

Künstliche Intelligenz - ein Blick hinter die Kulissen

Prof. Bernd Neumann

Arbeitsbereich Kognitive Systeme
und
Labor für Künstliche Intelligenz

Fachbereich Informatik
Universität Hamburg

Zeichen der Zeit

- Der Schachcomputer "Deep Blue" schlägt den Schachweltmeister



- Medizinische Expertensysteme können mehr Krankheiten erkennen als ein Facharzt
- Weltraummissionen werden durch rechnerbasierte Planungssysteme vorbereitet
- Fahrerlose Fahrzeuge fahren kameragesteuert im Autobahnverkehr oder durch Wüstengelände
- Ein neuronales Netz erkennt Plastiksprengstoffe im Reisegepäck
- Roboter spielen Fußball

Agenda

- **Maschinelles Denken**
- **Das Forschungsgebiet KI**
- **Probleme lösen durch Suchen**
- **Expertensysteme**
- **Logisches Schlussfolgern**
- **Künstliche Neuronale Netze**
- **Bildverstehen**
- **Zukünftige KI-Systeme**
- **Projekte des KI-Labors**

Maschinelles Denken

Können Computer denken?

Nein, wenn wir darunter verstehen :
... genau wie Menschen denken

Ja, wenn wir darunter verstehen :
... Probleme lösen, die beim Menschen Denken und Intelligenz erfordern

Was bedeutet "denken"?

Der denkende Lippenstift

IKOS - Beauty Lipsticks
- passen sich farblich Ihrer Stimmung an -

Der "denkende" Lippenstift passt sich farblich Ihren Stimmungen an und ist für 12 Stunden kussecht.
Beim Auftragen ist er farblos, doch je nach Ihrer Laune und individuellen Stimmung verändert er die Farbe.

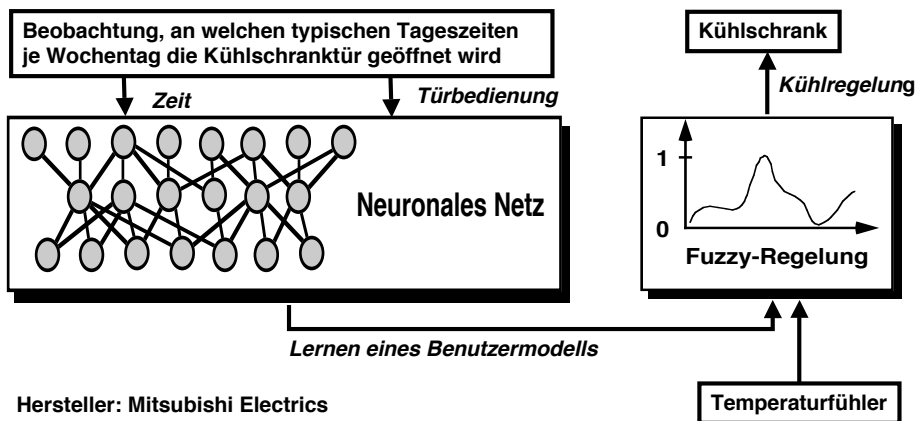


Für eine grössere Darstellung klicken Sie auf das Bild.

Denken Kühlschränke?

Der "denkende" Kühlschrank

Ziel: Geringere Temperaturschwankungen der zu kühlenden Lebensmittel
Ergebnis: Reduktion der mittleren Schwankungen um 2,2° Celsius
Lösung: Flexible, adaptive Steuerung mit gradierter Feinabstimmung



Mechanisieretes Denken

"Es wird dann beim Auftreten von Streitfragen für zwei Philosophen nicht mehr Aufwand an wissenschaftlichem Gespräch erforderlich sein als für zwei Rechnerfachleute. Es wird genügen, Schreibzeug zur Hand zu nehmen, sich vor das Rechenggerät zu setzen und zueinander (wenn es gefällt, in freundschaftlichem Ton) zu sagen: Lasst uns rechnen."

LEIBNIZ, um 1680 in:

De scientia universali seu calculo philosophico

Was ist "Künstliche Intelligenz"?

