

# **Wahrnehmung**

Biologie und Technik, ein Vergleich

Matthias Rewald

# Andy Holzer

(blinder österreichischer Bergsteiger)

- Andy Holzer: Da ich durch das Tasten sehe, ...
- Günter Keil: **Sehen Sie also auch den Berg, den Sie gerade besteigen?**
- Andy Holzer: Natürlich. Mein Sehzentrum, das genauso funktioniert wie bei einem Sehenden, bedient sich der Signale, die über die anderen Sinne hereinkommen und macht ein Bild daraus.

Aus Frankfurter Rundschau , 5.1.2012  
„Sehen wird überbewertet“

<http://www.fr-online.de/leute/blinder-bergsteiger--sehen-wird-ueberbewertet-,9548600,11395176.html>  
<http://andyholzer.com/>

Andy Holzer ist ein österreichischer Bergsteiger.

Das besondere an ihm ist: Er ist blind.

Anfang des Jahres erschien in der „Frankfurter Rundschau“ ein Interview mit ihm.

Oben ein kurzer Ausschnitt aus diesem Interview.

Wer das Interview komplett nachlesen möchte:

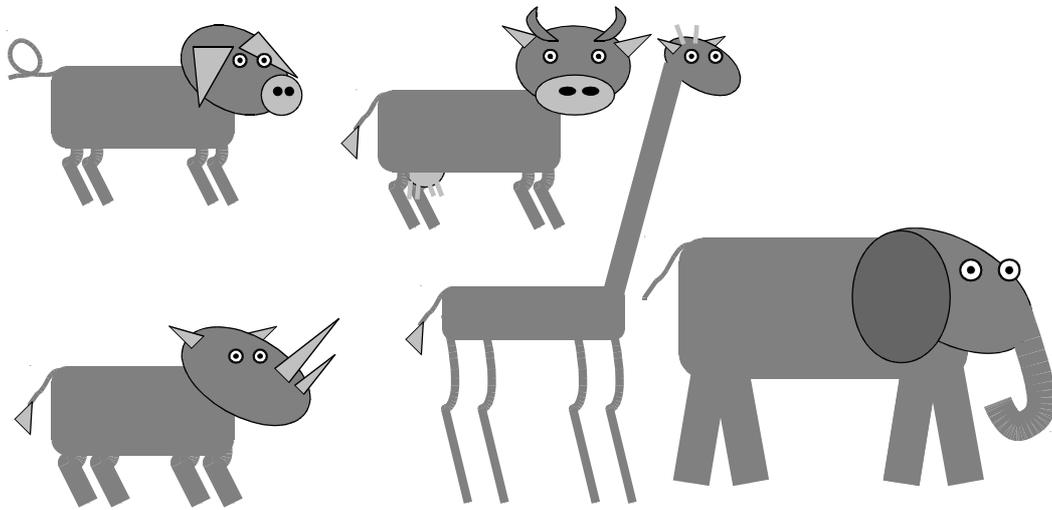
<http://www.fr-online.de/leute/blinder-bergsteiger--sehen-wird-ueberbewertet-,9548600,11395176.html>

(Ich weiß allerdings nicht, wie lange die Artikel dort abrufbar bleiben)

Andy Holzer hat auch eine eigene Webseite:

<http://andyholzer.com/>

## Optische Merkmale



Matthias Rewald

3

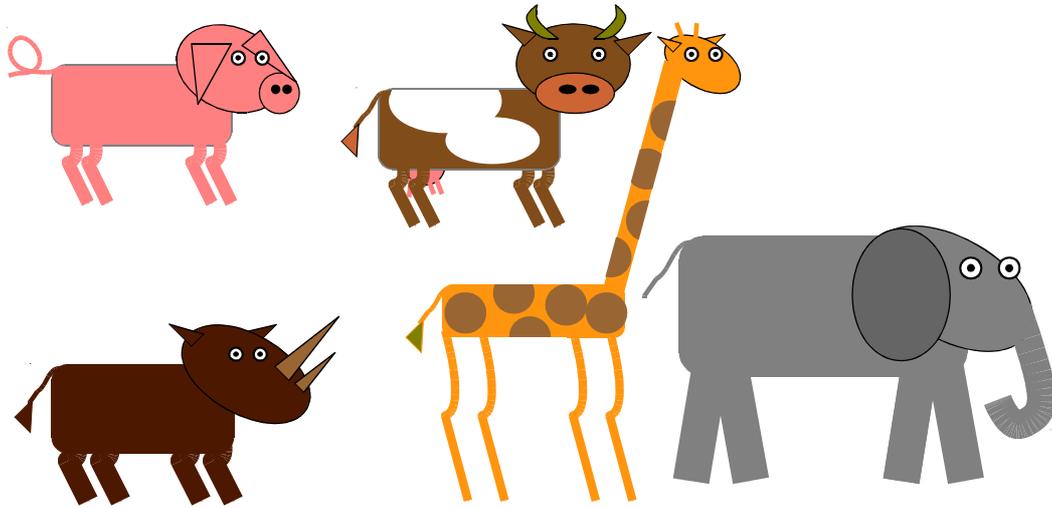
Die oben dargestellten Tiere haben kaum „fotografische“ Ähnlichkeit mit ihren natürlichen Vorbildern. Sie sind aus immer wieder den gleichen geometrischen Elementen zusammen gesetzt. Lediglich die Proportionen unterscheiden sich und ab und zu sind ein paar zusätzliche Merkmale hinzugefügt.

Teilweise sind die Merkmale ins Abstruse übersteigert.

Das stört uns aber nicht weiter. Wir erkennen die Tiere daran, ob bestimmte Merkmale vorhanden sind oder nicht, und in welcher Kombination.

Das gibt uns das Gefühl, das Tier bildlich vor uns zu sehen.

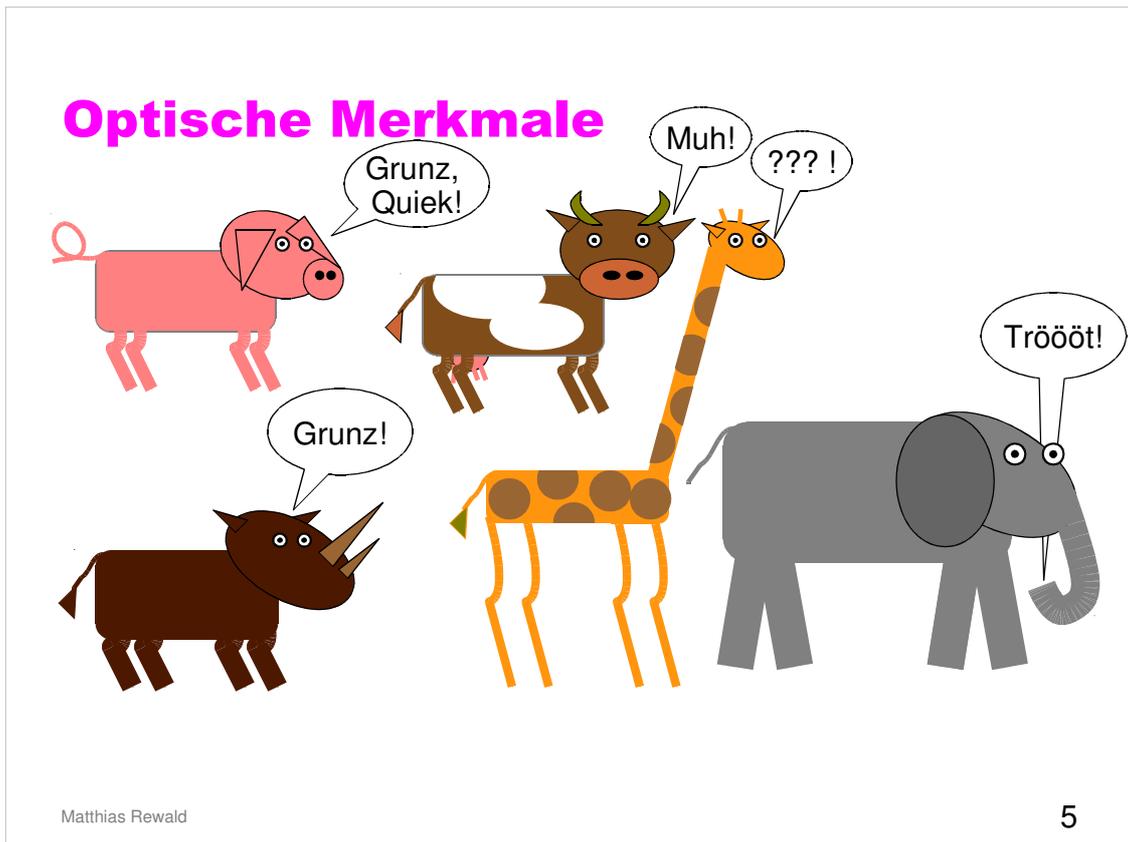
## Optische Merkmale



Matthias Rewald

4

... Wenn zusätzlich Farbe und Fellmuster ins Spiel kommen, kommen damit zusätzliche Merkmale ins Spiel. Auch diese Merkmale stimmen nur sehr entfernt mit dem natürlichen Vorbild überein, was das Erkennen aber nicht stört ...



... auch wenn die Vorverarbeitung der Informationen, die von unseren verschiedenen Sinnen vermittelt werden, in Hirnteilen geschieht, die auf dieses Sinnes-Organ spezialisiert ist. Nach der Extraktion von Merkmalen ist das auch gar nicht mehr notwendig und sinnvoll, denn das würde unser Gehirn daran hindern, die Informationen, die uns über verschiedene Sinnesorgane erreichen, miteinander zu verknüpfen.

Nach der Übersetzung der Sinneseindrücke in eine „interne Repräsentation“ erfolgt die Weiterverarbeitung und Verknüpfung in Hirnteilen, die nicht auf ein bestimmtes Sinnesorgan spezialisiert sind.

Das erklärt dann auch, warum Andy Holzer, auch als Blinder zu einer Vorstellung der ihn umgebenden Welt kommt. Dass diese Vorstellung aber fest dem Sehsystem zugeordnet ist, mit dieser Annahme liegt er schief.

