

1 Was ist Ingenieurpsychologie?

Inhalt

Ingenieurpsychologie beschreibt eine angewandte Richtung der Psychologie, die sich mit dem Umgang von Menschen mit Technik beschäftigt. Menschen nutzen Maschinen und Computerprogramme, um bestimmte Ziele zu erreichen. Das Wissen über die menschliche Handlungssteuerung bildet die Grundlage, um die Mensch-Maschine-Interaktion so zu gestalten, dass eine einfache und angenehme Nutzung ermöglicht wird.

Ingenieure sind Menschen, die Maschinen entwickeln, mit denen andere Menschen Aufgaben erledigen. Obwohl Ingenieure selbst Menschen sind, fällt es manchen von ihnen offensichtlich sehr schwer, diese Maschinen so zu konstruieren, dass andere Menschen damit wirklich gut umgehen können. Wer hat nicht schon einmal versucht, in seinem Handy die eigene Telefonnummer zu finden? An Fahrkartenautomaten sind regelmäßig verzweifelte Reisende zu beobachten, die ihre Fahrkarte nicht erstellen können. Und bevor man wirklich gut mit einem Computerprogramm umgehen kann, müssen die meisten Nutzer Schulungen und Trainings auf sich nehmen. Muss das so sein? Ist die moderne Technik so komplex, dass man den Umgang damit erst mühsam erlernen muss?

Zum Teil trifft das tatsächlich zu. Wenn man als Mitarbeiter in einem Betrieb mit einem neuen Computerprogramm auch gleichzeitig eine neue Aufgabe erlernen muss, ist eine Lernphase wohl nicht zu vermeiden. Wenn man allerdings genau weiß, *was* man mit einer Maschine erreichen will, aber nicht herausfinden kann, *wie* man das tut, dann wurde das Produkt nicht optimal entwickelt. Etwas genauer formuliert: Eine bestimmte Funktion

wurde zwar entwickelt. Die Frage, wie der Nutzer auf diese Funktion zugreift und sie bedient, wurde jedoch vernachlässigt. Damit ist die *Mensch-Maschine-Schnittstelle* (MMS), oder, häufiger verwendet, das *Human-Machine-Interface* (HMI) angesprochen.



Definition

► Das *Human-Machine-Interface* (HMI) beschreibt die Teile einer Maschine oder eines Computerprogramms, mit denen Informationen an den Menschen vermittelt werden und mit deren Hilfe der Mensch die Maschine oder das Programm bedienen kann. Im Deutschen bezeichnet man dies auch als *Mensch-Maschine-Schnittstelle* (MMS). HMI wird häufig auch als *Human-Machine-Interaction* verwendet, um den Umgang des Menschen mit der Maschine zu beschreiben (auf Deutsch dann *Mensch-Maschine-Interaktion*, MMI). ◀◀

Das zentrale Anliegen der Ingenieurpsychologie ist es, diese Mensch-Maschine-Interaktion optimal zu gestalten oder sie zu verbessern – also genau die Situation zu vermeiden, die in **Abbildung 1.1** dargestellt ist. Dazu wird Wissen über die menschliche Informationsverarbeitung und die kognitiven Prozesse genutzt, die menschlichen Handlungen zu Grunde liegen. Für die Ingenieurpsychologie ist es deshalb zentral, zu verstehen, wie Menschen über Maschinen denken und welche Erwartungen sie an deren Leistungsfähigkeit und Bedienung haben (»mentale Modelle«). Da Menschen Maschinen nutzen, um bestimmte Ziele zu erreichen, ist außerdem ein Verstehen menschlicher Handlungen notwendig, um die Mensch-Maschine-Interaktion so zu gestalten, dass diese Ziele möglichst gut erreicht werden können. Diese Definition von Ingenieurpsychologie wird im folgenden Kapitel ausführlicher dargestellt.

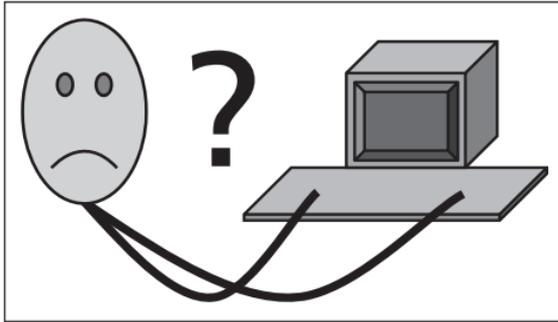


Abb. 1.1: Der Nutzer weiß nicht, wie er den Computer oder die Maschine bedienen soll – diese Situation will die Ingenieurpsychologie vermeiden.

