

Rainer König Wie funktioniert Lernen?

Eigentlich lernen Menschen immer und lebenslang. Wir können gar nicht anders. Unser Hirn ist nämlich auf Lernen „programmiert“:

- es stellt kontinuierlich Berechnungen über die Welt und den zum Leben in ihr notwendigen Tätigkeiten auf,
- aktiviert danach die Organe, die zur Ausführung der so berechneten Aktivitäten nötig sind,
- überprüft, ob das reale Verhalten dem geplanten und seinen Wirkungen entspricht
- und verarbeitet die so aufgenommenen Informationen in Form von Bestätigung oder Veränderung vorhandener Welthypothesen und Aktivitätsmuster oder dadurch, dass es neue bildet. Das heißt unser Gehirn lernt aus seinen eigenen Fehlern und Erfolgen.

Das alles passiert auf unzähligen Baustellen gleichzeitig, die wiederum durch Parallelschaltungen mit einander verbunden sind. Dadurch werden nicht nur die Wahrnehmungen funktional aufeinander bezogen, sondern auch deren emotionale Besetzung. So kann man während des Autofahrens eine Zigarette rauchen, ein Lied summen, vielleicht auch noch ein Bonbon lutschen und zeitgleich an die Weihnachtsgeschenke denken, die noch zu kaufen sind. Und bei all dem können wir auch noch ein gutes oder schlechtes Gefühl haben, in Erinnerungen schwelgen oder die Nachrichten im Radio hören. Und trotzdem verpassen wir es in der Regel nicht, ein gefahrenbesetztes Signal (z.B. die Bremsleuchten des Wagens vor uns) wahrzunehmen und entsprechend zu reagieren. Offenbar ist über all diese Teilaktivitäten ein radarartiges Warnsignalwahrnehmungssystem gespannt, das die Umwelt auf gefahrenbesetzte Signale hin abtastet und gnadenlos alle laufenden Programme abbricht, wenn es „Gefahr im Verzuge“ meldet. Dann wird die gesamte Konzentration darauf verwandt, der Gefahr auszuweichen – z.B. dadurch, dass man ein Bremsmanöver geschickt ausführt.

Wenn Sie sich dabei die Finger verbrennen, auf die Zunge beißen oder ein Geschenk vergessen, werden Sie daraus vielleicht lernen, künftig beim Autofahren nicht mehr zu Rauchen und keine Bonbons mehr zu lutschen oder sich durch sonstige Dinge „ablenken“ zu lassen, um ganz einfach besonnener und konzentrierter zu fahren.

Kernelemente dieser Planungs-, Kontroll- und Lernaktivitäten unseres Gehirns sind die Nervenzellen oder Neuronen. In diesen Neuronen und ihren Netzen ist all unser Wissen gespeichert. Ein paar Zahlen: Männer haben 22,8 Mrd. Frauen 19,3 Mrd. Neuronen in der sog. Großhirnrinde, von denen man im Lauf des Lebens bis zu 10 % wieder verliert. Hinzu kommen noch ca. 100 Mrd. Zellen im sog. Klein- und Stammhirn.

Jedes Neuron ist über Nervenfasern mit bis zu 10.000 anderen Neuronen verbunden. Über diese Nervenfasern erhalten sie elektrochemische Impulse und über diese Fasern leiten sie auch selbst Impulse weiter. Den größten Teil unseres Hirns machen also die Nervenfasern aus. Bei der Geburt ist die Gesamtmenge der Neuronen im Prinzip schon da und wächst nicht mehr wesentlich. Was aber noch wächst, ist die Länge und Dicke der Fasern und deren Verdrahtung. Wesentlich hierfür ist, dass dicke Nervenfasern die Impulse 30 bis 40 mal schneller leiten als dünne. Die Kontaktstellen zwischen Nervenzellen bzw. Nervenzellen und anderen

Zellen (wie Sinnes-, Muskel- oder Drüsenzellen) nennt man Synapsen. An Synapsen findet die Reiz- oder Erregungsübertragung von einer Zelle auf die andere statt.