## Optische Merkmale, Bewegungsmuster



traben, hetzen



geschmeidig,  
schleichen



watscheln

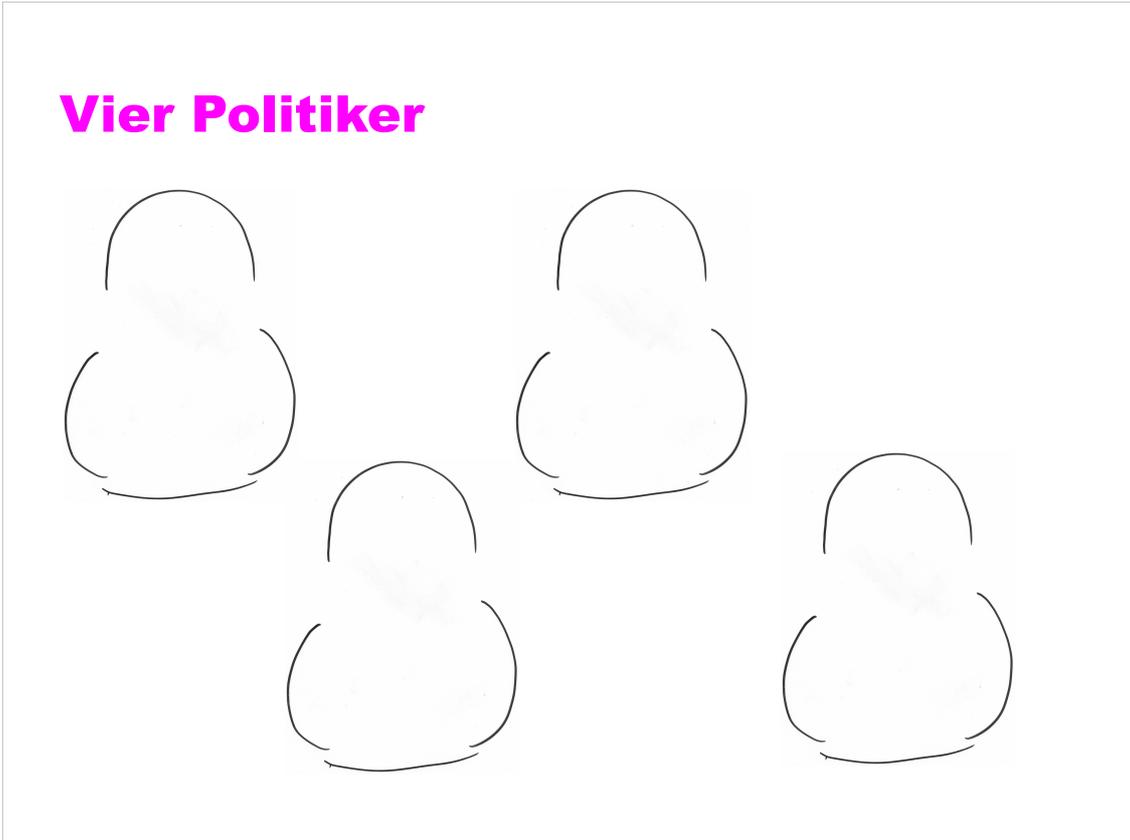
Bildquellen:  
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:BergerPicard.jpg>  
[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gr%C3%BCne\\_Augen\\_einer\\_Katze.JPG](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gr%C3%BCne_Augen_einer_Katze.JPG)  
[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ducks\\_in\\_plymouth,\\_massachusetts.jpg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ducks_in_plymouth,_massachusetts.jpg)  
Matthias Rewald

Zu den Merkmalen gehören aber nicht nur Aussehen und Klang, sondern auch Bewegungsmuster.

Ein Pantomime könnte den trabenden Gang eines Hundes, das Schleichen einer Katze oder das Watscheln einer Ente nachmachen; aber auch den Galopp eines Pferdes, und so ein Tier einfach darstellen

Auch hier reichen wenige isolierte Merkmale, um aus dem Gedächtnis die fehlenden Merkmale abzurufen und zu ergänzen.

## Vier Politiker



Das Gleiche gilt für Gesichter.

Denken Sie an Karikaturen in der Zeitung. Auch da sind die Gesichter durch deren Merkmale charakterisiert. Wobei auch dort die Merkmale oft unnatürlich übersteigert sind.

Rein geometrisch besteht schon keine Ähnlichkeit mehr mit dem realen Gesicht.

Aber aufgrund der (übersteigerten) Merkmale erkennen wir trotzdem (oder gerade deshalb) die karikierte Person. Häufig werden auch metaphorische Merkmale zur Unterstützung eingesetzt, wie z.B. die Schlafmütze des deutschen Michels oder die Jakobiner-Mütze für Franzosen.

Auf Grundlage einer Grundform sollen hier 4 verschiedene Politiker dargestellt werden.

Die Birnenform lässt unwillkürlich an Helmut Kohl denken, aber schauen wir mal ...

## Vier Politiker



Franz-Josef  
Strauss



Hans Dietrich  
Genscher



Helmut  
Kohl

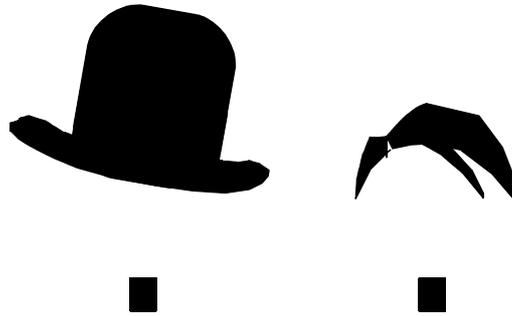


Boris  
Jelzin

... Helmut Kohl ist dabei, aber je nachdem, welche weiteren Merkmale wir hinzufügen, können es eben doch ganz unterschiedliche Charakterköpfe werden.

## Wenige Merkmale reichen

- Wenige markante Merkmale
- Wichtiger als „fotographische“ Exaktheit

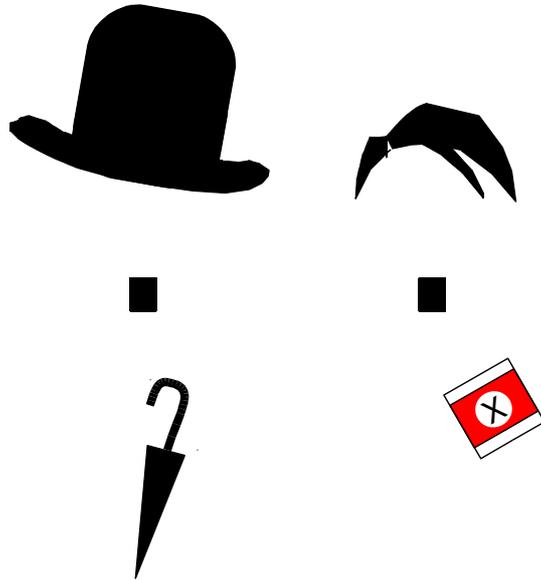


Wie stark man auf wenige markante Merkmale reduzieren kann, soll dieses Beispiel demonstrieren.

Die bloße Ansammlung von 2 Merkmalen lässt uns zwei Personen erkennen.

## Wenige Merkmale reichen

- Wenige markante Merkmale
- Wichtiger als „fotographische“ Exaktheit

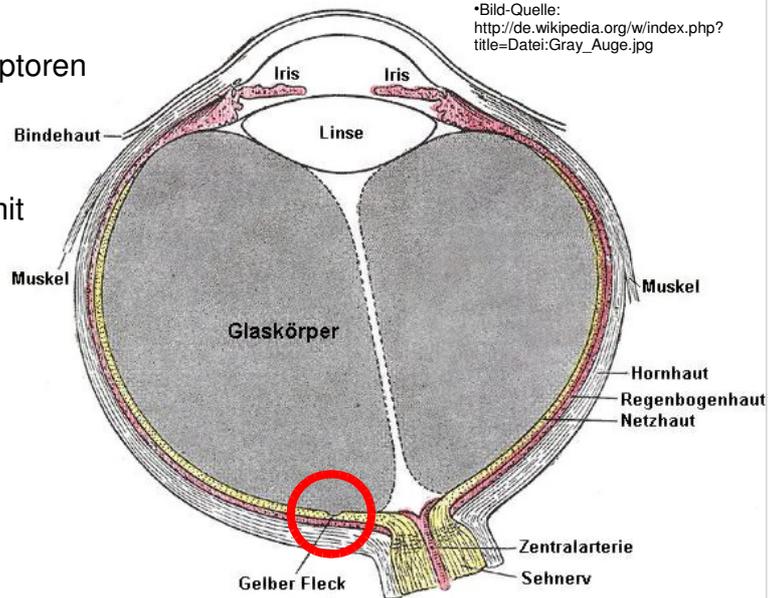


Spätestens mit den beiden zusätzlichen Attributen sollte es klar sein.  
Schirm und Armbinde passen weder in Größe noch in Position ins Bild.

# Das Auge

## Gelber Fleck / Die Seh-Grube

- 100.000.000 – 150.000.000 Rezeptoren
- ca. 1.000.000 Nervenfasern
- Gelber-Fleck 1:1 mit Gehirn verbunden
- Rest: Vorverarbeitung innerhalb der Netzhaut



Matthias Rewald

Auch im weiteren Vortrag will ich die Wahrnehmung vorrangig exemplarisch an der visuellen Wahrnehmung, also am Sehen behandeln.

Bevor wir weiter in Details gehen, müssen wir kurz noch ein paar Voraussetzungen als Grundlage legen und uns mit der Anatomie und Physiologie des Auges beschäftigen.

Im Prinzip können wir mit unseren Augen Bewegungen oder andere Auffälligkeiten wahrnehmen, die innerhalb eines Winkels liegen, von horizontal  $180^\circ$  und vertikal ca.  $90^\circ$ .

Die volkstümliche Vorstellung ist, dass das Bild, was in diesem Bereich auf die Netzhaut fällt, komplett im Gehirn verarbeitet werden kann.

Die Netzhaut verfügt aber über rund 100 bis 150 Millionen Rezeptoren, denen aber nur ca 1 Million Nervenfasern gegenüber stehen, die die aufgenommenen Reize zum Gehirn transportieren können. Wie löst sich dieses Missverhältnis?

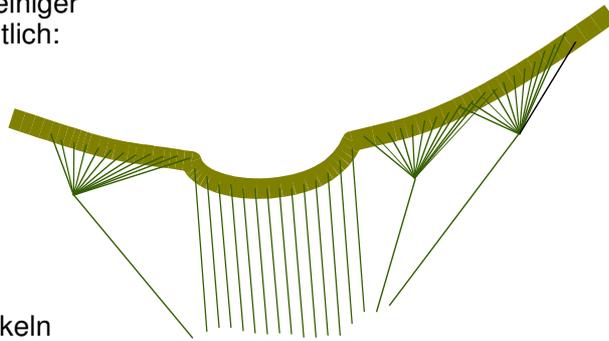
Auf der Netzhaut gibt es einen sehr kleinen Bereich, den „Gelben Fleck“ (auch Makula, Sehgrube, oder Fovea Centralis), in dem die Rezeptoren tatsächlich 1:1 mit dem Sehzentrum im Gehirn verbunden sind.

Er macht weniger als ein Promille der Netzhaut Oberfläche aus.

Im ganzen Rest der Netzhaut findet eine Vorverarbeitung statt, mit dem Ziel, Bereiche im Blickfeld zu identifizieren, wo es Wert sein könnte, genauer hinzuschauen.

## Das Auge – Fovea Zentralis II

- Im Bereich des „Gelben Flecks“:
  - Jeder Rezeptor mit eigener Nervenfasern mit dem Gehirn verbunden
- Sonst: Auswertung jeweils einiger hundert Rezeptoren hinsichtlich:
  - Bewegung
  - Helligkeit
  - Farbe, Farb-Kontraste
  - Kanten und Ecken (Richtung)
  - Symmetrien
- Augenbewegung:  
Mit Abstand schnellste Muskeln
- ca. 10.000 Bewegungen am Tag (sonst: nur Herz)



Matthias Rewald

12

Hier noch einmal im Ausschnitt: Nur im Bereich der Sehgrube verfügt jeder Rezeptor über eine eigene Verbindung zum Gehirn. Außerhalb dieses Bereichs werden lediglich Reize erfasst, wo es lohnend sein könnte hinzuschauen. Insbesondere wird ein solcher Reiz ausgelöst durch:

- Dort bewegt sich etwas
- Es gibt dort einen Umriss von etwas Großem (Kanten und insbesondere Ecken).  
Bei Kanten wird noch übermittelt, in welcher ungefähren Richtung die Kante verläuft.  
Große Objekte können also sehr schemenhaft erkannt werden.
- In dieser Richtung gibt es einen gelb-schwarzen Farbkontrast (Gelb-Schwarz dient in der Natur zur Abschreckung: Wespen, Bienen, Feuersalamander)
- In der Richtung gibt es einen Rot-Grünen Farbkontrast (Reife Früchte zwischen grünen Blättern)
- Es gibt dort einen symmetrischen Umriss. Tiere, die auf uns zu kommen (Raubtier?) oder vor uns weglaufen (Beute?) liefern eine in etwa symmetrische Silhouette.

Raubtiere, z.B. Hunde nähern sich, wenn sie sich der Beute annähern, nicht geradeaus, sondern etwas schräg und im Bogen. So vermeiden sie der Beute einen symmetrischen Umriss zu bieten und verzögern so den Zeitpunkt zu dem Beutetiere in deren Richtung blicken.