Merke

► Für die Ingenieurpsychologie steht nicht die *Funktion* einer Maschine (*was* macht man damit?) im Vordergrund, sondern die *Mensch-Maschine-Interaktion* (*wie* macht man das?). Nur wenn der Nutzer weiß, wie man auf eine Funktion zugreift, kann er diese auch verwenden. Allerdings müssen auch alle benötigten Funktionen tatsächlich vorhanden sein. ◀◀



1.1 Definition und Arbeitsgebiete

Definition

► Ingenieurpsychologie ist die Wissenschaft vom Erleben und Verhalten des Menschen im Umgang mit technischen Systemen mit dem Ziel, diesen Umgang optimal zu gestalten. ◀◀



Eine einfache und angenehme Bedienung von Geräten ist weder selbstverständlich noch einfach zu erreichen (s. Beispiel). Da Maschinen und insbesondere Computer privat und beruflich eine Vielzahl von Handlungsmöglichkeiten erst eröffnen, hat sich eine eigene Richtung der Psychologie entwickelt. Wickens definiert Ingenieurpsychologie als »... the study of human behavior with the objective of improving human interaction with systems.« (Wickens & Kramer, 1985, S.307). In dieser Definition sind zwei wesentliche Elemente enthalten:

1. Ingenieurpsychologie untersucht menschliches Verhalten, insbesondere die Nutzung von Maschinen zur Zielerreichung.
2. Ingenieurpsychologie wendet dieses Wissen an, um die Interaktion von Nutzern mit Systemen optimal zu gestalten.



Beispiel

► **Abbildung 1.2** zeigt das Bedienelement eines Herdes mit einem Ceran-Kochfeld und vier Platten. Das Element befindet sich vorne auf dem Kochfeld. Es handelt sich um eine Metallscheibe, die man auch vom Herd wegnehmen kann und die offensichtlich durch einen Magneten im runden Feld gehalten wird. Die vier Zahlen geben wohl die Wärmestufen der vier Herdplatten an. Wie stellt man jetzt die Platte vorne rechts an und wie wählt man dort die Stufe 7 aus?

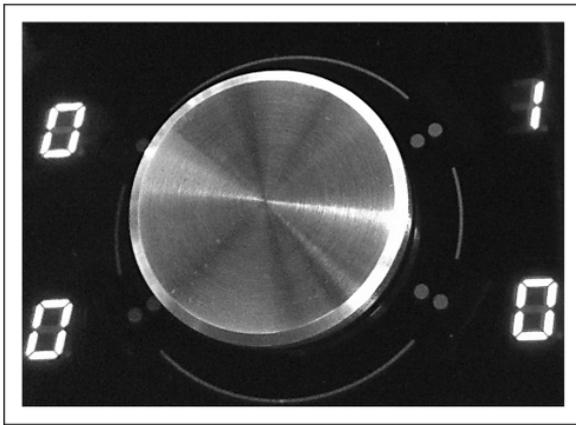


Abb. 1.2: Bedienelement eines Herdes mit Ceran-Kochfeld. Wie schaltet man damit eine Platte an?

Ohne Bedienungsanleitung ist das gar nicht so einfach herauszufinden. Wie würden Sie das tun?

Lösung: Sie müssen die Metallscheibe zunächst in Richtung der Zahl bewegen, die Sie ändern wollen. Ein kleiner, leuchtender Punkt taucht dann neben der entsprechenden Zahl auf und zeigt an, dass diese Platte gerade aktiv ist. Danach drehen Sie die Scheibe nach rechts, um höhere Werte zu erreichen. Wären Sie spontan auf diese Lösung gekommen? ◀◀

Der interdisziplinäre Ansatz der Ingenieurpsychologie wird in der Definition von Hoyos (1990) sehr deutlich. »Ingenieurpsychologie ... ist die Anwendung der Psychologie auf die Nutzung, Steuerung und Wartung ingenieurwissenschaftlicher Produkte.« (S. 5) Damit wird vorausgesetzt, dass entsprechende Produkte auch entwickelt werden. Ingenieurpsychologen brauchen Ingenieure und ergänzen deren funktionale Sicht durch die Untersuchung der Mensch-Maschine-Interaktion. Davon profitieren wiederum Ingenieure, die sich häufig auf die Funktionsentwicklung konzentrieren wollen. Durch eine gute MMI wird erreicht, dass die Produkte so genutzt werden können, wie es gedacht ist.