Näher betrachtet besteht Lernen deshalb vor allem darin, dass die Stärke synaptischer Verbindungen zwischen den Nervenzellen verändert und damit das „Feuern“ zwischen den Neuronen „programmiert wird“. So kann ein chemisch-elektrischer Impuls verstärkt, abgeschwächt oder gar nicht weitergeleitet werden. Folglich ist Gelerntes oder eine neue Information im Gehirn zumeist in Form von Verbindungsstärken zwischen Neuronen gespeichert. Das hört sich nun so an, als wenn man genau wüsste, wie die Informationsverarbeitung beim Lernen genau funktioniert. Aber so richtig blicken da auch Neurowissenschaftler noch nicht durch. Nahezu täglich sammeln sie dazu neue Erkenntnisse – so weiß man inzwischen, dass auch die Myelinisierungszellen, die die Nervenfasern stützen und abdichten, Informationsspeicher- und -leitungsfunktionen haben. Hinzu kommen noch die vor knapp 10 Jahren erstmals entdeckten Spiegelneurone, die so etwas wie Verstehen- und Zuhörenkönnen allererst möglich machen.

Nur im zehgroßen Hippokampuspaar besteht Lernen offenbar auch darin, dass neue Nervenzellen produziert werden. Dieses Zehpaar übernimmt beim Lernen offenbar überaus wichtige und spannende Funktionen. Heinz Schirp nennt derer vier: Zuerst ist er einmal eine Art Neuigkeitsdetektor. Zum zweiten sorgt er auch dafür, dass Fakten, Situationen und Neuigkeiten auch tatsächlich bewusst wahrgenommen und verarbeitet werden. Wenn der Hippokampus eine Sache als neu, interessant und bedeutsam identifiziert hat, bildet er neuronale Repräsentationen aus, d.h. er macht sich daran, diese Zusammenhänge zu speichern. Drittens kann er offenbar unvollständige Informationen vervollständigen und sie so sinnvoll und stimmig machen.

Viertens sorgt er dafür, dass wichtige Ereignisse, Neuigkeiten und Zusammenhänge in langfristige Speicherstrukturen überführt werden. So ist er auch Dreh- und Angelpunkt unserer Speicher- und Erinnerungsprozesse. Anders als die Großhirnrinde hat er nämlich nur eine relativ geringe Speicherkapazität. Der Hippokampus leitet deshalb das an die deutlich größere Speichereinheit des Kortex weiter, was er als bedeutsam gewichtet und gespeichert hat. Das geschieht vor allem in unseren Ruhe- und Schlafphasen (z.B. im Tiefschlaf). Der Hippokampus ist damit so etwas wie der Lehrer und Trainer des Kortex (Spitzer).

Anders als ein Computer nimmt unser Gehirn Informationen also nicht einfach auf und speichert sie „pur“ ab. Vielmehr bewertet und gewichtet es die Vielzahl der über unsere Sinne einströmenden Eindrücke und beteiligt sich bearbeitend, sortierend und vernetzend am Aufbau von Gedächtnissen. Heinz Schirp benutzt hier ganz bewusst den Plural, weil Kognitionsforscher heute zwischen unterschiedlichen Gedächtnisformen und die damit zusammenhängenden neuronalen Strukturen unterscheiden. Bezogen auf die zeitliche Verfügbarkeit hätten wir da z.B. das Ultrakurzzeit-, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis.

Bezogen auf die Inhalte verfügen wir über ein sog. deklaratives (explizites Wissens-) und nicht-deklaratives (implizites Könnens-) Gedächtnis. Das erstere zerfällt wieder in das episodische (autobiographische) und semantische Gedächtnis, in dem z.B. alle in der Schule gelernten Zahlen, Daten und Fakten abgespeichert sind. Das deklarative Gedächtnis bildet wahrscheinlich den größten Teil unseres Gedächtnisses und speichert Fähigkeitsmuster, die sich weitgehend einer expliziten Bestimmung entziehen – z.B. motorische und kognitive Routinen (wie Treppen

