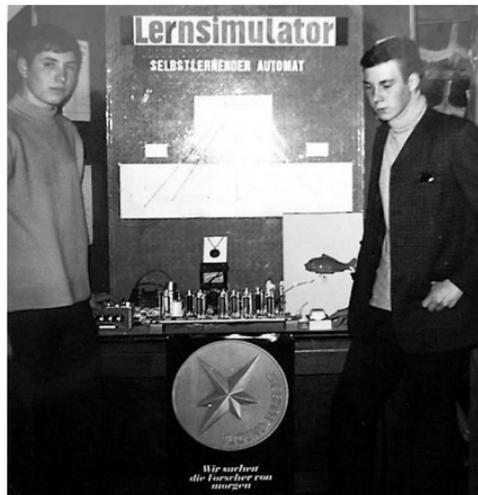
Der niedersächsische Landeswettbewerb fand schon drei Wochen später, ebenfalls unter der Patenschaft des Volkswagenwerks, in Hannover statt. Wieder hatten wir unsere Maschine rechtzeitig aufgebaut, alle Lötstellen und Kabel überprüft und die Relaiskontakte gebürstet. Unsere Lernmaschine lief einwandfrei.

Aber ach – bei der Präsentation vor der Jury funktionierte die Maschine nicht wie sie sollte: Sie konnte schon alles, bevor wir überhaupt den Lernvorgang in Gang setzten. Das kann doch nicht sein, was ist da los? Schließlich fanden wir heraus: Unsere Maschine stand zu dem Zeitpunkt in der Sonne, die durchs Fenster schien. Davon war das Thermorelais warm geworden und hatte den entscheidenden Kontakt geschlossen, und darum war es schiefgegangen. So ein Pech! Tapfer erklärten wir, was bei der Präsentation eigentlich hätte ablaufen sollen. Die Jury fand unsere Arbeit dennoch sehr interessant, und wir waren zuversichtlich.

Am Ende erhielten wir den zweiten Landespreis und kamen nicht in den Bundeswettbewerb. Die Sonne war uns also doch in die Quere gekommen!

„Nein, das war nicht der Grund“, erklärte uns ein Jurymitglied, „Sie haben ein spannendes Vorhaben realisiert, aber im Grunde nur die technische Seite. Was zu einer wissenschaftlichen Arbeit fehlt, ist die begleitende Dokumentation und Einbettung ins größere Thema.“

In der Broschüre ließ sich nachlesen, wie die Jury die Wettbewerbsarbeit bewertet: „Die Darstellung der Aufgabe muß die Idee, die Durchführung der Aufgabe, das Ergebnis und die Bedeutung des Ergebnisses klar zum Ausdruck bringen.“ Ach ja!



Dazu hatten wir nicht viel dokumentiert. Aber stolz auf unseren Erfolg waren wir doch und wurden an unserer Schule begeistert empfangen. Dort durften wir unsere Lernmaschine beim Tag der offenen Tür noch einmal vorführen (das gezeigte Foto ist zu Hause aufgenommen) und erhielten einen Aner-

kennungsgeldpreis. Gefreut hat mich auch, dass mein Vater mir eine Restschuld von 20 D-Mark von dem Geld erlassen hat, das er mir für den Kauf von Materialien geliehen hatte.

### *Nach der Lernmaschine ein Computer*

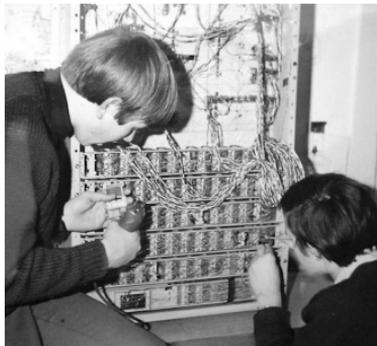
Nach den motivierenden Erfahrungen aus der ersten Teilnahme an Jugend forscht war für mich klar: Da mache ich im nächsten Jahr wieder mit. Mittlerweile war „Computer“ das neue Zauberwort, aber wie funktioniert eigentlich ein Computer? So entstand die Idee, dieses Mal eine Maschine zu entwickeln, die die Arbeitsweise eines Computers demonstriert – und zwar leicht verständlich (und natürlich wieder mit Relais).

Mein Teamkollege Karl hatte inzwischen andere Interessen und stand nicht mehr zur Verfügung. Aber ich hatte Glück: Ein amerikanischer Austauschschüler an unserem Gymnasium, Robert McKenzie (genannt Bob), fand die Idee spannend und sagte zu. Bald hatten wir die Schaltung für die Maschine entworfen und wollten mit dem Bau beginnen. Doch das ging nicht: Der Relaisvorrat an unserer Schule war erschöpft, und wir brauchten geschätzt an die 60 Relais für die Maschine. (Am Ende waren es noch deutlich mehr.)

Kurzerhand schrieb ich am 28. November 1967 ans Fernmeldezeugamt Hannover mit der Bitte,

uns weitere Relais zu verkaufen. Am gleichen Tag meldeten wir uns, zwei Tage vor Einsendeschluss, für den Regionalwettbewerb an, der am 25. Januar 1968 in Hannover stattfinden sollte. Das war etwas riskant. Aber wir waren zuversichtlich, dass wir unsere Maschine rechtzeitig fertigstellen würden.

Zum Glück kam bald positive Nachricht vom Fernmeldezeugamt (über den Direktor unserer Schule übrigens), und so fuhren meine Eltern uns mit dem Auto nach Hannover; dort konnten wir jede Menge gute Relais besorgen. Viel Geld mussten wir dafür nicht bezahlen: Der Postschrott wurde nach Gewicht verkauft, 50 Pfennig das Kilo. Ein leistungsfähiges Netzteil nahmen wir auch noch mit (das kostete 6 D-Mark, war also zwölf Kilo schwer), denn mit einem Eisenbahntrafo würden sich so viele Relais nicht betreiben lassen.