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Teilgebiet der Informatik, in dem man sich mit Problemen befasst, deren Lösung beim Menschen Intelligenz erfordert

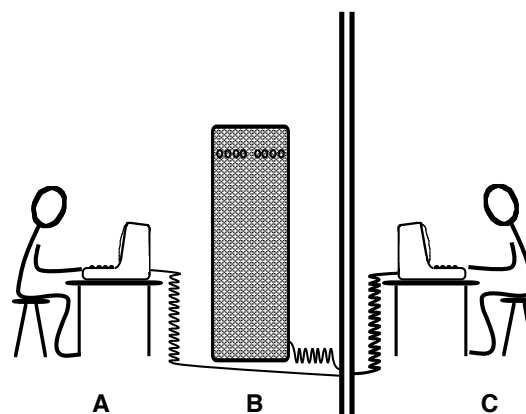


Computer verfügen über (künstliche) Intelligenz, wenn sie Probleme lösen können, die bei Menschen Intelligenz erfordern

Turing-Test

"Ein Computer zeigt intelligentes Verhalten, wenn eine Testperson in angemessener Zeit nicht herausfinden kann, ob es sich um einen Computer oder einen Menschen handelt."

Turing 1951



Das Forschungsgebiet KI

Ziele der KI

KI hat ingenieurwissenschaftliche und kognitionswissenschaftliche Ziele

Ingenieurwissenschaftliche Ziele:
Intelligente Systeme konstruieren

- Verbindung zu
- Ingenieurwissenschaften
 - Signalverarbeitung
 - Regelungstechnik
 - Nanotechnologie

Kognitionswissenschaftliche Ziele:
Menschliche Intelligenz erklären

- Verbindungen zu
- Neurowissenschaften
 - Psychologie
 - Linguistik
 - Philosophie

Kerngebiete der KI

Wissensrepräsentation und Wissensverarbeitung

Logisches Schließen
Unsicheres Schließen

Sprachverstehen

Verstehen gesprochener Sprache
Textverstehen
Automatische Übersetzung

Bildverstehen

Objekterkennung und Szeneninterpretation
Bildarchivierung

Robotik

Bewegungsplanung
Multiagentensysteme
Kognitive Architekturen

Lernen

Künstliche Neuronale Netze
Konzepte Lernen
Selbstorganisation

**Probleme lösen durch
Suchen**

Suchen - die primitive Keule der Rechnerintelligenz

Beispiel: Kryptoarithmetische Rätsel

HEMD	A	C	D	E	H	J	K	M	O	S	7650
+ HOSE	4	9	0	6	7	1	3	5	2	2	+ 7286
JACKE											14936

Beispiel: Schach

Deep Blue analysiert 200.000.000 Schachstellungen pro Sekunde!

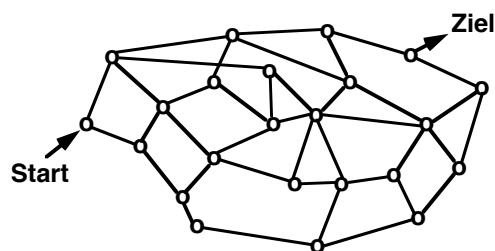
Beispiel: Bildverstehen

Kombination von bedeutungsvollen Formen aus 50.000 Kantenstücken



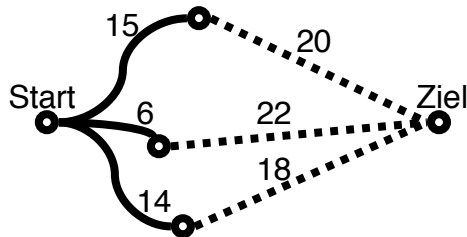
Intelligente Leistungen durch Suche

Beispiel:
Ermitteln der besten Verbindung im Personennahverkehr



- jeder Knoten ist ein möglicher Umsteigeort
- jeder Umsteigevorgang kostet eine bestimmte Gehzeit und Wartezeit
- jede Kante steht für eine oder mehrere Linienverbindungen zwischen zwei Umsteigeorten
- jede Linienverbindung braucht eine bestimmte Fahrzeit

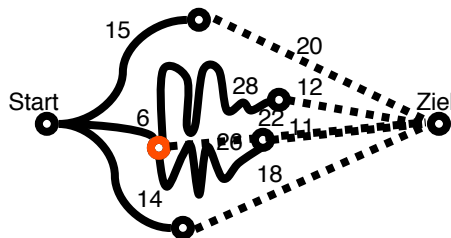
1. Suchschritt



Pfad	Geschätzte Kosten
Pfad 1	$15 + 20 = 35$
Pfad 2	$6 + 22 = 28$
Pfad 3	$14 + 18 = 32$