steigen, Fußball spielen oder das Erlernen von Sprache) und manuelle Fertigkeiten (z.B. besonderes virtuose Sporttechniken). Auf solche Routinen können wir zurück greifen, ohne groß darüber nachzudenken oder sie uns explizit in Erinnerung zu rufen. So können Kinder sprechen, ohne dass sie die Grammatik bewusst gelernt haben und bewusst wissen. Auch haben sie schon mathematische Fähigkeiten (z.B. räumliches Vorstellungsvermögen und die Fähigkeit, Entfernungen zur motorischen Koordination ihrer Gliedmaßen zu berechnen) ohne die „Sprache“ der Mathematik zu kennen. In Sport, Musik und vielen Lehrberufen geht es vor allem um dieses Können. Versuchen Sie einmal zu erklären, dass und wie es unser Hirn und unser Körper macht, auf eine Leiter zu steigen und mit dem Hammer einen Nagel in die Wand zu schlagen oder eine Partitur von Schubert auf dem Klavier zu spielen. Allein die extrem komplexen muskulös-motorischen und neuronalen Koordinations- und Kontroll-Vorgänge, die dabei unseren Körper im Gleichgewicht halten, kennen die meisten Menschen nicht und auch Neurologen wissen nicht genau, wie sie en Detail funktionieren. Aber nur weil es sie gibt, können wir uns auf der Leiter oder dem Klavierstuhl halten. Ansonsten würde die Gravitation uns gnadenlos nach unten plumpsen lassen, wie es ihr z.B. bei kleinen Kindern immer wieder gelingt, die gerade das Sitzen, Stehen und Gehen gelernt haben.

Unser Hirn ist also auf Lernen programmiert. Aber Menschen lernen nicht immer gleich und im gleichen Tempo. Untersuchungen haben gezeigt, dass das Arbeitsgedächtnis und das Verarbeitungstempo mit dem Alter abnehmen. Man kann dieses Tempo mit P300, einer Welle des hirnelektrischen Potentials messen. Bei jungen Leuten feigt diese Welle viel rasanter durchs Gehirn als bei älteren Menschen. Wobei das „Älter“ werden schon mit den 20ern beginnt. Zu dieser Zeit ist das P300-Tempo am größten.

Deshalb ist es nicht zufällig, dass die bahnbrechenden Entdeckungen in Mathematik und Physik von jungen Leuten gemacht wurden. Das schnelle Auffassen und logische Kombinieren von Informationen ist hierzu entscheidend.

Anders in den Sozialwissenschaftlern. Hier ist nicht das P300-Tempo gefragt, sondern Erfahrung, Reflexion, Kommunikation und literarische Belesenheit über soziale Interaktion. Deshalb werden hier die großen Leistungen nicht von 20-jährigen, sondern von 40- und 50-jährigen erbracht. Es gibt weder eine soziologische oder philosophische Theorie von 20-jährigen, noch wollen wir von Menschen aus dieser Altersklasse regiert oder ernsthaft beraten werden. Selbst mit Mitte 30 wirken viele Politiker noch reichlich unreif.

Unabhängig vom Lerntempo scheint auch die Fähigkeit, bestimmte Fertigkeiten zu lernen, mit dem Alter zu variieren. Fachleute sprechen hier von sog. neuroplastischen Fenstern: so ist z.B. die synaptische Programmierung zum Erwerb der sprachlichen Kompetenz nur in einem bestimmten Zeitfenster möglich. Wer erst mit 60 anfängt, Portugiesisch zu lernen, wird diese Sprache mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht mehr perfekt beherrschen.

Schließlich können wir auch lernen, bestimmte Formen des Lernens (z.B. das schulische) zu meiden. Denn man lernt nur dann und das, wenn und was man lernen will. Im Gehirn existiert nämlich ein System, das vor jeder Situation, in der eine Person etwas tun soll, prüft, ob das verlangte Verhalten eine Belohnung verspricht (bzw. Unlust vermeiden hilft). Damit wir Lernen, muss uns also die Lernsituation irgendwie attraktiv bzw. das Lernen irgendwie nützlich erscheinen. Wenn das der Fall ist, schüttet das besagte System bestimmte lernfördernde Stoffe wie Nordadrenalin aus, die die Aufmerksamkeit fördern. Übrigens ist auch leichter Stress lernfördernd.

Dabei wird im Gehirn Dopamin ausgeschüttet, das in geringen Dosen das Gehirn aufnahmebereit macht. Kuscheliges und zu entspanntes Lernen ist darum auch nicht gut. Lernen muss also als positive Anstrengung empfunden werden.

Zu starker Stress dagegen, den viele in Prüfungen empfinden, führt zur Hemmung des Lernerfolges. Die zur synaptischen Informationsübertragung nötigen chemischen Transportstoffe (sog. Transmittersubstanzen) werden dann nämlich nicht mehr erzeugt. Im Extremfall hat man dann einen Blackout und weiß erst mal gar nichts mehr.

