



Anwendungen der KI
– Sommersemester 2018 –

Kapitel 01: Einführung

Prof. Dr. Adrian Ulges
B.Sc. Informatik (AI, ITS, MI, WI)
Fachbereich DCSM
Hochschule RheinMain



1. KI: Grundlagen

2. Question Answering

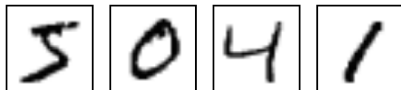
3. QA-Beispiel: Watson

- ▶ Ziel: **Intelligentes Verhalten in Künstlichen Systemen**

*“ For thousands of years, we have tried to understand how we think. [. . .] The field of A.I. goes further still: It attempts not just to understand but also to **build intelligent entities.**”*

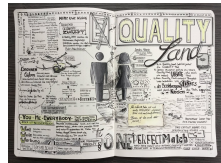
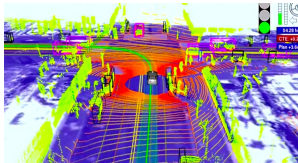
(Russel/Norvig)

- ▶ **Was ist** dieses intelligente Verhalten?
 - ▶ Dame / Schach / Go / Super Mario spielen?
 - ▶ Routen planen? Buchstaben erkennen?
 - ▶ Automatisch Texte “verstehen”?
- ▶ Die **Grenzen** der KI sind **unscharf** und **dynamisch!**
(*“AI is whatever hasn't been done yet.”*)





Atlas, The Next Generation



Typische Aspekte intelligenten Verhaltens

- ▶ Schlussfolgern, Problemlösen, Planen
- ▶ Wahrnehmen, Kommunizieren, komplexes Handeln
- ▶ Lernen

Ziele der KI als Disziplin

1. **ingenieurwissenschaftlich orientiert:**
Bau praktischer Systeme / Lösungen
2. **erkenntniswissenschaftlich orientiert:**
Welche Prinzipien unterliegen Intelligenz /
Wo sind die Grenzen?

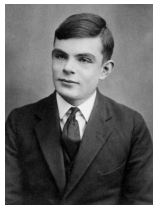




<p>Systeme denken wie Menschen</p> <p>Automating [...] human activities such as decision-making, problem solving, learning (<i>Bellmann 1978</i>)</p>	<p>Systeme denken rational</p> <p>The study of mental faculties through the use of computational models (<i>Charniak & McDermott, 1985</i>)</p>
<p>Systeme handeln wie Menschen</p> <p>The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people (<i>Kurzweil, 1990</i>)</p>	<p>Systeme handeln rational</p> <p>emulate intelligent behavior in terms of computational processes (<i>Schalkoff, 1990</i>)</p>

Der Turing-Test (Alan Turing, 1950)

- ▶ KI = Menschenähnliches Verhalten so **reproduzieren**, dass es hinreichend ist um einen **Menschen zu täuschen**.
- ▶ Ein Befrager kommuniziert (rein textuell) mit einer Maschine und einem Menschen. Kann der Befrager die Maschine nicht identifizieren, hat sie den Turing-Test bestanden.¹

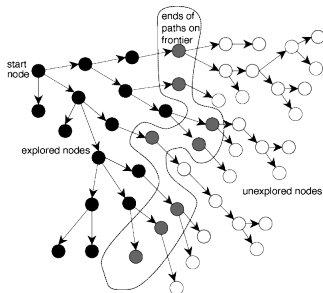


¹Fragliche Lösungen existieren: <http://isturingtestpassed.github.io/>



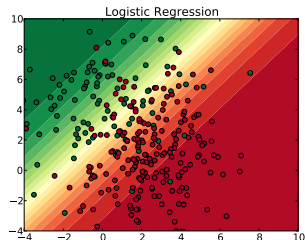
Symbolische Ansätze

- ▶ Manipulation **diskreter** Symbole
- ▶ **Such-** und Inferenzprozesse
- ▶ Wissen **explizit** repräsentiert
- ▶ Logik, Wissensgraphen, regelbasierte Systeme, ...