- Kosten für alternative Pfade bis zum jeweils nächsten Verzweigungspunkt bestimmen
- verbleibende Kosten abschätzen
- Alternativen nach Gesamtkosten ordnen

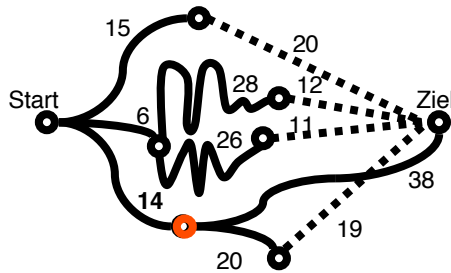
2. Suchschritt



Pfad	Geschätzte Kosten
Pfad 1	$15 + 20 = 35$
Pfad 3	$14 + 18 = 32$
Pfad 4	$28 + 12 = 40$
Pfad 5	$26 + 11 = 37$

- Pfad mit geringsten geschätzten Gesamtkosten weiterverfolgen: Kosten für alternative Pfade bis zum jeweils nächsten Verzweigungspunkt bestimmen
- verbleibende Kosten abschätzen
- Alternativen nach Gesamtkosten ordnen

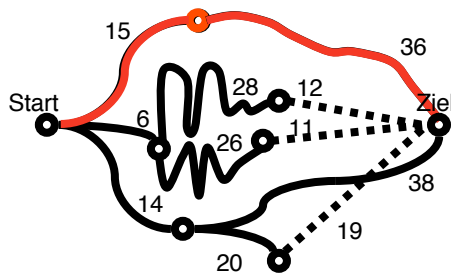
3. Suchschritt



Pfad	Geschätzte Kosten
Pfad 1	$15 + 20 = 35$
Pfad 4	$28 + 12 = 40$
Pfad 5	$26 + 11 = 37$
Pfad 6	38
Pfad 7	$20 + 19 = 39$

Die gleichen Operationen wie beim 2. Suchschritt durchführen, hier für Pfad 3

4. Suchschritt



Pfad	Geschätzte Kosten
Pfad 4	$28 + 12 = 40$
Pfad 5	$26 + 11 = 37$
Pfad 6	38
Pfad 7	$20 + 19 = 39$
Pfad 8	36

Die gleichen Operationen wie beim 3. Suchschritt durchführen, hier für Pfad 1.

Pfad 8 ist der kürzeste Weg.

Expertensysteme

Was ist ein Expertensystem?

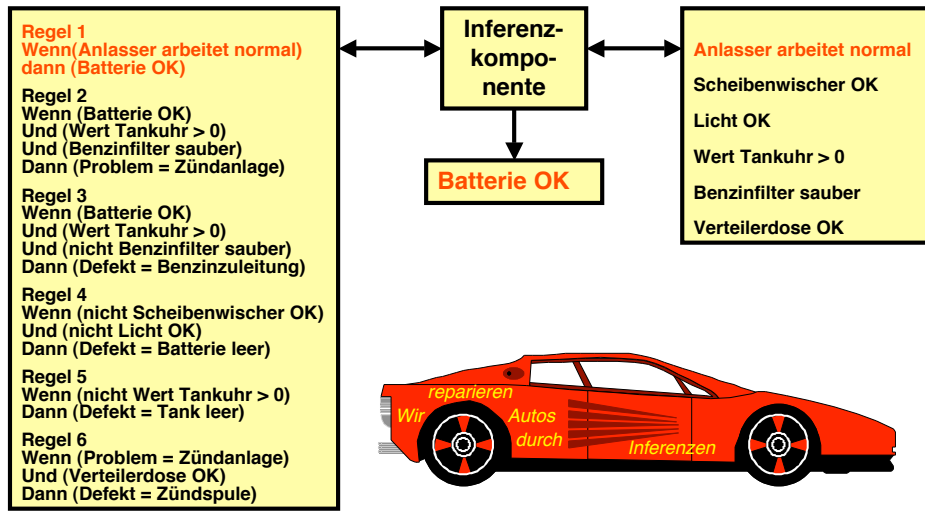
Expertensystemtechnologie ist ein Teilgebiet der KI



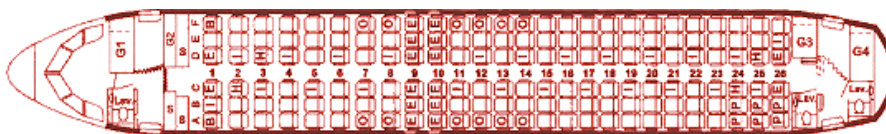
Ein Expertensystem ist ein KI-System, welches
Expertenwissen auf einem Computer verfügbar macht.