Kommen wir aber zum Lernen zurück. Der emotionale Zustand, den ein Schüler als Interesse, Begeisterung, Gefesseltsein empfindet, korreliert positiv mit der Gedächtnisleistung. Und das Tolle dabei ist: Je mehr Dinge einen beim Lernen fesseln, umso besser kann man das Gelernte dann nachher wieder erinnern. Er ist nämlich mit vielen Gedächtnisschubladen assoziativ verknüpft.

Was kann man nun aus all diesen neurobiologischen Erkenntnissen zur Optimierung der eigenen Lehr- und Lerntätigkeit mitnehmen. Oder anders gefragt: Auf welche Faktoren sollte man dabei achten?

Der Bremer Gehirnforscher Gerhard Roth nennt hier fünf Faktoren:

1. Motiviertheit und Glaubhaftigkeit des Lehrenden,
2. die individuelle, kognitive und emotionale Lernvoraussetzungen der Schüler,
3. die allgemeine Motiviertheit und Lernbereitschaft der Schüler,
4. die spezielle Motiviertheit der Schüler für einen bestimmten Stoff, Vorwissen und der aktuelle emotionale Zustand,
5. der spezifische Lehr und Lernkontext.

Zu 1. Motiviertheit und Glaubhaftigkeit des Lehrenden

Man hat festgestellt, dass zu Beginn einer jeden Begegnung und eines jeden Gesprächs die Glaubhaftigkeit des Partners eingeschätzt wird. Das geschieht innerhalb weniger Sekunden völlig unbewusst über eine Analyse des Gesichtsausdrucks (besonders der Augen- und Mundstellung), der Tönung der Stimme (Prosodie) und der Körperhaltung.

Beteiligt sind an dieser Analyse vor allem ein Hirnbereich, den die Fachleute Amygdala (Mandelkern) nennen, der insuläre Kortex, der rechte temporal-parietale Kortex (Gesichtswahrnehmung) und natürlich der für die bewusste Reflexion verantwortliche orbitofrontale Kortex. Unbewusst wahrgenommene emotional gesteuerte Körpergerüche, der Furcht und Unsicherheit vermittelt, könnte auch eine Rolle spielen. Auch das wird in der Amygdala verarbeitet.

In der Lernsituation ist das ebenso: Schüler stellen schnell fest, ob der Lehrer motiviert ist, seinen Stoff beherrscht und sich mit dem Gesagten identifiziert. Dem Lehrer sind die von ihm ausgesandten Signale meist nicht bewusst. Wenn also ein ermüdet, unmotivierter Lehrer oder Dozent seine Wissensinhalte vorträgt, dann ist das für Schülerhirne die direkte Aufforderung zum Weghören und Abschalten.

Zu 2. Die individuellen kognitiven und emotionalen Lernvoraussetzungen der Schüler

Diese Voraussetzungen sind sehr unterschiedlich und hochgradig genetisch bedingt. Sie lassen sich nur in engen Grenzen und meist nur durch Anwendung so genannter Eselsbrücken verbessern. Auch gibt es krasse Unterschiede in den Lernbegabungen. Der eine ist gut in Mathe, der andere in Sprachen etc. Und ebenso unterschiedlich sind die Lernstile: der eine lernt durch Hören, der andere durch Lesen und reflektieren. Schließlich gibt es auch viele Menschen, die Dinge nur lernen, die sie selbst gemacht oder in die Hand genommen haben. Frederic Vester hat in diesem Zusammenhang schon in den 70er Jahren ein Modell sog. Lerntypen aufgestellt. Demnach kann zwischen vier Typen von Lernern unterschieden werden – je nachdem welchen Lernkanal sie vorzugsweise nutzen: den optisch/visuellen, den auditiven, den haptischen oder mehr den kognitiven Kanal. Allerdings wird Vesters Typologie aufgrund ihrer Oberflächlichkeit und Inkonsistenz von der Fachwissenschaft (Lernpsychologie) nicht ernst genommen. Aber plausibel und irgendwie faszinierend ist sie schon.