Subsymbolische Ansätze

- ▶ Manipulation numerischer Werte / **Signale**
- ▶ Wissen **implizit** repräsentiert
- ▶ statistische **Lernverfahren**, Optimierung in \mathbb{R}^d
- ▶ Neuronale Netze & Deep Learning



KI: Historie



Frank Rosenblatt



Marvin Minsky

1950er (“Look Ma, no Hands” – Ära)

- ▶ Dartmouth-Konferenz (1950):
Der **Begriff** “Künstliche Intelligenz” wird geprägt.
- ▶ Erste **Systeme**
 - ▶ Logic Theorist (*beweist Sätze der Aussagenlogik*)
 - ▶ Checker (*gewinnt “Dame” gegen Menschen*)
 - ▶ General Problem Solver (*löst z.B. symbolische Integration*)

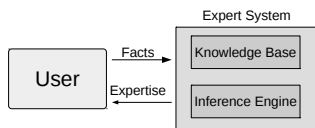
1960er: Erste Enttäuschungen

- ▶ Systeme funktionieren in Spielzeugwelten, **skalieren nicht** auf realistische Probleme (*kombinatorische Explosion*)
- ▶ Einschränkungen in Bezug auf Speicher und Rechenleistung
- ▶ **Probleme komplexer** als angenommen (Beispiel NLP)
- ▶ Grundlegende Einschränkung von **Algorithmen**
(*Beispiel: Perzeptron (Minsky & Papert, 1969)*)

KI: Historie

1980er (Wissensintensive Phase)

- ▶ **Subsymbolische Ebene: Neuronale Netze**
 - ▶ Verknüpfung von Neuronen löst beliebige Probleme
- ▶ **Symbolische Ebene: Expertensysteme**
 - ▶ Deklarative, dynamische Wissensbasis
 - ▶ Problemlösen ist ein Schlussfolgerungsprozess
 - ▶ Entwicklung von Expertensystemen
(*medizinische Diagnose, technisches Troubleshooting*)



1990er (AI Winter)

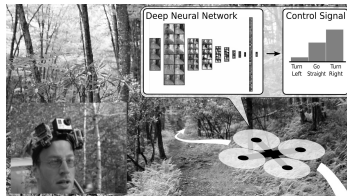
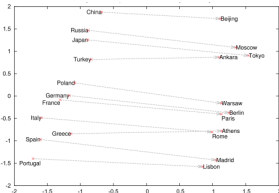
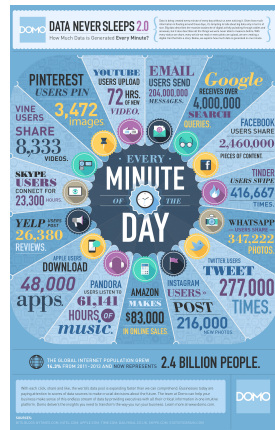
- ▶ KI-Versprechungen nicht praxistauglich
 - ▶ Expertensysteme: **Wartung** schwierig
 - ▶ Expertensysteme: **Wissensakquise** teuer
(*common sense knowledge?*)
 - ▶ **Neuronale Netze**: Training schwierig
- Massive **Einschnitte** bei AI-Funding



KI: Historie Bilder: [3, 9, 4]

2000er - heute

- ▶ **steigende Relevanz** von KI-Themen (*insbesondere Machine Learning*) im Zuge von *Big (Unstructured) Data*
- ▶ Mehr Daten
 - mächtigere Lernverfahren
 - schwierigere Probleme lösbar
- ▶ **“Deep Learning Hype”** (seit 2012)





1. KI: Grundlagen

2. Question Answering

3. QA-Beispiel: Watson

Question Answering (QA)



 **WolframAlpha** computational knowledge engine.

how many calories are in two slices of banana cream pie?