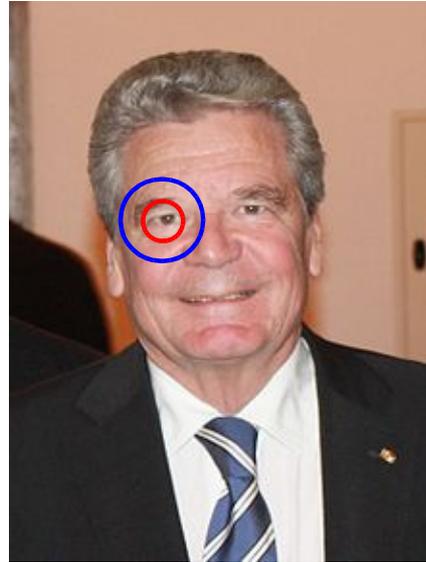
Diesen Reizen, die dem Gehirn aus dem größten Teil der Netzhaut zufließen, werden im Gehirn ausgewertet und priorisiert. Um wirklich zu erkennen, was wir im Blickfeld haben, müssen wir die Details aber so fixieren, dass sie auf dem Gelben Fleck abgebildet werden. Eine große Hilfe dabei ist die Beweglichkeit unserer Augen.

Wie wichtig das ist, lässt sich daran ermessen, dass die 12 Muskeln, die unsere Augen bewegen mit Abstand die am schnellsten kontrahierenden Muskeln im Körper sind.

Der einzige Muskel im Körper, der eine ähnliche Anzahl von Kontraktionen durchführt (ca 10.000/Tag und überhaupt dazu in der Lage ist) ist der Herzmuskel.

## Das Auge, Die Sehgrube III

- Im Abstand
  - „Armeslänge“:  
roter Kreis kann fokussiert werden
  - „Gemütlich am Tisch gegenüber“:  
blauer Kreis



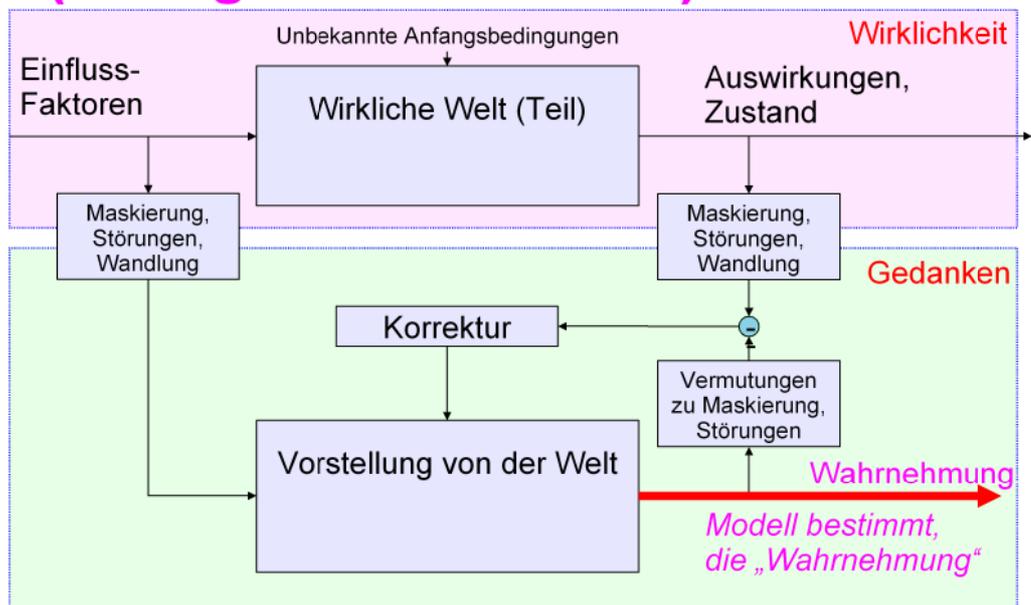
Um ein Gefühl zu bekommen, wie groß der Ausschnitt ist, den wir mit einem Blick wirklich detailliert erfassen können:

In einem Abstand von ungefähr Armlänge (in unserem Kulturkreis der Abstand in dem man sich beieinander stehend miteinander unterhält, entspricht das in etwa dem roten Kreis. Sitzt man sich, gemütlich zurück gelehnt an einem Tisch gegenüber, ist der Abstand etwas größer, und man kann ungefähr den blauen Kreis erfassen,

Aber, wie geht das mit unserem Gefühl zusammen, ein Gesicht als Ganzes erkennen zu können?

Die Erklärung ist: Wir schauen uns verschiedene Partien des Gesichts mit kurzen Augenbewegungen nacheinander an, und setzen diese „Puzzlesteine“ im Gehirn zu einem Gesamtbild zusammen. Dass was wir „wahrnehmen“ ist also nicht das Abbild auf der Netzhaut, sondern das zusammengesetzte Bild, oder besser Netz aus Merkmalen, das daraus im Gehirn entsteht.

## Wirklichkeit und Modell-Vorstellung (Nachgeführtes Modell)



Matthias Rewald

14

Dazu möchte ich Ihnen ein Strukturbild anbieten:

Die wirkliche Welt auf der einen Seite (oben) und unsere Vorstellung davon auf der anderen (unten), sind „Parallel-Welten“

Die reale Welt ist weder lückenlos, noch störungsfrei zugänglich (Unwahrheiten, Irrtümer, Hintergrund-Geräusche, Widersprüche, ...)

Aufgrund der Informations-Fragmente, die uns über unsere Sinnes-Organen erreichen, bauen wir uns im Gehirn eine Rekonstruktion dieser realen Welt nach und ergänzen dabei Lücken durch Erfahrungswerte und Vermutungen.

Unterschiede zwischen den Eindrücken, die uns aus der Realen Welt erreichen, und unseren Annahmen, was uns erreichen müsste werden dazu genutzt Korrekturen an unserer Vorstellung vorzunehmen und so unsere Vorstellung, im Rahmen dessen, was uns möglich ist, mit der realen Welt zu synchronisieren und synchron zu halten.

Dieser Prozess läuft weitgehend unbewusst ab.

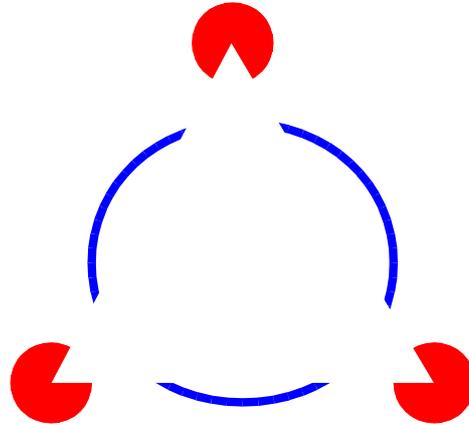
Unsere „Wahr-Nehmung“, besteht nicht aus den Sinneseindrücken, sondern aus dem Konstrukt, das wir im Gehirn daraus rekonstruiert haben.

Das Gefühl ein Gesicht mit einem Blick erkennen zu können, obwohl wir dazu biologisch gar nicht in der Lage sind, stützt diese Hypothese. Trotzdem scheint es zum jetzigen Zeitpunkt des Vortrags möglicherweise eine etwas gewagte Hypothese.

Wir werden diese Hypothese im folgenden also näher untersuchen.

## Optische Täuschungen I

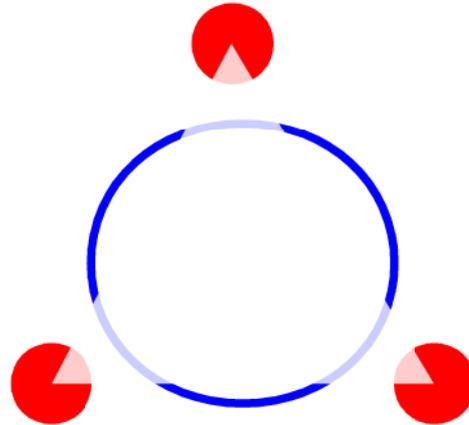
- In dieses Bild interpretieren wir ein weißes Dreieck, obwohl es nicht wirklich zu sehen ist.
- Hintergrund:  
Durch Äste schauen



Obwohl im Bild kein weißes Dreieck zu sehen ist, meinen wir ein weißes Dreieck zu sehen, welches den dahinter liegenden blauen Kreis und die 3 roten Kreise teilweise überdeckt ...

## Optische Täuschungen I

- In dieses Bild interpretieren wir ein weißes Dreieck, obwohl es nicht wirklich zu sehen ist.
- Hintergrund:  
Durch Äste schauen



... wir meinen also, so etwas zu sehen, wie oben dargestellt.

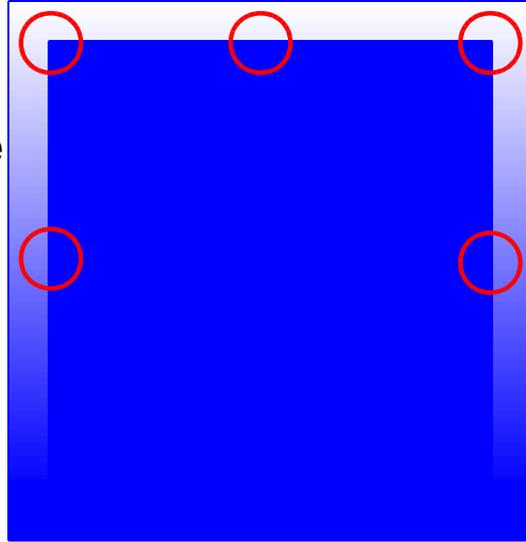
Hintergrund: Wenn wir uns durch Gras oder Gebüsch anschleichen, sehen wir die dahinter liegenden Gegenstände teilweise verdeckt.

Das Modell, welches wir uns von der Welt machen, berücksichtigt das, in dem es die fehlenden Bildteile ergänzt.

Was wir wahrnehmen, ist nicht die Realität, sondern das Modell, das wir aufgrund der Informationen aus unserer Umwelt im Kopf nachbauen.

## Schau weg!

- Wohin wir schauen
- nicht nur durch vordergründige Reize bestimmt



Wir hatten davon gesprochen, dass wir Bilder erkennen, indem wir Bildteile, die wir als wichtig vermuten, mit dem Blick abtasten. Die Netzhaut außerhalb des Gelben Flecks liefert uns die groben Umrisse und liefert uns damit Reize, wohin wir dann (möglicherweise) genauer schauen.

Zu erwarten wäre also, dass wir mit dem Blick insbesondere dort verweilen, wo die Netzhaut außerhalb des gelben Flecks uns entsprechende Reize liefert.

Es gibt recht ausgefeilte Technik, um die Augenbewegung zu analysieren.

In der Tat sind die Reize, die uns die Netzhaut liefert, die ersten Punkte, die wir mit dem Blick fokussieren.

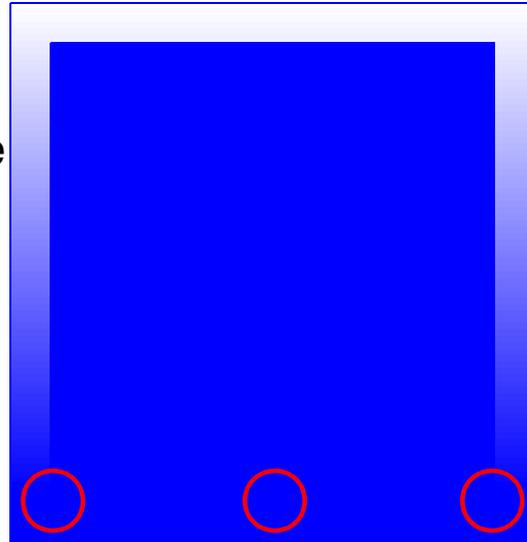
Wesentlich intensiver schauen wir aber woanders hin.

Die Frage ist: Wohin?

...