Wie findet ein Expertensystem Fehler in Kraftfahrzeugen?

... z.B. wenn ein Auto nicht anspringt



Kabinenlayout für Passagierflugzeuge



Platzierung der Kabineneinrichtung (Sitze, Küchen, Toiletten, etc.) unter Berücksichtigung von:

- Kundenwünschen
- technischen Möglichkeiten
- legalen Beschränkungen
- Optimalitätskriterien

Aufwand für menschlichen Experten: mehrere Tage

Aufwand für interaktives Expertensystem: ca. 2 Stunden

Logisches Schlussfolgern

Probleme mit Logik lösen

Logik (Prädikatenkalkül) ist eine universelle Sprache für Wissensrepräsentation und Wissensverarbeitung.

Regel	:	$(\forall X) B(X) \Rightarrow K(X)$
Fakten	:	$B(a)$
Folgerung	:	$K(a)$

Regel	:	$\text{beamter}(X) \ \& \ \text{hat}(X, \text{familie}) \Rightarrow \text{kreditwürdigkeit}$
Fakten	:	$\text{beamter}(\text{otto}), \ \text{hat}(\text{otto}, \text{familie})$
Folgerung	:	$\text{kreditwürdig}(\text{otto})$

Dasselbe in der Programmiersprache PROLOG:

Datenbasis	:	$\text{beamter}(\text{otto}).$ $\text{hat}(\text{otto}, \text{familie}).$ $\text{kreditwuerdig}(X) := \text{beamter}(X), \ \text{hat}(X, \text{familie}).$
Anfrage	:	$?=\text{kreditwuerdig}(\text{otto}).$
Antwort	:	YES

Fragen durch Schlussfolgern beantworten

- Aussagen in einer formalen Sprache repräsentieren

"Haus Angelglück liegt am Plöner See"

ferienhaus (HausAngelglück)
see (PlönerSee)
am (HausAngelglück, PlönerSee)


- Schlussfolgerungen aus Aussagen ziehen

"alle Ferienhäuser in der Nähe eines Sees haben Mücken"

$(\forall x)(\forall y)\{ [ferienhaus(x) \wedge see(y) \wedge nahe(x, y)] \Rightarrow [hatmücken(x)] \}$

" 'am' bedeutet auch 'nahe' "

$(\forall x)(\forall y)\{ am(x, y) \Rightarrow nahe(x, y) \}$

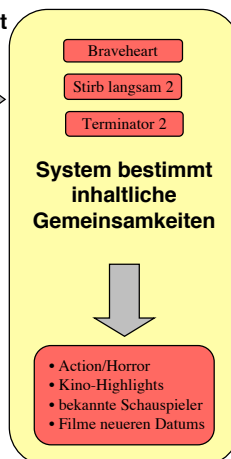
 hatmücken (HausAngelglück)

"Haus Angelglück hat Mücken"

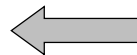
Logik bei der Programmselektion

ARD	ZDF	RTL	SAT.1
20.15 Fußball-WM	20.15 China heute	20.15 Galactica	20.00 Dragonheart
21.45	21.15	21.35	21.00
Sissi	Wetten, dass...	Braveheart	Stirb langsam 2
22.30	22.00	22.45	22.15
Tagesthemen	Heute	Sexshow	Rolling Stones
23.00	22.30	23.30	23.00
The Rock	Terminator 2	Speed	Alien

Benutzer wählt
Beispiele



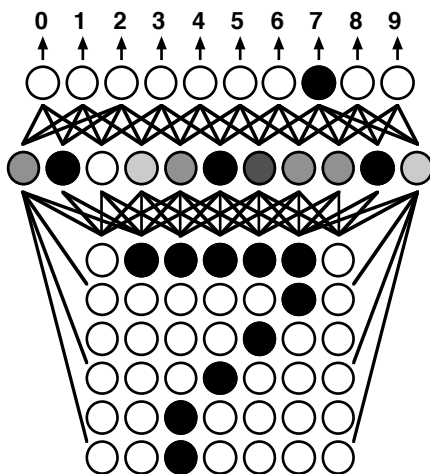
System schlägt
Programm mit
ähnlichem
Inhalt vor