 Web Apps  Examples  Random



When is your birthday?
Tell me a joke
What does the fox say?
Send me a poem
Do I have any photos of cats?
Cheap breakfast options?
What time is it in Beijing?
Show me high resolution photos of fruit floating threateningly at night

Where do you live?
Find me cute dog videos
Are you my friend?
Add the Google I/O/4 event
Show me the news today
What is the meaning of life?
Do you speak morse code?
Who let the dogs out?



Question Answering: Ein schwieriges Problem



- ▶ Where do hyenas live? → on a Canadian airline.
- ▶ What is the population of Maryland? → three.

Interpretation der Anfrage?

“We knew that the right query was ‘Who are my friends who like running?’ But the poor users didn’t know this. They would say ‘Who are people who like to run?’ or ‘Who are runners?’ or ‘Which of my friends run?’ They would express it in every conceivable way that was not ‘friends who like running’—which was the only way Graph Search understood it.”

(Lars Rasmussen, Facebook, 2013)

Interpretation des Ergebnisses?

“What university was Woodrow Wilson president of?”

“Woodrow Wilson (1856-1924), served as the 28th president of the USA” vs. “Woodrow Wilson was a professor at Princeton, where he acted as rector...”



“Factoid” - Fragen

- ▶ Fragen, deren Antworten aus kurzen Fakten bestehen.

Question	Answer
Where is the Louvre Museum located?	in Paris, France
What's the abbreviation for limited partnership?	L.P.
What are the names of Odin's ravens?	Huginn and Muninn
What currency is used in China?	the yuan
What kind of nuts are used in marzipan?	almonds
What instrument does Max Roach play?	drums
What's the official language of Algeria?	Arabic
How many pounds are there in a stone?	14

Figure 28.1 Some sample factoid questions and their answers.

- ▶ Heutzutage in kommerziellen Systemen verbreitet
- ▶ Fokus unseres Projekts

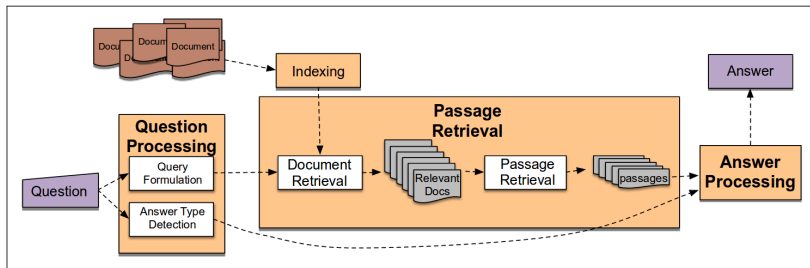
Komplexe Fragen

- ▶ Fragen mit **komplexeren Antworten** (*Definitionen, Erklärungen, Biographien, Argumentationsketten, ...*)
- ▶ Bsp.: *Why did Hitler come to power? Who is Gillian Jacobs?*
- ▶ Bis heute Forschungsgegenstand.



Zwei Paradigmen

1. IR-basiert (*Google Assistant*)
2. wissensbasiert (*Siri, Wolframalpha*)
 - ▶ Moderne Systeme sind oft Hybride (*Bsp. Watson*)



- ▶ Wissensbasis ist **natürlichsprachlich** (= Textdokumente)
- ▶ Drei Verarbeitungsschritte
 1. Question Processing
 2. Passage Retrieval (*finde die passenden Abschnitte / Sätze*)
 3. Answer Processing
- ▶ Verwendung von **Information Retrieval** (Schritt 2) und **Machine Learning** (Schritt 1+3)

1) Question Processing



Aufgabe

Gewinne Informationen über die Frage (*und ihre Antwort*)

- a) **Antwort-Typ**
- b) **Query-Formulierung**
- c) **Relationen**
- d) der **Fokus** (*der Begriff, der in der Antwort ersetzt würde*)

Beispiel

“What Shakespearean play featured Shylock ?”