Deshalb sind Ingenieurpsychologen auch in der Grundlagenforschung tätig, wobei es ihnen darum geht, die kognitiven Prozesse des Menschen bei der Bewältigung konkreter Aufgaben zu verstehen. Am Beispiel der Bedienung eines Herds: Man kann als Ingenieurpsychologe die Bedienelemente verschiedener Hersteller bewerten und vergleichen, um daraus Hinweise abzuleiten, wie neue Bedienelemente optimal zu gestalten wären. Man könnte aber auch die Erwartungen und typischen Arbeitsschritte am Herd untersuchen, um daraus abzuleiten, wie ein ideales Bedienelement aussehen müsste. Das ist mit »angewandter Grundlagenforschung« gemeint.

Ganz wesentlich dafür ist eine *Aufgabenanalyse*. Dabei wird auf unterschiedliche Art und Weise die Bewältigung einer Aufgabe durch einen Menschen untersucht, um daraus abzuleiten, an welche Stelle er auf welche Weise durch ein technisches System unterstützt werden könnte, oder wie ein bestehendes System erweitert werden müsste, um die Aufgabenbearbeitung zu optimieren.

Entwickelte oder bestehende Systeme werden mit Hilfe unterschiedlicher Methoden bewertet (*Evaluation*), um daraus Verbesserungsmöglichkeiten abzuleiten. Dazu werden Nutzer in der Interaktion mit Systemen beobachtet, ihre körperlichen Reaktionen und ihr Verhalten gemessen und unterschiedliche Aspekte des Erlebens erfasst. Häufig geht es dabei nicht nur um eine angenehme, effektive Nutzung, sondern auch um sicherheitsrelevante Aufgaben. Beim Autofahren, bei der Über-

wachung eines Atomkraftwerks oder auch bei der Koordination des Luftverkehrs können Fehler schwerwiegende Konsequenzen nach sich ziehen. Daher ist die Analyse von Fehlern und die Entwicklung von Konzepten zur Fehlervermeidung ein ganz zentrales Arbeitsgebiet des Ingenieurpsychologen.

Man weiß nicht sofort, wie etwas funktioniert. Die Erfüllung von Aufgaben mit Maschinen ist nicht immer einfach und manchmal sogar gefährlich. Und nicht jeder Umgang mit Maschinen macht so viel Spaß wie die Bedienung des iPads. Neben der rein technischen Entwicklung muss dafür gesorgt werden, dass Menschen damit gut umgehen können. Das ist das Aufgabengebiet der Ingenieurpsychologie.



Merke

► Wesentliche Aufgabengebiete der Ingenieurpsychologie sind:

- Angewandte Grundlagenforschung
- Aufgabenanalyse
- Fehleranalysen
- Ableitung von Anforderungen an MMI (Konzepte)
- Bewertung der MMI ◀◀

1.2 Geschichte

Der Ursprung der Ingenieurpsychologie kann bei William Stern gesehen werden, der 1903 den Begriff der *Psychotechnik* prägte (Stern, 1903–1904). Dieser bezeichnete die Anwendung psychologischen Wissens, um das Verhalten von Menschen zu verändern. Damit waren allerdings zunächst noch ganz verschiedene Anwendungsgebiete gemeint. Bei Hugo Münsterberg findet sich die Beschreibung der Psychotechnik als Anwendung der Psychologie im Dienste von Kulturaufgaben, wozu auch das Wirtschaftsleben gehört (Münsterberg, 1913; 1914). Fritz Giese führte dann den Begriff der »Objektpsychotechnik« ein, um damit die Anpassung der Arbeitsbedingungen an den Menschen zu beschreiben (Giese, 1927). Von Walter Moede stammte der

Begriff der »Industriellen Psychotechnik«, welcher die Anwendung psychologischen Wissens im Bereich der Produktion bezeichnet (Moede, 1930). Im Ersten Weltkrieg und in der Zeit danach erlebte die Psychotechnik einen Aufschwung, da mit ihrer Hilfe die wirtschaftliche Produktion verbessert werden sollte. Allerdings lag der Schwerpunkt eher bei der Anpassung der Menschen an die Arbeitsbedingungen (Personalauswahl, Training) als umgekehrt. Diese einseitige Sichtweise führte auch dazu, dass die Psychotechnik im nationalsozialistischen Deutschland zwar weiter gefördert wurde, durch diese Förderung aber in Verruf geriet und an Bedeutung verlor.

