

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
Institut für Informatik  
Sommersemester 2010  
Seminar: Text Mining  
Dozenten: Jannik Strötgen  
Prof. Dr. Michael Gertz

**Seminararbeit**  
Coreference of Named Entities

Name:	Philipp Schäfer, Daniel Kruck
Matrikelnummer:	2612579 (Philipp), 2440234 (Daniel)
Studiengang:	Angewandte Informatik (6. Semester)
Email:	trashzopf@googlemail.com (Philipp), daniel.kruck@gmx.net (Daniel)
Datum der Abgabe:	1. August 2010

Hiermit versichere ich **Philipp Schäfer, Daniel Kruck**, dass ich die Hausarbeit mit dem Titel **Coreference of Named Entities** im Seminar **Text Mining** im **Sommersemester 2010** bei **Jannik Strötgen** und **Prof. Dr. Michael Gertz** selbstständig und nur mit den in der Arbeit angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Zitate sowie der Gebrauch fremder Quellen, Texte und Hilfsmittel habe ich nach den Regeln wissenschaftlicher Praxis eindeutig gekennzeichnet. Mir ist bewusst, dass ich fremde Texte und Textpassagen nicht als meine eigenen ausgeben darf und dass ein Verstoß gegen diese Grundregel des wissenschaftlichen Arbeitens als Täuschungs- und Betrugsversuch gilt, der entsprechende Konsequenzen nach sich zieht. Diese bestehen in der Bewertung der Prüfungsleistung mit "nicht ausreichend"(5,0) sowie ggf. weiteren Maßnahmen.

Außerdem bestätige ich, dass diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch in keinem anderen Seminar vorgelegt wurde.

Heidelberg, den 1. August 2010

---

Heidelberg, den 1. August 2010

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlegende Konzepte</b>	<b>2</b>
2.1	Eigennamen . . . . .	2
2.2	Koreferenzen . . . . .	2
2.3	Arbeiten zu diesem Thema . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Co-referentially Enhanced Entity Frequency (CEEF)</b>	<b>3</b>
3.1	Plausible Annahme über die Verteilung von Koreferenzen . .	3
3.2	Formalisierung . . . . .	4
3.3	Eliteness . . . . .	5
3.4	Threshold Model . . . . .	6
3.5	2-Poisson Model . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Zusätzliche Bearbeitungsschritte</b>	<b>11</b>
4.1	Automatische Klassifizierung der named entities . . . . .	11
4.2	Automatische Erkennung von Koreferenzen . . . . .	14
4.3	Retrieval Method . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Evaluation</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>19</b>

## 1 Einleitung

In letzter Zeit hat sich das Sortier- und Suchverhalten der Menschheit geändert. Sortierte man früher noch seine Dokumente in Ordner, ist man heute glücklich, wenn man mit leistungsstarken Suchalgorithmen schnell und präzise das gewünschte Dokument findet.

Dabei beschränken sich Suchanfragen nicht nur auf lokale Daten, sondern werden sogar großteils ans Web gestellt. Eine häufige Anfrageform an Suchmaschinen sind hierbei die *named entity queries*[2].

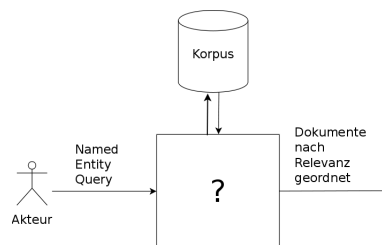


Abbildung 1: Häufige Suchanfrage an Suchmaschinen

Ein Problem bei solchen Suchanfragen ist es, die Häufigkeit der **named entity** in Dokumenten richtig zu erfassen[11]. Denn die Referenzierung des Objektes, das sich hinter einem Eigennamen verbirgt, wird sowohl mit dem Eigennamen selbst, als auch mit kompakteren Ausdrücken vorgenommen. So wird beispielsweise in einem Text, der von Peter Chen handelt, die Person *Peter Chen* auch mit „*er*“ referenziert.

„**Chen** has recieved serveral awards in the fields of Information Technology. **He** received the Data Resource Management Technology Award [...]“ [8]

In der folgenden Hausarbeit wird ein statistisches Verfahren erklärt, welches die Häufigkeit von Eigennamen in Dokumenten schätzen soll. Grundlage für diese Ausarbeitung ist ein Paper der Herren Na und Ng über „A 2-Poisson Model for Probabilistic Coreference of Named Entities for Improved Text Retrieval“[11].