Antwort-Typ	ENTY/cremat ²
Query	shakespeare shylock
Relationen	appearsIn(shylock, ?) \wedge author(Shakespeare, ?)
Fokus	“what Shakespearean play”

²Diese Klasse enthält “inventions, books and other creative pieces”

1a) Question Processing: Antworttyp



“Who founded Virgin Airlines” → PERSON/INDIVIDUAL

“What Canadian city has the largest population?” → GEO/CITY

- ▶ Ermittle den **Typ der Antwort**
- ▶ Wird oft auch als “**Question Classification**” bezeichnet
- ▶ Hiermit werden wir später mögliche **Antwortkandidaten einschränken**
- ▶ Üblicher Weise ordnen wir Antwort-Klassen in einer **Taxonomie** an (*siehe unten*)

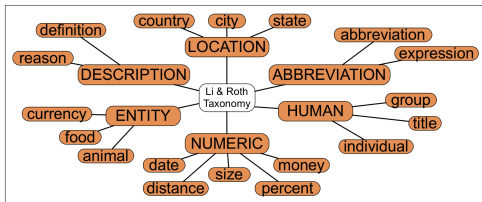


Figure 28.3 A subset of the Li and Roth (2005) answer types.

1b) Question-Processing: Query-Formulierung



What war added 'jeep' and 'quisling' to the English language ?

- ▶ Wir formulieren einen **Query** an die Wissensbasis (*siehe Kapitel "Information Retrieval"*)
- ▶ Warum nehmen wir als Query nicht die **Anfrage selbst**?
- ▶ Besser: Terme filtern/priorisieren. **Beispiel** [10]:

1. *Nicht-Stopwörter in Anführungszeichen*
2. *NNPs (Nomen im Singular) in Named Entities*
3. *Nominalgruppen mit Adjektiven*
4. *andere Nominalgruppen*
5. *Nomen mit Adjektiven*
6. *alle weiteren Nomen*
7. *Verben*
8. *Adverben*
9. *das Fokus-Wort*
10. *alle anderen Worte*

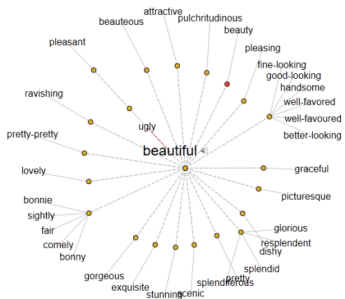
- ▶ Es sind **mehrere Anfragen** möglich (*Recall ist wichtig!*)
- ▶ **Einfacher**: Stopwörter+häufige Verben filtern, nur Nomen...

1b) Query-Formulierung (cont'd)

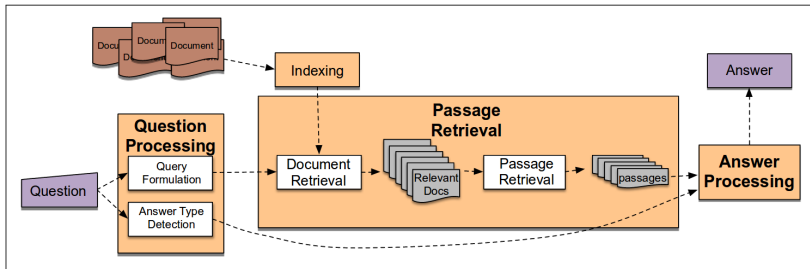


Query Expansion

- ▶ Ist die Wissensbasis relativ **klein**, versuchen wir in der Regel einen höheren Recall (=mehr Treffer) zu erzielen (damit der korrekte Fakt mit hoher Wahrscheinlichkeit darunter ist).
- ▶ Wir **erweitern den Query**
 1. Pseudo-Relevance Feedback / Query Expansion (siehe Kapitel "Information Retrieval")
 2. verwende z.B. Synonyme aus einem Thesaurus



2) Passage Retrieval



Passage Retrieval verläuft oft mehrstufig

1. Finde potenziell relevante Dokumente
(siehe Kapitel "Information Retrieval")
2. **Segmentiere** die Dokumente in Passagen
(z.B. Paragraphen oder Sätze)
3. **Passage Ranking**: Sortiere/Filtere die Passagen anhand ihrer Wahrscheinlichkeit die passende Antwort zu enthalten
(= der interessanteste Schritt)

Passage Retrieval: Beispiel



Frage

“Who was Queen Victoria’s second son?”