## Schau weg!

- Wohin wir schauen
- nicht nur durch vordergründige Reize bestimmt
  
- Auch durch Erwartungen



Wir schauen besonders intensiv in Bildbereiche, in denen es gar keine Kontraste gibt.

Offenbar stellen wir die Hypothese auf, dass das innen liegende Rechteck, unten den gleichen Abstand hält, wie an den restlichen 3 Seiten.

Da dort aber nichts zu erkennen ist, versuchen wir besonders intensiv, doch noch eine Kante zu entdecken.

Das innere Bild ist also eine Vermutung, die aufstellen, aufgrund der Informationen, die uns die Netzhaut liefert.

Wohin wir schauen, wird also nicht durch die äußeren Merkmale gesteuert, sondern durch die Hypothesen und Annahmen, die wir bilden.

Unsere Vermutungen und Überzeugungen steuern also wohin wir schauen, und damit, was wir am Ende in der Lage sind wahrzunehmen.

## Optische Täuschungen

- Merkmale scheinen zusammen zu passen
- Wir interpretieren hinein

© Sandro Del-Prete  
<http://www.sandrodelprete.com>

Im Vortrag habe ich ein Bild von Sandro Del Prete verwendet, einem schweizer Künstler.

In seinen Lizenzbedingungen schließt er aus, Dokumente, in denen eines seiner Werke verwendet wird, ins Internet zu stellen.

Das Bild ist deshalb nur im mündlichen Vortrag enthalten. (und dafür auch lizenziert)

Sie können das Bild aber auf seiner Homepage betrachten und dazu den folgenden Link benutzen:

<http://www.sandrodelprete.com/index.php/dolphins.html>

<http://www.sandrodelprete.com/>

<http://www.sandrodelprete.com/index.php/dolphins.html>

Dieses Bild ist von Sandro del Prete, einem schweizer Künstler, der vor allem für seine Bilder mit optischen Täuschungen bekannt ist.

Auf den ersten Blick meint man auf dem Bild ein Liebespaar zu erkennen.

Man muss schon recht genau hinschauen, um zu erkennen, dass dieses Bild im Kopf entsteht, auf der Zeichnung von Del Prete aber gar nicht vorhanden ist.

## Lesen

- Es mahct wenig Mhüe, deisen Text zu lesen, obwhol die Buchsatben zeimilch verwrüfelt sind.
- Auch heir nehemn wir, dsas was wir sehen, als Hiwneis, um uns unesren eiegnen Reim daruaf zu maechn!

Sicher haben Sie dieses kleine Experiment schon irgendwo gesehen.

Es zeigt, dass wir beim Lesen nicht Buchstaben für Buchstaben lesen, sondern die Buchstaben-Folge die wir sehen, als Hinweis nehmen, um uns zusammen mit unserem Hintergrund-Wissen schnell eine Hypothese zu bilden.

Wenn die Hypothese ins Gesamtbild passt, dann nehmen wir es mit den Details nicht so genau. Die Bedeutung wird also nicht wirklich abgelesen, sondern im Kopf konstruiert.

Was uns über unsere Augen erreicht dient lediglich als Hinweis und „Rohmaterial“.

## **Text-Interpretation**

- Morgenstern
- Abendstern

Sicher fällt es Ihnen nicht schwer, die obigen beiden Begriffe laut zu lesen

## **Text-Interpretation**

- Morgenstern
- Abendstern
- Zwergelstern

Nun fügen wir einen dritten Begriff hinzu.

Bitte lesen Sie auch diesen laut.

Was „Zwergelstern“ wohl bedeuten könnte.

## Text-Interpretation

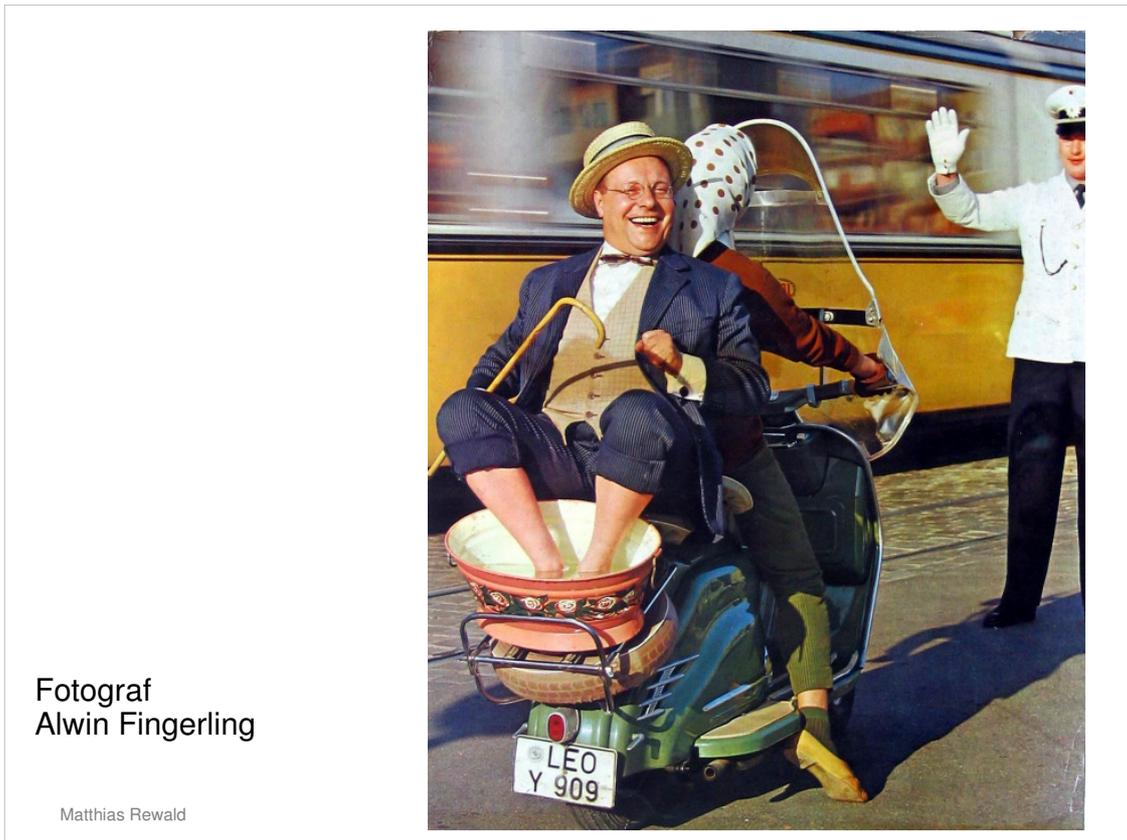
- Morgenstern
- Abendstern
- Zwergelstern



Bild aus Wikimedia:  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Pica\\_pica?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/Pica_pica?uselang=de)

Wenn wir nun durch farbliche Absetzung und ein Bild einer veränderten Assoziation auf die Sprünge helfen, dann lesen wir nun etwas anderes.

Auch hier wird deutlich, wie stark unsere Wahrnehmung, von unseren Erwartungen abhängt. Und auch hier bestimmt das interne Modell, unsere Wahrnehmung. Von der Realität zwar gespeist, aber nicht determiniert.



Nehmen Sie sich Zeit das Bild zu betrachten und zu erfassen.

Es handelt sich um ein Gegenbeispiel. Das Bild enthält Merkmale, zu denen es (vermutlich) kein bereits vorhandenes Bild im Kopf gibt, dass aus dem Gedächtnis abgerufen werden kann. Das Bild muss deshalb von Grund auf erfasst werden.

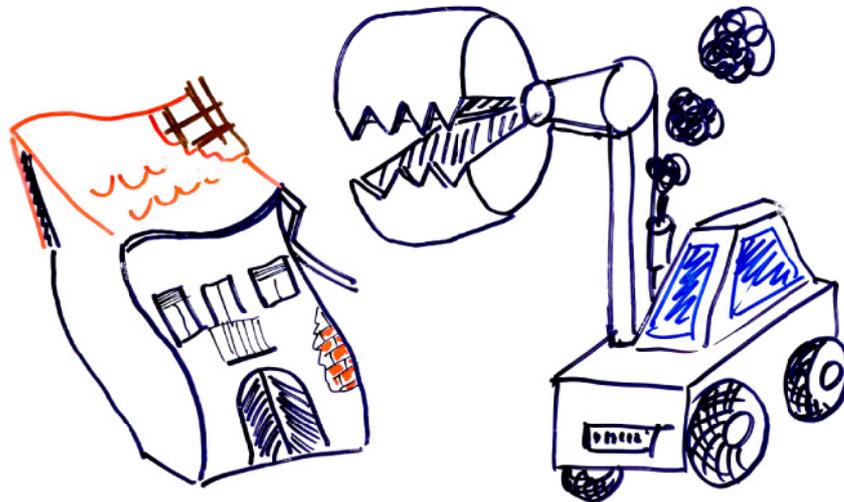
Achten Sie darauf, wie lange Sie deshalb brauchen, bis Sie das Bild tatsächlich erfasst haben.

Hieran wird vor allem eines deutlich:

Wenn wir an den ersten Merkmalen bereits s Muster erkennen, rufen wir bereits zu diesem Zeitpunkt dazugehörige Merkmale aus dem Gedächtnis ab. Wir werden dadurch schneller. Allerdings handelt es sich dabei um klassische „Vorurteile“, die uns möglicherweise auch daran hindern, Neues und Anderes zu entdecken.

Das Bild hat mein Vater in den 1960ern aufgenommen. Es wurde für eine Werbekampagne genutzt, für ein Fuß-Badesalz.

## Kontext ?



Matthias Rewald

27

Einen weiteren Zusammenhang wollen wir hier sichtbar machen.

Offensichtlich haben wir es hier mit einem baufälligen Haus zu tun.

Aus dem daneben stehenden Bagger ziehen wir (die meisten von uns) bereits den Schluss, dass das Haus wohl abgerissen werden soll.

Wenn wir ein Bild sehen, dann sehen wir also nicht nur ein Bild, sondern wir versuchen es im Kopf als eine Moment-Aufnahme zu begreifen, die Teil einer Geschichte ist.

Wir konstruieren den Rest der Geschichte hinzu.

In unserer Evolutions-Geschichte war (und ist) es notwendig, Entwicklungen vorauszusehen, bevor das Kind in den Brunnen gefallen ist. Unser Gehirn hat diese Fähigkeit im Laufe der Evolution weit entwickelt.

## Kontext ?



Matthias Rewald

28

Fügen wir nun ein paar Accessoires hinzu, dann verdichtet sich dieser Eindruck zur Gewissheit.

Interessant ist, dass alle hinzugefügten Accessoires semantisch völlig unsinnig sind!

Teller Besteck und Serviette haben auf einer realen Baustelle nichts zu suchen, und auch haben weder Häuser noch Bagger Augen.

Unsere Wahrnehmung wird wieder bestimmt durch das innere Bild, was wir uns machen. Dabei gehen wir mit Logik-Regeln offenbar recht großzügig um.

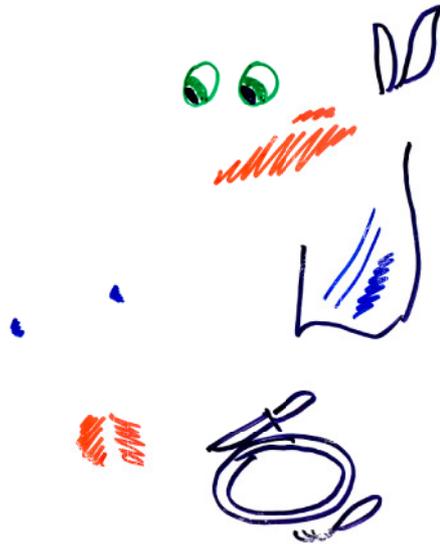
Die Frage ist nun, ob dieser wenig präzise Umgang mit den Fakten unserer Welt eine Unzulänglichkeit unseres Gehirns darstellt, oder aber einen evolutionären Vorteil darstellt.