ARD	N3	RTL	PRO 7
20.15 Schatzinsel	20.15 Eiskunstlauf	20.15 Goldfinger	20.00 Psycho II
21.45	21.00	21.30	21.00
Lindenstraße	Sterbehilfe	Dallas	Deep Impact
22.30	22.00	22.15	22.15
Tagesthemen	Extra 3	Titanic	Killerwale
23.00	22.30	23.30	23.00
Armageddon	Achterbahn	Robocop	Arabella

Künstliche Neuronale Netze

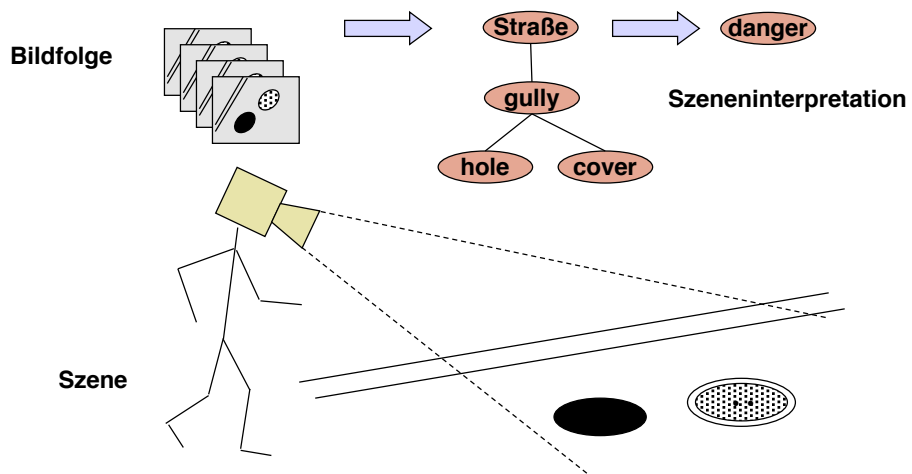
Handschrifterkennung mit einem Künstlichen Neuronales Netz (KNN)



Das Mehrschichtensystem lernt mit Backpropagation, handgeschriebene Zeichen zu erkennen. Dabei lernen die verborgenen Zellen (hidden units), wichtige Merkmale in der Eingabe zu erkennen.

Bildverstehen

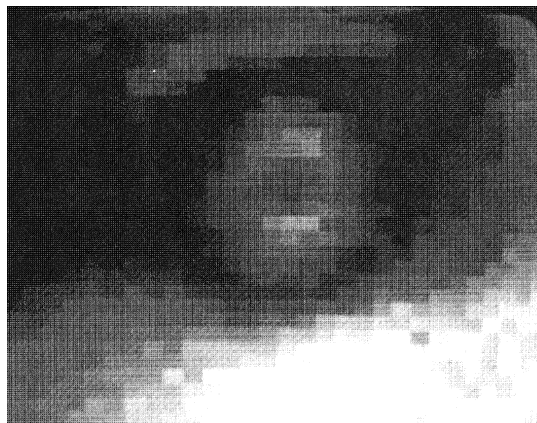
Illustration von Bildverstehen



Was zeigt dieses Bild?