Parallel dazu entwickelte sich in den USA das *Human Factors Engineering*. Gerade militärische Entwicklungen führten zu neuen Anforderungen an die Bediener. Eine Vielzahl von Informationen wurde über Radar, Sonar, Telefon und Radio verfügbar und musste für die Nutzer verständlich dargestellt werden. Es wurde schnell deutlich, dass menschliche Fehler und Probleme beim Umgang mit technischen Systemen wesentlich durch die Gestaltung dieser Systeme und ihrer Schnittschnellen bedingt waren. Diese Fehler fanden sich auch bei gut trainierten Nutzern, was dazu anregte, die Gestaltung der Systeme auf eine Weise zu verbessern, dass auch ungeübte Nutzer besser und fehlerfrei damit umgehen können. Damit war die Ingenieurpsychologie geboren, die auf Basis des psychologischen Wissens an der Gestaltung und Bewertung von Systemen arbeitet.

In Deutschland wurden diese Entwicklungen zunächst vor allem in der ehemaligen DDR aufgegriffen. Ausgangspunkt war die Übersetzung eines russischen Buches von Lomow als »Ingenieurpsychologie« (Lomow, 1964). Friedhart Klix und Klaus-Peter Timpe etablierten an der Humboldt-Universität in Berlin das entsprechende Fach, wobei auf Basis experimentalphysikalischer Grundlagen Fragen der Schnittstellengestaltung bei der Mensch-Maschine-Interaktion untersucht wurden. Dies wurde insbesondere im Zusammenhang mit Automation ein wichtiger Forschungsbereich. Auch in der Lehre gab es in der DDR eine eigene Spezialisierung »Ingenieurpsychologie« als Alternative zur Klinischen Psychologie. In der BRD wurden ingenieurpsychologische Fragestellungen

im Bereich der Arbeitspsychologie behandelt. Nach der Wiedervereinigung blieb die Ingenieurpsychologie an einigen Universitäten erhalten (z. B. Dresden, Berlin, Chemnitz). Mit der zunehmenden Bedeutung der Mensch-Computer-Interaktion hat sich das Interesse an diesem Bereich verstärkt, sodass es auch neue Professuren für Ingenieurpsychologie gibt (z. B. seit 2003 in Lüneburg, seit 2007 in Braunschweig, seit 2009 in Darmstadt) oder wenigstens entsprechende Lehrveranstaltungen angeboten werden.

Ein aktuelles deutschsprachiges Lehrbuch fehlt momentan. Ein Überblick entsprechender Forschungsthemen findet sich in der Enzyklopädie der Psychologie (Zimolong & Konradt, 2006). Klassiker sind das Lehrbuch von Lomow (1964) und das von Hacker (2005, in der ersten Auflage noch »Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie«), wobei hier aktuelle Entwicklungen fehlen. Im englischen Sprachraum sind vor allem die Bücher von Wickens (Wickens, Lee, Liu & Becker, 2004, Wickens & Hollands, 2000) zu empfehlen.



Merke

► Die Ingenieurpsychologie hat ihre Wurzeln in der *Psychotechnik*, der Anwendung psychologischen Wissens im Bereich der Wirtschaft. Während anfangs die Anpassung der Menschen an die Technik im Vordergrund stand, hat sich der Schwerpunkt so verändert, dass die technischen Systeme an die Eigenschaften des Menschen angepasst werden, sodass durch eine optimale Mensch-Maschine-Interaktion die unterschiedlichen Ziele möglichst gut erreicht werden können. ◀◀

1.3 Grundbegriffe

Der Gegenstand der Ingenieurpsychologie ist die *Mensch-Maschine-Interaktion*. An dieser Interaktion sind zwei Seiten beteiligt, die jeweils einerseits selbst etwas tun, andererseits Informationen vom Gegenüber aufnehmen. Der Mensch bedient die Maschine, indem er Tasten drückt oder mit einer Maus einen Zeiger bewegt und Elemente auswählt (beim Computer),

einen Knopf drückt (beim Öffnen der Zugschleuse) oder ein Lenkrad dreht (im Auto). Allgemein geht es um die Gestaltung dieser *Bedienelemente oder Stellteile*. Mit welcher Tastatur kann ein Text am schnellsten und mit den wenigsten Fehlern geschrieben werden? Ist der Druckknopf an der Tür des ICE gut geeignet, um die Tür zu öffnen? Kann man mit einer Bremse wirklich am schnellsten reagieren, wenn ein Unfall bevorsteht? Wie das *Beispiel ICE-Knopf* zeigt, geht es dabei einerseits um die Bedienbarkeit selbst, aber andererseits auch um die direkte Rückmeldung, dass die eigene Aktion von der Maschine richtig interpretiert wurde.