Der könnte zum einen darin bestehen, dass uns das geistige Überspringen von Grenzen überhaupt erst ermöglicht, uns Werkzeuge nutzbar zu machen.

Zum anderen könnte das zurückführen auf gemeinsame Grundmuster eine Form darstellen Informationen komprimiert abzuspeichern und effektiv zu verknüpfen und so den Energieverbrauch des Gehirns zu verringern.

Ich frage mich allerdings, wie wir im Verlauf unserer Entwicklung gelernt haben könnten, mit Werkzeugen um zu gehen, wenn sich unser Gehirn strikt an die Grenzen des Gewohnten halten würde.

## Kontext ?



Matthias Rewald

29

Hier sind die hinzugefügten Accessoires noch einmal separat zu sehen.  
Kein einziges hat einen realistischen Bezug zu der hier ansonsten dargestellten Situation.

Die Frage bleibt, welche Schlüsse kann die Informatik daraus ziehen?

## Das Krümelmonster

- Ein Kind - Mund und Hände mit Schokolade verschmiert
- Auf dem Tisch:
  - vorher eine verpackte Tafel Schokolade;
  - jetzt nur noch die aufgerissene Verpackung,
  - und eine Menge Schokoladen-Krümel.
- Das Kind erzählt:
  - Dass das Krümelmonster war da, und hat die Schokolade gefressen!

Bild: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Various\\_Chocolates\\_2.jpg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Various_Chocolates_2.jpg)



Stellen Sie sich die folgende Geschichte vor:

Sie haben eingekauft, Ihre Einkäufe aber noch nicht alle verstaut. Auf dem Tisch liegt noch eine verpackte Tafel Schokolade. Es klingelt.

Vor der Tür steht ihr Enkelkind das im Haus wohnt, und Sie regelmäßig besucht. Sie bitten es herein.

Jetzt klingelt auch noch das Telefon, und Sie verlassen den Raum. Das Telefonat dauert länger.

Als Sie wieder ins Zimmer zurück kehren, blickt das Kind Sie freudestrahlend an, Mund und Hände dick mit Schokolade verschmiert. Auf dem Tisch liegt die aufgerissene Schokoladen-Verpackung. Von der Schokolade ist nichts mehr übrig, außer einer Menge Krümel und Schmierflecken auf dem Tischtuch.

Das Kind erzählt Ihnen aufgeregt:

Das Krümelmonster sei dagewesen, und hat die Schokolade gefressen!

"Ich war das nicht !!!".

Natürlich sind wir in der Lage, diese Geschichte als Flunkerei zu entlarven, ohne uns dazu anstrengen zu müssen. Dabei hilft uns unser erworbenes Wissen über die Welt. Ich vermute, dass dieses Wissen über die Welt das Gleiche ist, was die Psychologie mit Ihrem Ontologie-Begriff meint.

## Quantitäten



- Vieles lässt sich über Merkmale abbilden
  - Quantitative Ausprägung von geringer Bedeutung
- Aber: in anderen Fällen sind quantitative Ausprägungen wichtig. z.B.
  - Jagd mit Speer oder Steinschleuder
  - Eichhörnchen (von Ast zu Ast)
  - Tischtennis, Fußball, Billard, Kegeln
  - Straßenverkehr

In bemerkenswert vielen Fällen reicht es aus, Merkmale zu identifizieren.

Quantitative Ausprägungen spielen dabei eine nachgeordnete Rolle, wie z.B. wie lang ist der Hals einer Giraffe, im Vergleich zum Körper?

Im Gegenteil, man kann solche Merkmale entweder andeuten oder aber ins Absurde übersteigern, ohne dass in weiten Bereichen die Erkennbarkeit darunter leidet.

Es gibt aber auch Bereiche, bei denen es auf eine sehr genaue Abschätzung von Quantitäten ankommt.

Bei der Jagd mit dem Speer reicht es nicht, das Wild zu erkennen und zutreffend zu bestimmen. Ich muss es mit dem Speer auch treffen. Und dazu muss ich Entfernung, Richtung, und Wurfkraft und Timing recht genau aufeinander abstimmen.

Ähnliches gilt für diverse Sportarten; aber ebenfalls für das sichere Bewegen im Straßenverkehr.

Nachtrag:

Dass wir dazu mit Quantitäten umgehen müssen, wurde aus dem Auditorium in Frage gestellt.

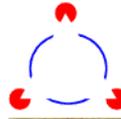
Festzuhalten bleibt:

Unser Gehirn kann sehr viel besser mit Merkmalsnetzen umgehen, als mit Quantitäten.

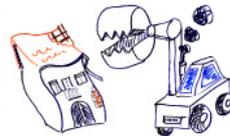
Für den Umgang mit Situationen, in denen ich Quantitäten unterstelle, müssen wir die in jedem Einzelfall intensiv üben.

# Zusammenfassung Biologie

- Merkmale extrahieren
- Fehlendes Vervollständigen
- Hypothesen prüfen  
Erwartung steuert Wahrnehmung
- Auf Hypothesen verlassen
- Auf Merkmale reduzieren
- Eine Geschichte weiterspinnen
- Auf bekanntes zurückgreifen
- Krümelmonster
- Quantitäten



Vrevüfretler  
Text



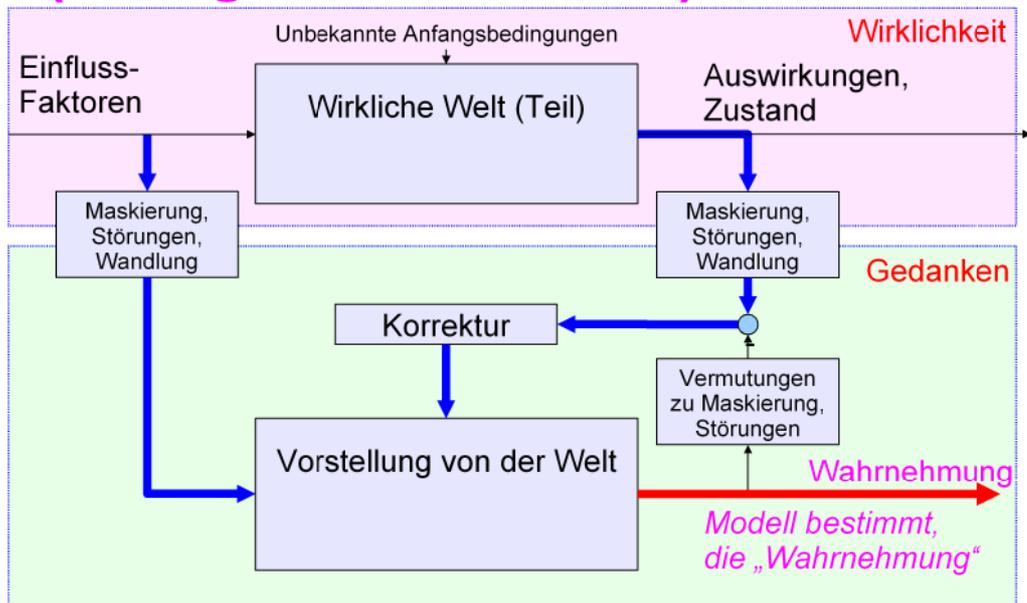
Bevor wir zum technischen Teil des Vortrags kommen, und uns die Struktur noch einmal anschauen, hier eine kurze Zusammenfassung des bisherigen Vortrags.

Am Beispiel des „weißen Dreiecks“ haben wir gesehen, dass wir mehr sehen, als tatsächlich da ist, wir versuchen Bilder sinnvoll zu ergänzen

Wir stellen Hypothesen auf, die unsere Augenbewegung steuern. Wohin wir schauen, und damit, was wir sehen, wird bestimmt durch unsere Vorstellung und Vermutungen.

Das geht gelegentlich auch schief, wenn die Merkmale halbwegs zur Deckung zu bringen sind, dann gaukelt uns unsere Vorstellung ein Bild vor, das es so gar nicht gibt.

## Wirklichkeit und Modell-Vorstellung (Nachgeführtes Modell)



Matthias Rewald

33

Wir schauen uns nochmal das Strukturbild an

Die vorigen Beispiele haben gezeigt, dass unsere Wahrnehmung zwar unsere Sinneseindrücke nutzt, aber kein Abbild dieser Sinneseindrücke ist.

Vielmehr moderieren die Sinneseindrücke unsere Vorstellung.

Ob alles tatsächlich so ineinander greift, wie durch dieses Strukturbild beschrieben, bleibt zwar ein Stück weit Spekulation. Das Modell erklärt aber die vorgefundenen Befunde recht gut.

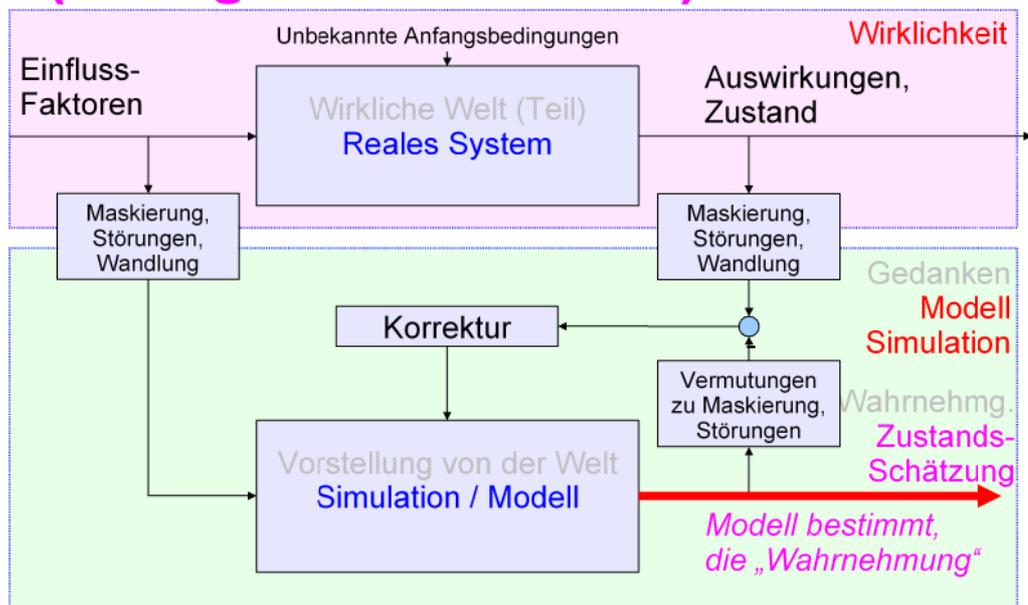
Wahrnehmung ist das, was wir für wahr halten, und das wiederum ein Konstrukt, das unsere Vorstellungen so modelliert, dass sie mit unseren Sinneseindrücken (halbwegs) zur Deckung gebracht werden können.

Wahrnehmung ist also nur mittelbare Folge der Sinneseindrücke.

Am Anfang hätten die meisten von Ihnen das sicher in Zweifel gezogen.

Ich hoffe es ist mir gelungen, sie mit den Beispielen dennoch von der Richtigkeit dieser These zu überzeugen.

# Wirklichkeit und Modell-Vorstellung (Nachgeführtes Modell)



Matthias Rewald

35

Hier die Struktur für den technischen Teil des Vortrags.

Die Struktur ist die gleiche geblieben, lediglich ein paar Bezeichner haben sich verändert.

Die Struktur, die ich zu Grunde gelegt habe, kommt ursprünglich auch aus dem mathematisch technischen Bereich. Genauer: sie kommt aus der „Optimal-Filter-Theorie“.

Seit rund 50 Jahren sind die Verfahren bekannt. Sie haben in vielfältiger Weise Eingang in unsere Produkte gefunden, die wir jeden Tag benutzen.