Wieder zu Hause legten wir gleich mit dem Bau unserer Maschine los (Bild). Fast jeden Nachmittag klingelte es an der Tür, und Bob kam mit dem Satz „Derr Arrbeiterr kommt“ (amerikanischer Akzent)

die Treppe hinauf. Sogleich verschwanden wir in meinem Zimmer und werkten und löten. Wir verbauten Kabel in neun verschiedenen Farben, um nicht die Übersicht zu verlieren.

So ging das wochenlang. Es gab Teilerfolge und auch unerwartete Schwierigkeiten. Einmal kam sogar der Physiklehrer ins Haus und wusste wertvollen Rat. Einzelheiten würden zu weit führen, aber als Resultat löten wir viele Dioden ein und verpassten unserer Maschine eine „Taktwalze“: Dafür verwendeten wir einen mit dem Postschrott gekauften Elektromotor, der die verschiedenen Telefonsignale wie Ruf- und Besetzzeichen erzeugte. Diese Signale nutzten wir für die Taktung unserer Relaismaschine. Sie ließ sich in drei verschiedenen Betriebsarten fahren: manuell (um sie Schritt für Schritt demonstrieren zu können), automatisch-langsam, automatisch-schnell. Und wir bekamen sie rechtzeitig fertig!

### *Jugend forscht 1968*

Der Regionalwettbewerb fand wie im Vorjahr im Conti-Hochhaus in Hannover statt. Wieder leisteten meine Eltern den Fahrdienst und brachten uns mit unserer Maschine dorthin. Auch die Stellage für unseren Stand musste transportiert werden. Das Auto war schwer beladen, in der Autobahnauffahrt wurden wir beinahe aus der Kurve getragen.

Doch es ging alles gut, und am 25. Januar war unser Stand pünktlich aufgebaut.



Gleich am Nachmittag besuchte uns die Jury. Wir gaben unser Bestes, und kurz gesagt: Unsere Arbeit wurde zum Landeswettbewerb in Wolfsburg zugelassen. Die Zeitungen berichteten darüber; in einem Artikel (Hannoversche Presse, 27.1.1968) war das hier gezeigte Foto von unserem Stand: Im geöffneten Computergehäuse sieht man die Relais und rechts unten die Taktwalze.

Bob (links im Bild) rief seine Eltern an, um von unserem Erfolg zu berichten. Aber sie wussten schon davon: Von uns unbemerkt war eine Dokumentation über den Wettbewerb aufgezeichnet worden, die international ausgestrahlt wurde. Bobs Eltern hatten uns im Fernsehen gesehen, in USA!

Drei Wochen später ging es nach Wolfsburg. Dort waren wir beim Volkswagenwerk zu Gast, das für den Landeswettbewerb Niedersachsen wieder die Patenschaft übernommen hatte. Unter den 18 angemeldeten Beiträgen waren übrigens noch zwei weitere zum Thema Computer dabei. Die Arbeiten wurden in der Eingangshalle der Handelslehranstalten Wolfsburg ausgestellt. Unsere Maschine funktionierte einwandfrei und fand bei den Vorführungen viel Anklang. Wir hatten auch Zeit, die anderen an ihrem Stand zu besuchen und mit ihnen zu fachsimpeln.

Am 15. Februar fand die Siegerehrung des Landeswettbewerbs statt. Bob und ich waren nicht dabei! Die Preise gingen an fünf Arbeiten aus den Naturwissenschaften. Das vorherige Thema – die Lernmaschine – hätten wir weiter ausbauen sollen, so die Jury, das war sehr originell und neuartig.

Stimmt – Computer waren bereits mehrfach am Wettbewerb beteiligt gewesen. Erst später erfuhr ich, dass der Computerpionier Konrad Zuse seine berühmte Z3, den weltweit ersten funktionsfähigen Computer, schon im Jahre 1941 mit Relais gebaut hat, die auch zumeist aus dem Postschrott stammten. (Was ich damals nicht ahnte: Ab 1977 bin ich Konrad Zuse mehrere Male persönlich begegnet und war im Oktober 1980 auch einmal bei ihm zu Hause eingeladen. Das war ein besonderer Tag für mich.)

## *Viel gelernt bei Jugend forscht*

Aber auch als Nichtgewinner konnten wir aus dem Wettbewerb etwas mitnehmen: Das Erfolgserlebnis, es trotz aller Widrigkeiten geschafft zu haben, eine funktionierende Maschine zu bauen. Außerdem haben wir viel gelernt: Ein originelles Thema ist wichtig, wenn man in der Wissenschaft etwas Neues machen will. Weitermachen und erfolgreiche Ansätze weiter ausbauen ist wichtig, und dokumentieren und den Beitrag in einen größeren Zusammenhang einordnen.

Heute ist „Jugend forscht“ der bekannteste Jugendwettbewerb für Naturwissenschaften und Technik in Deutschland, mit jährlich Tausenden von Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Mir hat es damals viel Spaß gemacht, unsere Arbeiten öffentlich einem Publikum zu präsentieren und mit der Jury zu diskutieren. Und mit anderen Forschungsbegeisterten ins Gespräch zu kommen und von ihren spannenden Arbeiten zu erfahren. Das war aufregend: Aufbruch in die Wissenschaft (für mich: von Maschinen und Computern), den ich – wie ich heute weiß – dem Jugend-forscht-Wettbewerb und meinem Physiklehrer verdanke.