Kandidaten-Passagen

*The Marie biscuit is named after Marie Alexandrovna, the daughter of Czar Alexander II of Russia and wife of **Alfred**, the second son of Queen Victoria and Prince Albert.*

Victoria (Alexandrina Victoria; 24 May 1819 – 22 January 1901) was Queen of the United Kingdom of Great Britain and Ireland from 20 June 1837 until her death. From 1 May 1876, she adopted the additional title of Empress of India.

Queen Victoria Hotel offers Aristocratic heritage with discreet service and tasteful décor. Located in Cape Town Central, the hotel offers airport transportation, babysitting, ...



Häufiger Ansatz: Überwachtes Lernen von Beispiel-Daten
(*Fragen mit gelabelten Passagen*)

Merkmale

1. **Übereinstimmung mit Antworttyp:** Wieviele Named Entities gibt es in der Passage? Enthält die Passage Entitäten vom geforderten Typ? (z.B. *PERSON/individual*)?
2. **Übereinstimmung mit der Frage:** Wieviele Schlüsselworte aus der Frage finden sich in der Passage? Wieviele **n-Gramme** welcher Länge? Wie **nahe** stehen die Schlüsselworte beieinander?
3. **Übereinstimmung des Dokuments:** Was war der Rang des gesamten Dokuments bei der Dokumentsuche?
4. **Wichtigkeit der Passage:** Steht sie zu Beginn des Dokuments? Enthält sie viele Wikipedia-Ankerterme?

3) Answer Processing



Abraham Lincoln was assassinated by *John Wilkes Booth* on *Good Friday, April 14, 1865*, while attending a play at *Ford's Theatre* as the *American Civil War* was drawing to a close.

Mögliche Ansätze

- ▶ Auf Named Entities beschränken
- ▶ Typ der Named Entities berücksichtigen
- ▶ Nähe zu anderen Termen aus dem Query
- ▶ Evtl. Satzstruktur berücksichtigen (*siehe nltk*)?
- ▶ Tauchen ähnliche Terme auf (*word2vec*) wie in der Frage?
- ▶ Semantische Beziehungen zwischen Termen (*beagle is_a dog*)
- ▶ Patterns formulieren (*taucht "born in" auf?*)
- ▶ Novelty: Die Antwort selbst sollte nicht in der Frage auftauchen!



1. KI: Grundlagen
2. Question Answering
3. QA-Beispiel: Watson

IBM Watson[6]

Die "Jeopardy Challenge"

- ▶ Jeopardy = populäre Quiz-Show in den USA
- ▶ Hinweise ("Fragen") mit Factoid-Antworten
- ▶ Fragen-Kategorien



<i>Category</i>	<i>Literary Monsters</i>
<i>Clue</i>	<i>Assembled from dead bodies, the monster in this Mary Shelley book turns against his creator.</i>
<i>Answer</i>	<i>Frankenstein.</i>

- ▶ Teils recht spezielle Frage-Kategorien

<i>Category</i>	<i>Rhyme Time</i>
<i>Clue</i>	<i>It's where Pele stores his ball.</i>
<i>Answer</i>	<i>Soccer locker.</i>



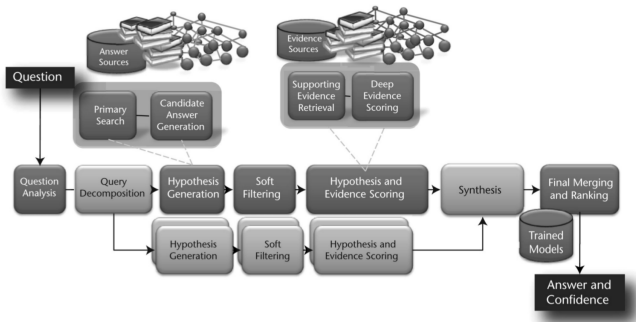
- ▶ 20-köpfiges Team, 3 Jahre (+ weitere vorherige Prototypen)
- ▶ System erreicht **menschliche Performance**
 - ▶ ... beantwortet 70 % aller Fragen mit 80 % Genauigkeit
 - ▶ ... 3 Sekunden Beantwortungszeit (*auf dedizierter Hardware*)

Datenbasis I: 20,000 Frage-Antwort-Paare, annotiert mit...