232 182 143 151 151 148 148 143 145 139 143 136 139 136 134 132 129 130 126 124 115 116 115 104 109 102 100 101
244 218 160 149 145 147 145 143 139 142 140 139 134 134 130 131 125 120 120 116 110 110 107 100 100 97 95 97
246 233 196 145 145 146 141 141 137 134 140 133 133 125 131 125 114 121 116 116 109 101 95 101 97 87 89 91
248 242 222 161 142 140 145 137 138 135 129 127 122 124 118 116 113 102 110 99 102 98 94 91 88 91 90
252 246 234 192 143 139 136 134 133 129 131 127 124 121 117 114 111 105 108 95 101 102 86 88 91 84 84 99
252 249 242 215 151 137 134 134 129 126 126 121 120 116 113 111 108 104 99 94 102 93 89 96 79 87 92 112
252 248 242 227 169 134 135 124 122 120 125 121 116 115 105 112 102 99 92 98 93 88 89 74 87 65 97 111
253 246 244 236 192 134 125 123 119 120 118 116 112 107 110 95 104 94 89 96 84 86 79 77 65 79 105 119
252 250 246 238 210 144 126 118 120 115 116 116 98 105 103 102 96 93 91 82 80 79 75 70 82 81 108 119
250 251 247 239 219 161 127 117 117 109 105 107 100 104 99 100 98 79 98 70 75 80 72 65 86 83 113 124
252 249 247 241 226 177 122 120 116 106 108 110 91 103 99 89 88 79 80 72 74 76 65 84 87 109 123
249 249 247 241 231 191 131 116 110 109 106 98 95 90 102 83 78 86 85 80 70 75 69 81 79 96 122 121
248 249 247 244 238 206 133 121 101 103 94 97 91 87 87 83 83 82 77 78 81 61 73 65 86 99 118 120
247 250 248 244 237 215 149 115 102 105 91 94 80 91 79 83 81 70 71 75 74 71 78 74 76 108 117 119
250 247 246 243 239 218 159 108 100 87 100 88 92 83 85 77 81 63 80 70 63 73 70 78 81 110 120 116
248 245 244 241 239 224 170 113 103 94 89 86 84 83 74 81 68 78 76 66 66 70 73 65 92 108 115 123
248 244 244 242 237 226 179 123 98 94 84 74 88 77 71 76 71 78 68 67 63 72 72 75 94 109 115 124
247 244 245 241 238 221 183 123 95 87 89 73 77 79 71 65 78 56 69 66 62 61 70 69 90 113 118 118
247 246 244 242 236 219 185 120 100 84 82 79 66 67 76 72 69 55 61 56 65 37 70 78 95 106 119 116
246 245 244 241 231 216 190 126 91 86 77 77 72 71 76 60 69 60 57 52 66 55 62 75 87 110 110 117
245 244 244 237 231 221 189 133 97 83 70 73 62 59 77 44 65 66 60 70 51 43 67 75 95 107 116 111
244 244 241 237 230 222 188 133 90 83 77 77 59 78 60 67 62 61 66 72 62 51 62 71 96 105 115 108
242 242 237 236 232 219 187 126 83 79 70 64 58 66 63 67 54 65 51 65 58 54 62 73 77 92 107 94
241 241 238 236 229 216 186 125 85 77 70 66 64 53 63 55 56 53 67 39 52 25 23 9 11 51 66 77
241 239 237 237 228 214 185 127 92 83 64 66 69 62 61 65 32 42 12 7 6 15 65 123 146 160 167 172
240 239 237 236 225 208 178 123 89 67 72 67 49 54 27 10 7 23 103 142 162 167 169 168 171 172 172 178
238 236 236 229 221 203 174 125 77 82 55 33 23 9 79 135 163 173 174 175 174 170 171 167 167 167 169 173
235 235 231 228 215 190 165 122 84 43 14 57 132 166 176 175 179 177 176 178 178 173 169 172 167 168 171 162
231 231 227 223 210 191 163 110 44 95 159 174 175 179 178 180 183 180 179 177 175 175 174 173 169 168 171 156
230 226 225 220 202 187 169 151 175 180 182 177 182 182 183 184 184 184 181 182 181 178 182 179 172 161 160 155
223 224 220 213 198 191 185 186 182 182 178 179 184 185 191 189 189 192 188 192 193 194 192 187 179 161 153 147
220 219 213 203 191 182 181 177 176 173 175 180 182 184 192 192 193 195 200 203 203 206 205 202 192 164 150 151
212 209 200 188 177 173 174 171 169 165 173 176 180 187 191 192 195 195 201 203 207 210 208 212 201 177 147 143

Grauwerte dieses Ausschnittes

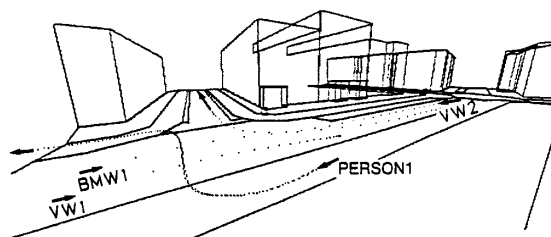


Straßenszene mit Ausschnitt



Automatische sprachliche Beschreibung einer Verkehrsszene

(aus Neumann und Novak 86, Projekt NAOS)



Automatisch generierte sprachliche Beschreibung:

Die Szene enthält vier bewegte Objekte: drei PKWs und einen Fußgänger.