Ursprünglich in der Raumfahrt eingesetzt, wird es heute für die Bahnverfolgung von Satelliten eingesetzt, ebenso um in aufwändigen Autoradios immer optimale Empfangsverhältnisse zu gewährleisten, oder in Navigations-Systemen.

Aber genauso in den Wettermodellen, die für die Wetter-Vorhersage genutzt werden.

## **Exkurs:**

### **Determinablen und Ähnlichkeit**

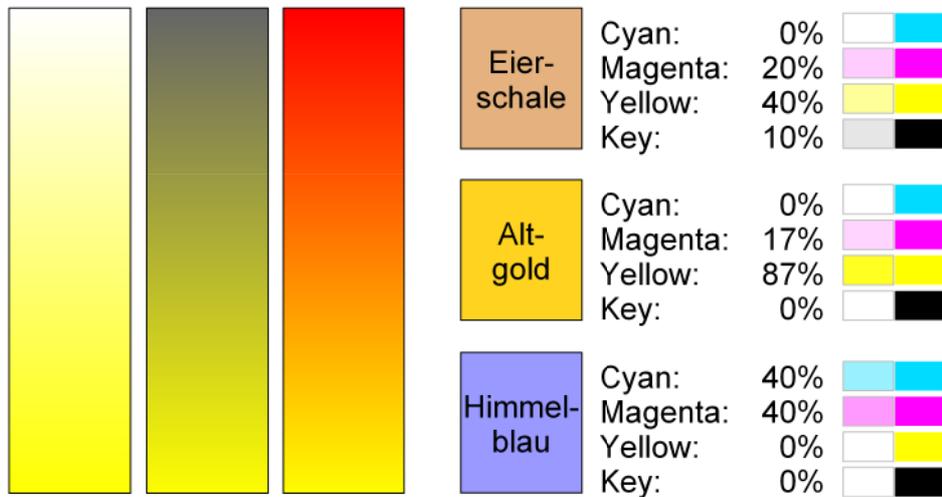
- Vortrag von Prof. Erwin Tegtmeier am 15.10.10
  - Determinable = Farbe
  - Determinate = Gelb (Maisgelb, Sandgelb, Sonnengelb, Chromgelb)

Prof. Erwin Tegtmeier hat in seinem Vortrag auf dem 3. Workshop am 15.10.2010 über Ähnlichkeiten gesprochen.

Dabei hat er den Begriff der Determinablen eingeführt. Einer Variablen, die verschiedene Werte annehmen kann: die Determinaten.

Zwischen verschiedenen Determinaten bestehen Ähnlichkeits-Beziehungen, so gehören verschiedene Gelbtöne, die auch einzeln benannt sein können zur Farbe „Gelb“. Sie sind untereinander ähnlicher, als z.B. zur Farbe Rot oder Blau.

## Farbraum ist kontinuierlich



Matthias Rewald

37

In der wirklichen Welt kommen aber auch Farbverläufe vor.

Hier jede kaum voneinander unterscheidbare Farb-Nuance einzeln zu benennen, ist wenig praktikabel.

In der Drucktechnik verwendet man zur Darstellung der Farben 3 Grundfarben und Schwarz zur Kontrastverbesserung. Hier ist es üblich, eine Farbe dadurch zu charakterisieren, indem für jede der vier Druckfarben ihr Deck-Grad angegeben wird.

Dies ist eine Möglichkeit, eine Farbe in einer sehr kompakten Form zu bezeichnen.

Außerdem eröffnet dies die Möglichkeit, mit einem Kontinuum von Determinaten umzugehen.

Darüber hinaus stellt diese Darstellung einen Vektor dar.

Mit Hilfe von Standardmethoden der Vektor-Rechnung lassen sich Abstände zwischen unterschiedlichen Farben berechnen, und so lässt sich quantitativ ermitteln, dass der Farbton Eierschale dem Farbton Altgold ähnlicher ist als dem Farbton Himmelblau.

Da beim Vierfarbdruck verschiedene Farbkombinationen denselben Farbeindruck hervorrufen können, muss, bevor man Farb-Arithmetik betreibt, allerdings noch ein Normierungsschritt erfolgen. Die Einzelheiten würden hier aber zu weit führen.

## Geschichtliches

# Stratonovich-Kalman-Bucy-Filter

- Modell durch Rudolf Emil Kálmán und Richard S. Bucy 1960 veröffentlicht
- Inhaltlich nahezu identisch: Thorvald N. Thiele, Peter Swerling, Ruslan L. Stratonovich
- Damals: Aufgrund der Skepsis anderer Mathematiker, zunächst in einer Zeitschrift für Maschinenbau veröffentlicht
- Durchbruch: Apollo-Programm (Stanley Schmidt bei der NASA)
  - Voraussetzung für Mondlandung
- Heute: Teil der „Optimalfilter“-Theorie Entscheidender Bestandteil z.B. von Navigations-Systemen
- Konsequente Trennung zwischen „Zustand“ und dessen „Messung“

Ein paar Anmerkungen zur Geschichte.

Die dahinter stehende mathematische Theorie wurde von etlichen Mathematikern, unabhängig voneinander entwickelt. Benannt ist der Algorithmus jedoch nach Rudolf Emil Kálmán.

Die grundlegende Idee hinter dem Algorithmus ist, konsequent zu trennen zwischen dem Signal, welches einen Zustand vermitteln soll, und dem Zustand selbst.

Obwohl von verschiedenen Mathematikern, unabhängig voneinander, entwickelt und obwohl Vorläufer-Arbeiten bereits während des Zweiten Weltkriegs entstanden sind, und nach dem Krieg veröffentlicht wurden (Wiener-Hopf-Filter), gab es gegen die Ergebnisse beim Gros der Mathematiker zunächst eine so große Skepsis, dass die erste Veröffentlichung Kalmans nicht in einer Zeitschrift für Mathematik erfolgte, sondern in einer Zeitschrift für Maschinenbau.

Zum großen Durchbruch kam es erst, als Stanley F. Schmidt von der NASA auf Kálmán aufmerksam wurde, und der Algorithmus Eingang ins Appollo-Programm fand.

Ohne die Qualitätsverbesserungen von Messungen, die der Algorithmus ermöglicht, wäre, meiner Meinung nach, die Mondlandung nicht möglich gewesen.

Nachdem die Theorie damit ihre Weihen erhalten hat, ist sie aus der heutigen Technik nicht mehr weg zu denken.

Das reicht von GPS-Systemen, über Autoradios, bis zu Wetter-Modellen und den darauf basierenden Wettervorhersage.

## Wirkprinzip

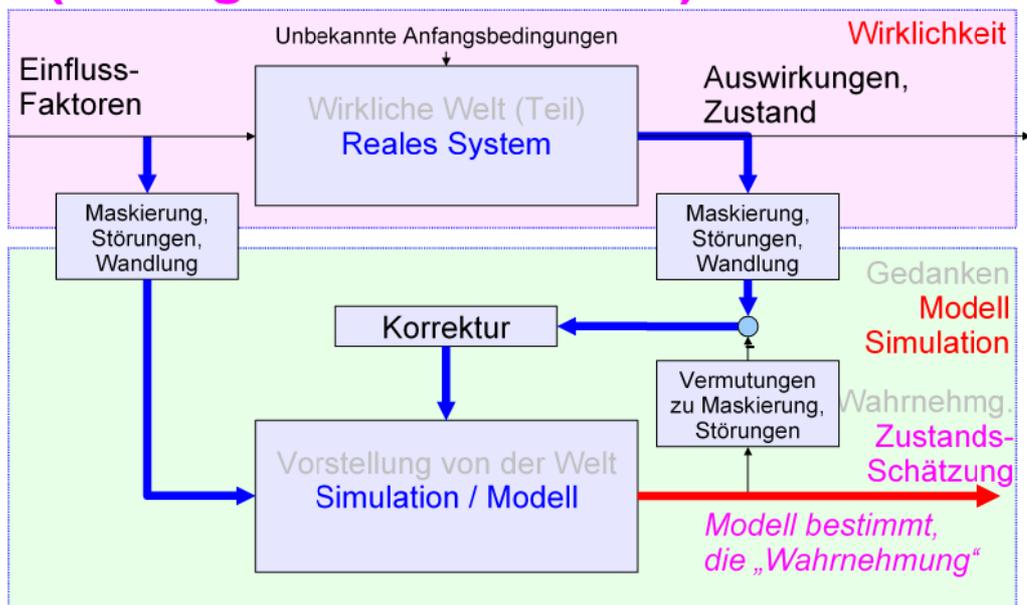
- Wirklichkeit wird in einem Modell simuliert
- Abwechselnd werden
  - Alle Messwerte und Modell-Zustand auf Konsistenz verglichen
  - Für jeden Mess- und Zustandswert ein Vertrauenswert bestimmt, abhängig von der Konsistenz
  - Korrektur des Modells: gewichteter Mittelwert (abhängig vom Vertrauenswert der jeweiligen Werte)
  - Wenig konsistente Werte -> geringer Einfluss auf's Ergebnis, aber: steter Tropfen höhlt den Stein.
- Im Prinzip werden alle zur Verfügung stehenden Informationen genutzt
- **Konsistenz wichtiger als einzelner Messwert**
- Mathematisch optimal (Bayes'scher Minimum-Varianz-Schätzer)

Matthias Rewald

39

In der Praxis wird die Berechnung häufig so gelöst, dass die Vertrauenswerte nicht nach jeder Neuberechnung des Modell-Zustands erfolgt, sondern nur nach jedem zweiten, dritten oder fünften Mal. Damit ist das Ergebnis zwar nicht mehr optimal, aber der Qualitätsverlust meist überschaubar.

## Wirklichkeit und Modell-Vorstellung (Nachgeführtes Modell)



Matthias Rewald

40

Also, auch hier:

Die Zustandsschätzung wird nicht den Messwerten entnommen, sondern dem Modell!

Die Messwerte dienen lediglich dazu das Modell längerfristig zu synchronisieren.

Einzelne Messwerte, die aus dem Bild fallen, können sich dadurch nur in geringem Maße auswirken.

Erst mehrere miteinander konsistente Messwerte führen dazu, das Modell entsprechend anzupassen, dann aber folgt das Modell auch relativ schnell den Realitäten.

Intuitiv haben wir zwar das Gefühl, dass sich das Ergebnis verbessern lassen müsste, wenn wir die Messwerte direkt mit einbeziehen würden.. Der Effekt wäre jedoch, dass sich Messfehler dann viel stärker auf das Ergebnis auswirken würden.

# GPS-Navigation

- Annahme: Fest eingebautes Navi
- Zur Verfügung stehen:
  - **Satelliten-Signale**
  - Zurückgelegte Strecke (km-Zähler, Tacho)
  - Beschleunigung/Verzögerung aus
    - Motor-Elektronik
    - Sensoren für Gurtstraffer und Airbag
    - Sensoren in „Fahrdynamik Regelung“ (Electronic Stability Control)
  - Kurven
    - Sensor im Lenksystem
    - Messen der Fliehkraft
    - Kompass

Weit weniger komplex als im Bewusstsein eines Menschen und sehr viel stärker auf eine eng abgegrenzte Anwendung spezialisiert, wird das Gleiche auch in der Technik verwendet.

Wir nehmen hier einmal an, dass das Navigationssystem fest in das Auto eingebaut ist.

Dadurch stehen aus der Fahrzeug-Elektronik zusätzlich zu den GPS-Signalen weitere Informationen zur Verfügung, die zur Positionsbestimmung mit herangezogen werden können.

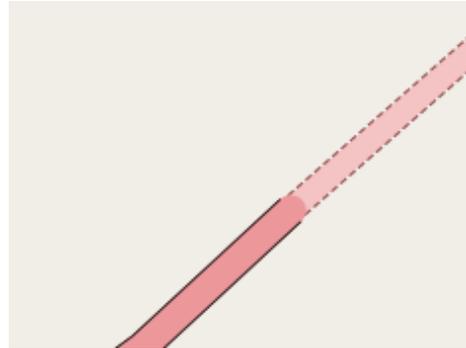
Je nach Ausstattung des Fahrzeugs, kann der Umfang der zusätzlichen Informationen sehr unterschiedlich sein.