- ▶ ... **Fragetyp** (z.B. "Reim", "Definition", "Mathe", ...)
- ▶ ... 2,500 verschiedenen **Lexical Answer Types (LATs)**
(z.B. *song, president, he ...*)
- ▶ ... semantische **Relationen**
(z.B. *person_birthplace, product_producer, ...*)

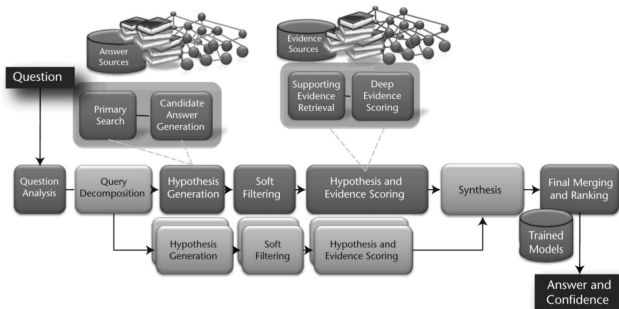
Datenbasis II: Korpora

- ▶ **Text-Korpora**: Enzyklopädien, News-Artikel, Literarische Werke, alles expandiert mit Web-Dokumenten
- ▶ Integration von **Datenbanken** (z.B. IMDB) und **Ontologien**



Ansatz

- ▶ Architektur ähnlich **klassischem IR-QA** (siehe letzter Abschnitt)
- ▶ Viele zusätzliche Analyseschritte, über **100 verschiedene Einzelkomponenten**
- ▶ Grundprinzip: Generiere so viele Kandidaten wie möglich (>> 100). Diese werden bewertet, kombiniert und gerankt.



Ansatz (cont'd)

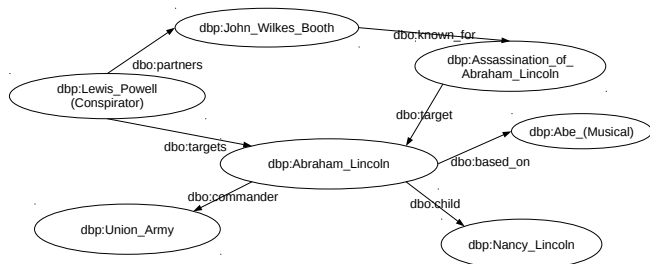
- ▶ **Informationsextraktion** (*Named Entities und Relationen*)
 - ▶ **NLP-Techniken**: Auflösung relativer Anschlüsse, Generierung von Parsing-Bäumen, Generierung sogenannter *logischer Forms*, ...
- Massive Verwendung von **Machine Learning**

Zusätzliche Generierung von Antworten

- ▶ Link-Analyse (*Ankerterme sind bessere Kandidaten*)

On April 14, 1865, five days after the surrender of Confederate general [Robert E. Lee](#), Lincoln was shot by Confederate sympathizer [John Wilkes Booth](#) and died the next day.

- ▶ **Wissensbasen** nach Kandidaten durchsuchen: (1) Finde Entitäten, die mit Entitäten aus der Frage in **Beziehung** stehen. (2) Filtere diese nach **Relationen** aus der Frage.