Ein guter Lehrer oder Dozent müsste nun eigentlich den Lern- und Gedächtnisstil eines jeden seiner Schüler genau kennen, um seine Lehr-Tätigkeit daran optimal anzupassen. Da das unrealistisch ist, könnte er immerhin einen bestimmten Stoff vielgestaltiger als üblich präsentieren, z.B. ihn zunächst bildhaft-anschaulich mit Geschichten und Beispielen vernehmend darstellen, um ihn sodann im Frage- und Antwort-Dialog und schließlich im realitätsnahen Fallbeispiel oder Rollenspiel bearbeiten zu lassen. So könnte er zumindest die Haupttypen des Lernens ansprechen.

Allerdings sind frühkindlich/geburtliche Einflüsse auf das Lernverhalten im Unterricht nur schwer zu kompensieren.

Das betrifft vor allem das System der Neuromodulatoren, die die allgemeine Aktivität und Aufmerksamkeit regeln (vor allem Dopamin und Serotonin sowie Acetylcholin). Dieses System bildet sich vor allem in der frühen Mutter-Kind-Beziehung aus. Generell können Entwicklungsdefizite im Lernverhalten genetisch bedingt oder durch vorgeburtliche, geburtliche oder nachgeburtliche Schädigungen hervorgerufen werden. Hinzu kommen dann noch die gerade erwähnten Defizite im mütterlichen Fürsorgeverhalten, die wiederum zum Teil auf Defizite im Gehirn der Mutter zurückzuführen sind. Kinder mit ADHS weisen später oft schwere Störungen des familiären, schulischen und sozialen Verhaltens auf bis hin zu gewalttätigem Verhalten.

Zu 3. Die allgemeine Motiviertheit und Lernbereitschaft der Schüler

Im Gehirn existiert ein System, das vor jeder Situation, in der eine Person etwas tun soll, prüft, ob das verlangte Verhalten eine Belohnung verspricht (bzw. Unlust vermeiden hilft). Die Lernsituation muss dem Schüler als irgendwie attraktiv erscheinen. Hierüber wird die allgemeine Lernbereitschaft gesteuert und zwar über die Aufmerksamkeit und die Ausschüttung bestimmter lernfördernder Stoffe wie Nordadrenalin. Das bedeutet, dass ein Kind z.B. schon bei seinen Eltern etc. früh die Erfahrung gemacht haben muss, das Lernen etwas Schönes und Nützliches ist.

Werden dagegen Lernen und Schule früh als mühselig und lästig empfunden, so muss man sich nicht wundern, dass die Kinder keine Lernmotivation haben. Leichter Stress ist übrigens lernfördernd. Dabei wird im Gehirn Dopamin ausgeschüttet, das in geringen Dosen das Gehirn aufnahmebereit macht. Kuscheliges und zu entspanntes Lernen ist darum auch nicht gut. Lernen muss als positive Anstrengung empfunden werden. Starker Stress dagegen, führt zur Hemmung des Lernerfolges. Über ein spezielles Monitor-System stellt das Hirn auch fest, ob eine Belohnung verdient oder unverdient war, und stellt sich sofort hierauf ein. Es muss klare Regeln der Bewertung des Lernerfolges geben, die der Schüler nachvollziehen kann.

Zu 4. Die spezielle Motiviertheit der Schüler für einen bestimmten Stoff, Vorwissen und der aktuelle emotionale Zustand

Gelernt wird nicht nur am besten, wenn damit eine Aktivität des Lernenden verbunden ist, sondern wenn diese Aktivität auch Spaß macht. Denn dieses Wohlbefinden setzt Botenstoffe frei, ohne deren Vorhandensein und Wirkung nichts gelernt werden kann.

Relevant in diesem Zusammenhang ist z.B. der Aktivierungsgrad des noradrenergen Systems, das die allgemeine Aufmerksamkeit erhöht (leichter Erwartungsstress), des dopaminergen Systems (Neugier, Belohnungserwartung) und des cholinergen Systems (gezielte Aufmerksamkeit, Konzentration). Diese Systeme machen die Großhirnrinde und den Hippokampus bereit zum Lernen und fördern die Verankerung des Wissensstoffes im Langzeitgedächtnis.