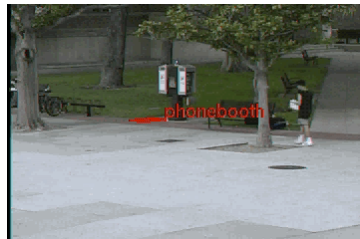
Ein VW fährt von der alten Post vor den Fachbereich Informatik. Er hält an.

Ein anderer VW fährt in Richtung Dammtor. Er biegt von der Schlüterstraße ab. Er fährt in Richtung Grindelhof auf der Bieberstraße.

Ein BMW fährt in Richtung Hallerplatz. Dabei überholt er den VW, der angehalten hat, vor der Bieberstraße. Der BMW hält an der Ampel an.

Der Fußgänger geht in Richtung Dammtor. Dabei überquert er die Schlüterstraße vor dem Fachbereich Informatik.

Erkennen von Straftaten in Video-Aufnahmen



Erkennen eines Überfalls



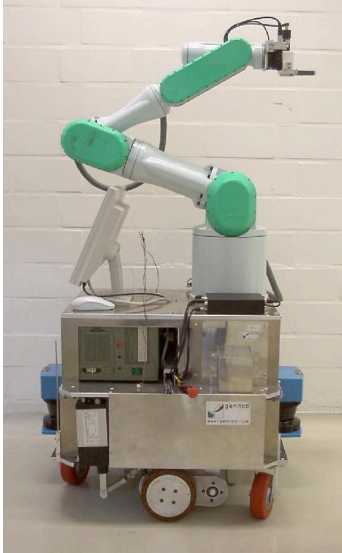
Erkennen eines Diebstahls

Lernen vom Sehsystem des Menschen

Wie werten Menschen einzelne Merkmale komplexer Ansichten aus?



Robotik



- Laborroboter können heute
- fahren, greifen
 - Handlungen planen
 - Hindernissen ausweichen
 - unbekannte Räume erkunden
 - komplexe Aufgaben erledigen
 - sprachlich kommunizieren

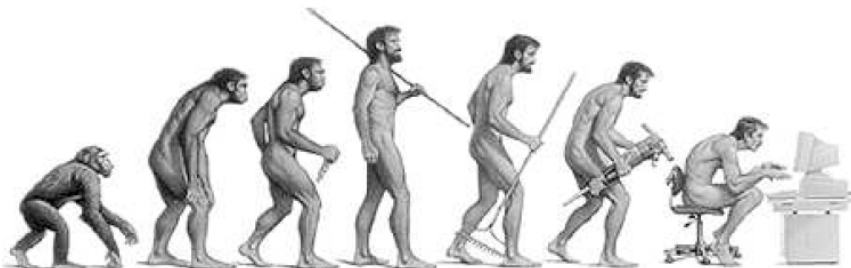
Beispiel:

Eine Veranstaltung besuchen

- Verkaufsfenster finden
 - Schlange stehen
 - Eintrittskarte kaufen
 - Veranstaltung betreten
 - Platz suchen
- etc.

*Laborroboter von
Prof. Jianwei Zhang,
FB Informatik*

Zukünftige KI-Systeme



Beschränktes Alltagswissen

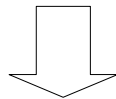
- Wir wissen nicht, wie man Wissensbasen mit umfassendem Alltagswissen konstruiert
- KI-Systeme können nur begrenzt Erfahrungen sammeln



Anwendungen, die umfassendes Alltagswissen erfordern, können auf lange Zeit nicht realisiert werden.

Das übersetzende Telefon

"Ich habe einen schweren Kater, weil ich gestern eine Flasche Gin getrunken habe."



"tom-cat" oder "hang-over"?

Beispiele von Projekten im KI-Labor des FB Informatik

- **Entwicklung eines Fahrplaninformationssystems**
- **Kabinenlayout für Passagierflugzeuge**
- **Prüfplanerstellung für Relaisschaltungen**
- **Luftbilddauswertung zur Straßenplanung**
- **Erfassen und Deuten technischer Zeichnungen**
- **Diagnoseunterstützung für Gabelstapler**
- **Blindenbrille**
- **TV-Programmassistent**
- **Konfiguration von Fahrzeugelektronik**
- **Szeneninterpretation für Smart-Room-Anwendungen**