Nehmen wir als Beispiel den Kilometerzähler.

Obwohl die Anzeige auf dem Kilometerzähler nur ganze Kilometer wiedergibt, ist die interne Auflösung, wie weit Sie gefahren sind, mindestens eine Rad-Umdrehung, also ca. 2-3m, mit einer Genauigkeit von einigen Prozent.

## Navi im Tunnel

- Navi-System
- Zusätzlich:
  - Kilometerzähler
- Position im Tunnel lässt sich rekonstruieren
  - Position zuletzt
  - Zurückgelegte Strecke (Kilometerzähler)
  - Kartenmaterial



Beispiel:Navi-System.

Fährt das Auto nun in einen Tunnel, dann kann es die Satelliten-Signale nicht mehr empfangen. Aus den Informationen: Wo war ich, als ich zuletzt Satelliten-Signale empfangen konnte, wie weit habe ich mich von diesem Ort weg bewegt (aufgrund Kilometerzähler), und wie verläuft die Straße/der Tunnel (aufgrund Kartenmaterial), lässt sich nun rekonstruieren, wo im Tunnel ich mich gerade befinde. Das System kann also weiterhin meinen halbwegs korrekten Standort anzeigen, obwohl es vorübergehend keinen Satellitenempfang hat.

## Navi, kleiner Fehler, große Wirkung

- Navisystem
- „Semantisches Gedächtnis“
- Kein „springen“
  - auf Straße unter Brücke
  - auf parallele Straße



### Ähnlicher Fall.

Sie fahren über eine Brücke, aufgrund von kleinen Fehlern bei der Positionsbestimmung oder im Karten-Material bestimmt das Navi ihre Position (fehlerhaft) als auf der Straße, die unter der Brücke hindurchführt.

Ansage: „Die Route wird neu berechnet“ und auf dem Display erscheint eine Strecken-Anzeige, die versucht, Sie auf die Autobahn zurück zu führen, auf der Sie aber bereits fahren. Wenig später haben Sie sich von der Straße so weit entfernt, dass das System Sie wieder richtig der Autobahn zuordnet, und die Strecke erneut neu berechnet, diesmal wieder korrekt.

Auf freier Strecke ist das harmlos. Passiert Ihnen das kurz vor einer Kreuzung oder einem Autobahnkreuz, kann das aber sehr irritierend sein.

Oder: Das Navi wähnt Sie auf einem besseren Feldweg, der parallel zur Autobahn verläuft, nur wenige Meter von Ihnen entfernt und versucht deshalb Sie zur nächsten Auffahrt auf die Autobahn zu leiten, auf der Sie wiederum bereits fahren.

## Navi, chaotische Fehler

- Funk-Echos an Haus-Fassaden
- Störungen durch Blätterdach
- Verwirrende Messdaten  
korreliert mit Daten aus der Fahrzeug-Elektronik und Karten-Material  
→ Fehler lassen sich weitgehend ausmerzen

### Dritter Fall:

In der Frankfurter Innenstadt erhält das Navi eine Menge Funkechos der Satelliten-Signale, die an den Hochhaus-Fassaden reflektiert wurden. Infolge dessen springt Ihr vermeintlicher Aufenthaltsort im Sekundentakt um einige hundert Meter hin und her. Entsprechend verwirrend fallen die Fahr-Anweisungen aus.

Alle diese Fehlfunktionen können vermieden werden, wenn das Navi eine weitere Quelle nutzt, um Inkonsistenzen zu erkennen und zu korrigieren, z.B. indem man aufgrund von Kilometerzähler und bestimmen des Lenkeinschlags verfolgt, welche Strecke man zurück gelegt hat, und wo man in welche Richtung abbiegt.

Korreliert man all diese Daten miteinander, dann lassen sich Fehl-Signale recht zuverlässig erkennen, und in ihren Auswirkungen weitgehend unterdrücken.

## Technische Einsatz-Gebiete

- GPS-Navigation
- Rekonstruieren von gestörten Signalen (Nachrichten-Technik)
- Bahnverfolgung von Satelliten und Raumkapseln
  - Apollo-Programm, Mondlandung
- Spracherkennung (Auto-Telefon; Zieländerung Navi)
- Text-Erkennung (Optical Character Recognition)
- Wettervorhersage

Heute ist das Kalman-Filter aus der Technik nicht mehr wegzudenken.

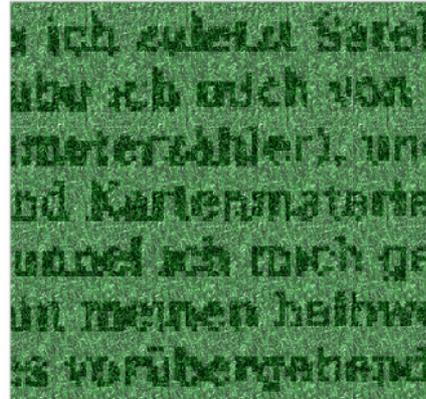
Wurden in der ursprünglichen Form, wie von Kalman, Bucy und all den anderen auch Differentialgleichungs-Systeme verwendet, um die Realität zu modellieren, wurde das Prinzip oft abgewandelt, um es der jeweiligen Aufgabenstellung anzupassen.

Das Grundprinzip bleibt dennoch das selbe.

## Text-Erkennung

- Leicht zu verwechseln:

- d, cl
- rn (Richard Nordpol), m (Martha)
- u, n, ri
- im, nn, nu, un, mi, rin, rtn, rfn
- o, a, d,
- ä, ö, a, e
- ft, A, H, ff, tt, h
- Ü, O, 0
- W, /N
- 2, Z
- h, b
- l (großes i), l (kleines L), 1



Der Bildausschnitt auf der rechten Seite ist nicht wirklich realistisch.

Es ging mir darum, einen Text so mit Störungen zu versehen, dass das Erkennen einzelner Buchstaben nicht mehr trivial ist.

Mit dieser Anschauung im Hinterkopf wird klarer, die Buchstaben-Kombinationen auf der linken Seite, können leicht miteinander verwechselt werden.

Die Filterung in einem Text-Erkennungs-System erfolgt mehrstufig:

1. Versuch Zeichen zu erkennen. Wie oben links angedeutet, können da unterschiedliche Zeichenfolgen in Erwägung gezogen und jeweils mit Wahrscheinlichkeiten (Vertrauenswert) versehen werden.
2. Versuch, aus den Buchstabenfolgen Silben zu formen, und die Möglichkeiten wiederum mit Wahrscheinlichkeiten zu hinterlegen. Dieser Schritt ist zwar nicht unbedingt erforderlich, bestimmte Buchstaben-Kombinationen, aus der ersten Stufe, können auf diese Weise aber schon nahezu ausgeschlossen, und werden. In der Liste der Möglichkeiten können sie entsprechend nach hinten sortiert werden. Der nachfolgende Schritt wird dadurch entscheidend entlastet.
3. Versuch Worte zu identifizieren
4. Versuch eine semantische Bedeutung in die Wortfolge zu interpretieren.  
Dieser 4. Schritt ist in technischen Systemen (noch) selten vorzufinden. Für den Menschen ist das aber ein sehr entscheidender Schritt beim Lesen.

## „Unfälle“

- Simulation nicht immer „Unfallfrei“
- Rückkopplungsschleifen => Teufelskreis
  - Technik: "Instabilitäten"
  - Psychologie
    - von z.B. "Optischen Täuschungen"
    - über "Spökenkiekerie" / Aberglaube
    - bis Wahnvorstellungen, Paranoia
- Stabilisierung
  - Modell so komplex wie nötig  
so einfach wie möglich!  
(Keep it simple and Stupid!  
Detailverliebtheit kann schaden)
  - Kritischer Diskurs, Ergebnisse hinterfragen
  - „Differential-Diagnose“

Mit solchen Modellen verbunden sind aber auch einschlägige Probleme. In der Technik "Instabilitäten" genannt. In der Psychologie reicht das von "Optischen Täuschungen" auf der harmlosen Seite, über "Spökenkiekerie" bis zum Verfolgungswahn auf der weniger harmlosen Seite.

Bleibt die Frage, was kann man tun, um dies zu vermeiden?

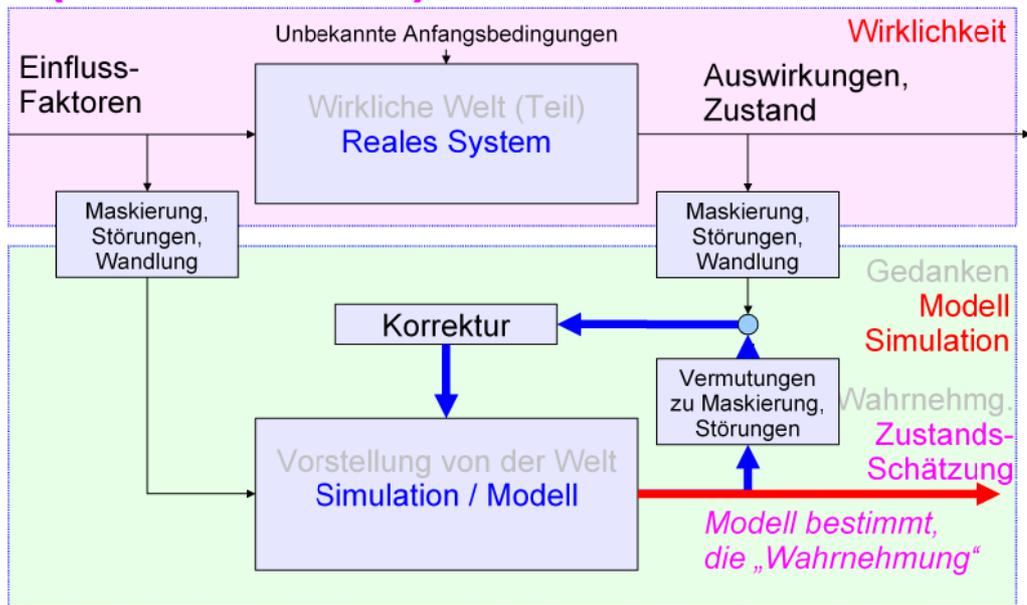
Zwar sind einfache Modelle keine Garantie für Stabilität. Sie sind aber deutlich weniger anfällig. Die Regel „Keep it simple and stupid“ gilt also auch hier. Allzu große Detailverliebtheit bei der Modellierung ist kein Fortschritt, sondern ein Risiko!

Ansonsten hilft nur:

- Die Möglichkeit der Instabilität „bewusst“ anzuerkennen und nach Hinweisen darauf zu suchen.
- Der kritische Diskurs

Bei technischen Systemen ist es meist möglich die Stabilität eines Modells mathematisch zu ermitteln. Dies muss aber in einem separaten Schritt „von Außen“ erfolgen. Die Algorithmen selbst, leisten dies nicht.