„Wie das genau passiert, ist nicht bekannt. Bekannt ist hingegen, dass die Stärke des emotionalen Zustandes, den der Schüler als Interesse, Begeisterung, Gefesseltsein empfindet, mit der Gedächtnisleistung positiv korreliert.“

Und weiter gilt: In desto mehr Gedächtnis-Schubladen ein Inhalt parallel abgelagert ist (z.B. Beispiele, eigene Erfahrungen etc.), desto besser ist die Erinnerbarkeit, denn das Abrufen eines bestimmten Aspektes befördert die Erinnerung an andere Aspekte und schließlich des gesamten Wissensinhalts.

Deshalb ist es sinnvoll, Dinge im ersten Schritt anschaulich und alltagsnah darzustellen, so dass die Kinder sich was dabei vorstellen können.

Die problematischste Lehr- und Lernmethode ist das Pauken, das simple Auswendiglernen. Hierbei werden Gedächtnisnetzwerke durch bloße Wiederholung von Inhalten ausgebildet. Es ist ein implizites Lernen: dessen Leistungen sind nicht semantisch, d.h. in der Bedeutung erfasst und deshalb auch nicht auf andere Dinge/Zusammenhänge übertragbar.

Viel besser: selbstständiges Durchdringen des Stoffes. Dabei werden entsprechende Gedächtnisinhalte mit anderen Wissensschubladen verbunden und sogar neue Schubladen angelegt.

Zu 5. Der spezifische Lehr und Lernkontext

Beim spezifischen Lehr- und Lernkontext gilt Ähnliches: Bei jedem Inhalt, der als solcher gelernt wird, wird auch mitgelernt, wer diesen Inhalt vermittelt (Quellengedächtnis) und wann und wo das Lernen (Orts- und Zeitgedächtnis) stattfand. So kann schon der Lernkontext förderlich oder hinderlich für das Abrufen eines Wissensinhaltes sein. „Lerninhalte, die in schäbigen Klassenzimmern, in einer konflikträchtigen und Furcht einflößenden Umgebung von lustlosen Lehrer vermittelt werden., haben deshalb eine geringe Chance, dauerhaft im Gedächtnis verankert zu werden.“

Des weiteren braucht man häufige und kürzere Übungsformen. Durch sie werden die zu lernenden Muster öfter angeboten und dadurch leichter und intensiver gelernt, d.h. in gedankliche Repräsentationen dieser Muster umgewandelt. Dabei ist auch darauf zu achten, dass so etwas wie Methodenwechsel stattfindet. Derart wird der Lerngegenstand neuronal viel weiter und häufiger repräsentiert. Entsprechend kann er durch vielmehr Aspekte erinnert werden.

Was positive Werte und Regeln wie Kooperativität, Ordnung und Leistungsbereitschaft etc. anbelangt, werden sie nicht explizit, also per Pauken oder Auswendiglernen gelernt (und innerlich akzeptiert), sondern mehr dadurch, dass man sie implizit in wiederkehrenden Beispielen vorgelebt bekommt. Wir nehmen solche Muster also unbewusst als Modelle wahr und übernehmen sie oft unreflektiert. Für Schule heißt das: Auch die in ihr gelebten Formen von Kooperativität, Lehrerengagement und moralischer Integrität sind für die Schüler (unbewusst) musterbildend.

Literatur

- Ulrich Herrmann: Lernen findet im Gehirn statt. Die Herausforderungen der Pädagogik durch die Gehirnforschung. In: Ralf Caspary (Hrg.): Lernen und Gehirn. Breisgau 2006., S. 85ff.
- Gerhard Roth: Aus Sicht des Gehirns. Frf. M 2003
- Gerhard Roth: Möglichkeiten und Grenzen von Wissensvermittlung und Wissenserwerb. In: Ralf Caspary (Hrg.): Lernen und Gehirn. Breisgau 2006., S. 54ff.
- Heinz Schirp: Neurowissenschaft und Lernen. In: Ralf Caspary (Hrg.): Lernen und Gehirn. Breisgau 2006., S. 102ff.
- Manfred Spitzer: Lernen. Heidelberg/Berlin 2002
- Manfred Spitzer: Medizin für die Schule – Plädoyer für eine evidenzbasierte Päd. In: Ralf Caspary (Hrg.): Lernen und Gehirn. Breisgau 2006., S. 23ff.
- Frederic Vester: Denken, Lernen, Vergessen. München 1998