Watson: Zusätzliches *Evidence Scoring*



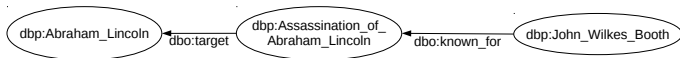
Über 50 Komponenten zum **Scoring** von (mehreren 100) Kandidaten, Kombination mit einem Machine-Learning-Modell

1. Passage Retrieval mit Query und Antwort-Kandidat (*wieviel Evidence finden wir?*)

```
q = question(Abraham Lincoln murdered) +  
  answer(John Wilkes Booth) → 27 hits
```

1. *President Lincoln is shot in the head at Ford's Theatre ...*
2. *Abraham Lincoln, now viewed as a martyr who ended slavery ...*
3. ...

2. Benutze Evidence aus Ontologien



1 match of medium quality (path length 2, confidence 98%)

3. Term-Überlapp zwischen Frage und Antwort-Passage (*tf-idf oder Subsequenzlänge [11]*)

Question: Who murdered Lincoln **at Ford Theatre?**

Passage: President Abraham Lincoln is shot in the head **at Ford Theatre** in Washington, D.C. The assassin, actor John Wilkes Booth, ...

Maximum Overlap (Smith-Waterman Algorithm): 13 characters



4. **Strukturvergleich** zwischen Antwortsatz und Frage (sog. *Logical Forms*)
5. **Popularität** von Antwortseiten (z.B. *PageRank*)
6. (Einfaches) **Reasoning**: räumlich, zeitlich, taxonomisch

Question: Who murdered Lincoln on April 14 1865?

Answer 1: Lee Harvey Oswald

temporal reasoning

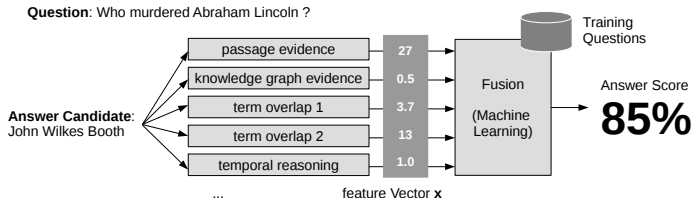
unlikely (born in 1939)

Answer 2: Ford's Theatre

taxonomic reasoning

unlikely (not is_a person)

- ▶ Aus all diesen Werte wird durch ein Machine Learning - Modell ein **Ranking der Antworten** generiert.



References I



- [1] Alan Turing Aged 16.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Alan_Turing_Aged_16.jpg (retrieved: Mar 2018).
- [2] Boston Dynamics: Atlas, the Next Generation.
<https://www.youtube.com/watch?v=rVlhMGQgDkY> (retrieved: Oct 2016).
- [3] Google DeepDream robot: 10 weirdest images produced by AI 'inceptionism' and users online (Photo: Reuters).
<http://www.straitstimes.com/asia/east-asia/alphago-wins-4th-victory-over-lee-se-dol-in-final-go-match> (retrieved: Nov 2016).
- [4] Quadcopter Navigation in the Forest using Deep Neural Networks.
<https://www.youtube.com/watch?v=umRdt3zGgpU> (retrieved: Dec 2017).
- [5] Quartz: Tesla thinks it can prevent the next car crash by seeing the world with radar instead of cameras.
qz.com (retrieved: Oct 2016).
- [6] David A. et al. Ferrucci.
Building Watson: An Overview of the DeepQA Project.
[AI Magazine](#), 31(3):59–79, 2010.
- [7] Daniel Jurafsky and James H. Martin.
[Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing \(3rd Edition Draft Chapters\)](#).
2017.
- [8] Poole David L. and Mackworth Alan K.
[Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents](#).
Cambridge University Press, 2010.

References II



- [9] Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg S Corrado, and Jeff Dean.
Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality.
In Advances in Neural Information Processing Systems 26, pages 3111–3119. Curran Associates, Inc., 2013.
- [10] Dan I. Moldovan, Sanda M. Harabagiu, Marius Pasca, Rada Mihalcea, Richard Goodrum, Roxana Girju, and Vasile Rus.
LASSO: A tool for surfing the answer net.
In Proc. TREC-8, 1999.
- [11] Temple F. Smith and Michael S. Waterman.
Identification of Common Molecular Subsequences.
Journal of Molecular Biology, 147(1):195–197, 1981.