# Rück-Kopplung (Teufelskreis)

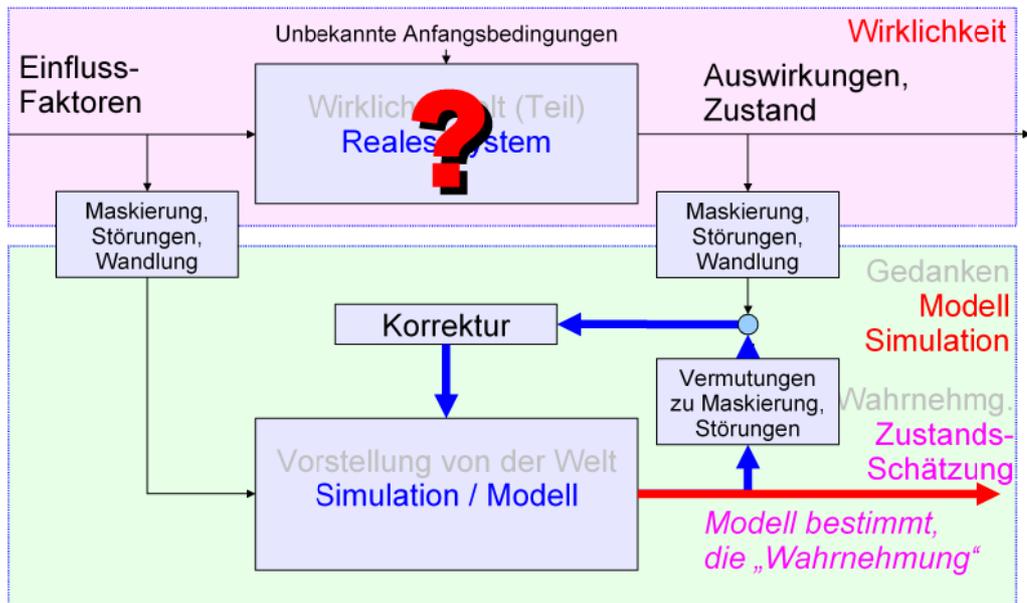


Matthias Rewald

48

Der Rückkopplungskreis, der zu einem „Teufelskreis“ mutieren kann, ist hier durch dicke Pfeile hervorgehoben.

# Konstruktivismus Idealismus



Matthias Rewald

49

In der Philosophie im „Idealismus“, in der Psychologie im „Konstruktivismus“, wurde grundsätzlich diese Problematik erkannt, dass Wahrnehmung auf einem Konstrukt beruht, das sich von der Realität lösen kann.

Von einigen Vertretern dieser Schulen wurde meines Erachtens aber das Kind mit dem Bade ausgeschüttet, indem die Frage aufgeworfen wird, ob eine Realität überhaupt existiert.

In dem Moment, in dem man das in Erwägung zieht, wird jegliche Philosophie oder Psychologie sinnlos.

## Vergleich Biologie vs. Technik

- Technik
  - Darstellung der Daten meist in Tabellenform
  - Werte in den Tabellen variabel, werden optimiert
  - Struktur der Tabelle ist starr
    - Zeilen und Spalten sind festgelegt
    - Werte in einer Zeile oder Spalte können „0“ werden => de Fakto: Reduktion
- Biologie
  - Struktur der Vorstellung kann bei Bedarf angepasst werden.
  - Allerdings: Gewohnte Überzeugungen werden auch gegen Fakten verteidigt

In der Technik wird ein Modell meist in Form von „Matritzen“ also Tabellen dargestellt.

Die Werte in diesen Tabellen sind variabel.

Eine Optimierung des Systems wird erreicht, indem diese Tabellenwerte angepasst werden.

Zwar können alle Werte einer Zeile oder Spalte zu „NULL“ werden (je nach Kontext, der Zahlenwert „0“, ein leeres Feld, oder sonst ein „neutraler“ Wert), was einer Entfernung dieser Zeile oder Spalte gleich kommt. Das Modell ist also reduzierbar.

Eine Erweiterung ist im Optimierungsprozess aber nicht möglich. Eine Optimierung findet also nur im Rahmen der einmal gewählten Struktur statt. Dem ursprünglichen Design des Modells kommt also ein hoher Stellenwert zu.

Es bleibt natürlich die Möglichkeit, in einer neuen Programm-Version ein erweitertes Modell zu realisieren, und per Software-Update zur Wirkung zu bringen.

Das biologische System ist (in Grenzen) in der Lage, die Struktur eines Modells zu erweitern. Diese Fähigkeit bewegt sich allerdings auch im biologischen System in engen Grenzen. Oft verteidigen wir auch eigentlich unhaltbare Überzeugungen zäh gegen alle Fakten.

# Ist die Simulation eine Ontologie ?

Thomas R. Gruber

„An ontology is an explicit specification of a conceptualization“

- concept = Begriff, Idee, Entwurf
- specification = Beschreibung, Detaillierung, Ausprägung
- explicit = klar, eindeutig

Eine Ontologie ist die eindeutige (zweifelsfrei anwendbare) Beschreibung einer gedanklichen Konstruktion

Eine non-verbale Beschreibung

Also: **Ja**

M. Uschold, M. Gruninger

„An ontology is a *shared* understanding of some domain of interest.“

interest = Interesse, Bedeutung

Eine Ontologie ist das *übereinstimmende* Verständnis eines Themenbereichs

Das Modell kann gekapselt sein.

Ein „übereinstimmendes Verständnis“ ist also nicht erforderlich

Also: **Je nach Anwendungsfall! (Unbefriedigend)**

Wenn man „shared“ (übereinstimmend) aufgibt: **Dann schon!**

Matthias Rewald

51

Diesen Vortrag halte ich auf einem Workshop „Ontologie“

Die Frage stellt sich also, was hat das Ganze mit Ontologie zu tun?

Um es vorweg zu nehmen: Möglicherweise liegt dieses Thema außerhalb der Ontologie.

Aber der Reihe nach.

Legt man die Definition von Thomas R. Gruber zu Grunde, dann ist das Modell der Realität, dass dem Algorithmus zu Grunde liegt eine Ontologie.

Man könnte höchstens einwenden, dass das Modell die gedankliche Konstruktion selbst ist, also nicht deren Beschreibung. Das erscheint mir aber eine etwas kleinliche Auslegung.

Legt man dagegen die Definition von „M. Uschold, M. Gruninger“ zu Grunde dann wird die Sache schwieriger, denn diese Definition verlangt ausdrücklich nach einem **übereinstimmenden** Verständnis.

Dies führt zu folgendem eigenartigen Szenario:

Manche GPS-Systeme melden Standort und Geschwindigkeit an eine Zentrale zurück, die aus diesen Daten analysiert, wo es einen Stau gibt. Je nachdem ob diese Funktion aktiviert ist oder nicht, wäre die Bedingung nach einem „gemeinsamen Verständnis“ also erfüllt oder nicht.

Eine unbefriedigende Situation.

Zu diesem Punkt gab es aus dem Auditorium Widerspruch. Wir müssen die Diskussion also fortsetzen.

# Ist die Simulation eine Ontologie ?

Studer und Stucky

In unserem Sinne ist – zunächst informell betrachtet - alles eine Ontologie was

- eine Konzeptualisierung eines Weltausschnitts darstellt,
- eine formale Spezifikation besitzt,
- Konsens einer Gruppe von Personen ist.

Eine Ontologie ist ein Siebentupel,  $O := (L, C, R, F, G, H, A)$

L – Lexikon: LC, LR

C – Menge von Begriffen

R – Menge zweistelliger Relationen,  $r \subseteq C \times C$ , zwischen Begriffen

F – Abbildungsfunktion:  $\text{Sub}(LC) \rightarrow \text{Sub}(C)$  für Symbol-Begriff-Zuweisung

G – Abbildungsfunktion:  $\text{Sub}(LR) \rightarrow \text{Sub}(R)$  für Symbol-Relation-Zuweisung

H – Taxonomie - Relation  $H(C_i, C_j)$  für die „Oberbegriff/Unterbegriff“-Beziehung

A – Menge von Axiomen (Regeln / Integritätsbedingungen)

Bei enger Auslegung,

also: **Eher Nein!**

Bei einer großzügigeren Auslegung: **Vermutlich schon.**

Matthias Rewald

52

Die Definition von Studer und Stucky wirft das gleiche Problem auf.

Sie fordert explizit den Konsens einer Gruppe von Personen.

Diesem Umstand ist wohl auch bei der formalen Definition die Forderung nach einem Lexikon geschuldet.

Erachtet man diesen Punkt für wichtig, dann hängt die Frage ob das Modell eine Ontologie ist, wieder von den Einsatz-Bedingungen ab.

Kann man sich dagegen dazu durchringen, auf diese Einschränkung zu verzichten, dann lässt sich vermutlich schon begründen, dass das Modell eine Ontologie ist.

Ich möchte deshalb stark dafür plädieren, die Forderung nach einem „gemeinsamen“ Verständnis, als Grundmerkmal einer Ontologie fallen zu lassen.

Da dieses Merkmal in manchen Kontexten aber doch entscheidend ist, könnte es für eine spezielle Klasse oder Klassen von Ontologien aufrecht erhalten werden.

## Ist eine Ontologie ein Modell?

<b>Enge Auslegung</b>	<b>Weite Auslegung</b>
Dient der Kommunikation	Dient dazu Realität nachzuvollziehen. Grundlage für Kommunikation
Dient der Klassifikation	Kann auch mit Quantitäten umgehen
Beschreibt etwas statisch	Kann auch mit Dynamik umgehen
Text-orientierte Beschreibung	Beschreibung mit beliebigen Mitteln (Formeln, Bilder, ...)
Zerhackt die Welt in Stücke und versucht für jedes Stück die passende Schublade zu finden	Versucht die Welt zu verstehen
Was ist Ontologie?	Was soll Ontologie sein?

Es gibt keinen zwingenden Grund, die weite Auslegung zu wählen.

Ein großes Anwendungsfeld von Ontologien stellt der Umgang mit Dokumenten dar, oder mit feiner-granularen Text-Schnipseln..

Warum sollten also Leute die sich damit beschäftigen, unnötigen weiteren Ballast ans Bein binden.

z.B. Kann es bei Dokumenten gelegentlich eine neue Version geben. Was eine gewisse Dynamik in die Sache bringen würde, verglichen mit einem Navi, ist ein Dokument aber eben doch eine statische Angelegenheit.

Alternativ könnte aber auch ein Unterbegriff von Ontologie gebildet werden (z.B. Textbasierte Ontologien), der sich genau darauf fokussiert, während darüber der Begriff „Ontologie“ mit einem weiter gefassten Verständnis existiert, mit möglicherweise weiteren „Spezial-Formen“ von Ontologie.

## Schlusswort

- Zusammenhang drängt sich nicht auf
  - Ontologen denken eher nicht an GPS-Systeme
  - GPS-Entwickler nicht an Ontologie
  - Psychologen benutzen selten die Vokabel Ontologie
- Trotzdem existiert ein Zusammenhang!
- Gelegenheit:
  - Denkmuster zu verlassen
  - Nicht so sehr an der Vokabel „Ontologie“ kleben
  - Was soll Ontologie sein?
  - Und warum?
  - Müssen verschiedene Arten von Ontologien unterschieden werden?
- Nach inhaltlicher Klärung:  
Nochmal die Definitionen anschauen

Zusammenhänge sind nicht immer offensichtlich.

•Wer sich mit „Ontologie“ beschäftigt denkt in aller Regel erst mal nicht an GPS-Systeme und Regelungstechnik.

•Ein Regelungstechnik-Ingenieur kann in der Regel mit der Vokabel „Ontologie“ nicht viel anfangen.

•Und auch in der Psychologie wird unter der Vokabel „Ontologie“ meist etwas anderes verstanden. Dennoch gibt es, wie hier gezeigt, Zusammenhänge!

Es gibt also eine Reihe von Fragen zu klären.

Dabei ist wesentlich, welche Gründe dafür oder dagegen sprechen, bestimmte Merkmale einer Ontologie zu fordern oder fallen zu lassen, um mit dem Ontologie-Begriff sinnvoll operieren zu können.

In der Diskussion werden sich eventuell (ich würde darauf wetten) verschiedene Ausprägungen von Ontologien herauskristallisieren, die auf unterschiedliche Anwendungsfälle angepasst sind.

Wenn dies inhaltlich geklärt ist, ist es bestimmt interessant, die Definitionen noch einmal hervor zu holen. Betrachtet man sie mit dem dann gewonnenen inhaltlichen Verständnis, dann gibt es sicher noch den einen oder anderen Aha-Effekt.