Beispiel

► Der derzeitige Druckknopf an der ICE-Tür ist als  Bedienelement nicht gut geeignet, da man nie sicher ist, ob der Tastendruck wirklich registriert wurde: Der Knopf selbst gibt nicht nach und rastet nicht ein, sodass eine Rückmeldung (Feedback) fehlt. Die Tür öffnet sich deutlich verzögert, sodass man während dieser Pause sehr unsicher ist, ob der Knopfdruck tatsächlich gewirkt hat. Der Knopf selbst ist zwar gut zu sehen und gut zu erreichen. Man weiß, was man tun soll und kann ihn auch leicht drücken. Aber ein wesentlicher Aspekt eines Bedienelements fehlt: Eine gute Rückmeldung, dass die Handlung des Nutzers auch registriert wurde. ◀◀

Die Rückmeldungen der Maschine sind der zweite Aspekt der Mensch-Maschine-Interaktion. Allgemein wird das mit dem Begriff des *Displays* bezeichnet. Dazu gehören verschiedene Arten der visuellen Anzeigen (z. B. Tachometer, Thermometer, Bildschirme, Warnlichter), aber auch akustische und sprachliche Rückmeldungen (Warntöne, Sprachausgaben eines Navigationssystems) und haptische Signale (z. B. das Einrasten eines Knopfs oder ein Widerstand am Lenkrad, wenn das Fahrzeug die Spur verlässt). Bei der Gestaltung des Displays geht es vor allem darum, ob die Signale wahrgenommen und richtig verstanden werden. Kann man den Ton überhaupt hören, wenn es im Fahrzeug laut ist? Wird das Warnsignal im

Flugzeugcockpit gesehen, wenn gleichzeitig eine Vielzahl von Signalen verfügbar ist? Versteht der Kunde, welches Menü er auswählen muss, um eine Tageskarte für den öffentlichen Nahverkehr zu kaufen?

Beide Aspekte sind im Begriff der *Mensch-Maschine-Schnittstelle* oder des *Interface* enthalten. Es geht einerseits um die Bedienhandlungen des Menschen, andererseits um Aktionen und Informationen der Maschine, die der Mensch verstehen muss. Dieser Zusammenhang ist in **Abbildung 1.3** zusammengefasst. Diese Aufteilung findet sich auch in den entsprechenden Kapiteln dieses Buches wieder.

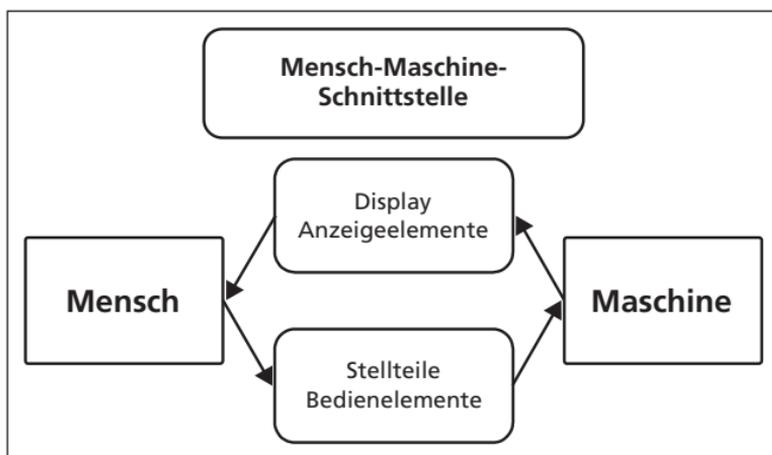


Abb. 1.3: Die beiden Aspekte der Mensch-Maschine-Schnittstelle

Wie bewertet man die Güte einer Mensch-Maschine-Schnittstelle? Hier spielt das Konzept der *Gebrauchstauglichkeit* oder *Usability* eine wichtige Rolle. Dieses stammt aus dem Bereich der Softwareentwicklung und wird in der Norm EN ISO 9241-11 definiert. Es umfasst drei Aspekte:

- Unter *Effektivität* versteht man, inwieweit der Nutzer seine Ziele tatsächlich erreichen kann. Wenn der Nutzer beim Schreiben eines Textes am Computer zum Beispiel Absätze nummerieren will, diese Funktion aber nicht findet, ist die Software nicht effektiv.