## 2 Grundlegende Konzepte

### 2.1 Eigennamen

Unter einem “Eigennamen” oder einer “named entity” versteht man eine Referenzierung auf ein Objekt in der realen Welt. Der Eigennamen bezeichnet das Objekt im Idealfall eindeutig.

Möchte man beispielsweise Informationen über “IBM Thinkpad X40“, gibt es hoffentlich nur eine Laptoplinie, die auf diesen Namen hört.

Ein weiteres Beispiel sind Personen. Erzählt man eine Geschichte von Julius Cäsar, so wissen idealerweise alle Zuhörer, von wem die Rede ist. Gibt es allerdings verschiedene Personen, die diesen Eigennamen tragen, muss man auf weitere Unterscheidungsmerkmale zurückgreifen. Zum Thema, wie man Dokumente über Personen mit demselben Eigennamen nach weiteren Merkmalen gruppiert, kann man sich das Paper “The SemEval-2007 WePS Evaluation: Establishing a benchmark for the Web People Search Task“[4] anschauen.

### 2.2 Koreferenzen

#### Definition:

Koreferenz liegt vor, wenn in einer Äußerung mit zwei verschiedenen sprachlichen Ausdrücken dasselbe bezeichnet wird.

**Alfred** ist eine Fantasiefigur. Er entspringt einem illustrierenden Gedanken ...

Im obigen Beispiel sehen wir zunächst einen Satz, der mit einem Eigennamen “**Alfred**” beginnt. Im nächsten Satz referenziert “er” ebenfalls Alfred. Einen solchen Ausdruck, der einen zuvor genannten Inhalt wieder aufgreift, nennen wir anaphorischen Ausdruck.

**Er** ist eine Fantasiefigur!!! Alfred, die zunächst unerwähnte, mysteriöse Person, entspringt einem illustrierenden Gedanken ...

Hier bezieht sich “**er**” auf den folgenden Eigennamen “Alfred”. Ein solches Gebilde nennt sich Katapher. Da wir im folgenden einen statistischen Ansatz verfolgen, der die Häufigkeit von Eigennamen mit den kataphorischen und anaphorischen Ausdrücken schätzen soll, sprechen wir in Zukunft nur noch von Koreferenzen.

## 2.3 Arbeiten zu diesem Thema

Die Idee, Koreferenzen beim text retrieval mit einzubeziehen, ist nicht neu. 1990 erforschte E.D. Liddy in seiner Arbeit „Anaphora in natural language processing and information retrieval“ [5] dieses Themengebiet anhand eines kleinen Korpus von 487 Dokumenten. Die anaphorischen Ausdrücke wurden hier von Hand den entsprechenden Eigennamen zugeordnet. Das Ergebnis hierbei war, dass eine Besserung des Ergebnisses, nur in ein paar wenigen Anfragen zu erkennen war.

1996 veröffentlichten A. Pirkola und K. Järvelin ihr Paper „The effect of anaphor and ellipsis resolution on proximity searching in a text database“ [1]. Sie zeigten, dass die Auflösung von anaphorischen Ausdrücken sehr wohl eine starke, positive Auswirkung, auf das Ergebnis hat, da in ihren Tests viel mehr, für die entsprechenden Suchanfragen, relevante Dokumente gefunden wurden. Es wurden hier 55.000 finnische Zeitungen als Korpus verwendet und auch hier wurden die Anaphern per Hand zugeordnet. Man kann ihre Arbeit als die erste Erfolgreiche in diesem Gebiet bezeichnen. Allerdings muss man beachten, dass der Korpus noch sehr klein und keinerlei Automatisierung in ihrem Vorgehen vorhanden war.

Erst 2003 wurde eine Arbeit veröffentlicht, die genau dieses Problem behandelte. R.J. Edens, H.L. Gaylard, G.J.F. Jones and A.M. Lam-Adesina entwickelten einen Algorithmus, mit dessen Hilfe anaphorische Ausdrücke ihren Eigennamen zuordnen konnte [9]. Sie testeten ihr System an der CLEF 2002 English Kollektion [6], welche 100.000 Dokumente und 50 verschiedene Themen enthält. Ihr Ergebnis war, dass durch automatisierte Auflösung die Performance des Retrievals stark verbessert werden konnte.

## 3 Co-referentially Enhanced Entity Frequency (CEEf)

### 3.1 Plausible Annahme über die Verteilung von Koreferenzen

Die Häufigkeit von Eigennamen in Dokumenten ist schwer zu erfassen. Zählt man nur die *named entities* selbst, erhält man die raw entity frequency:

$$tf(e; d) = \#(\text{named entity})$$

Die raw entity frequency beachtet noch keine zusätzlichen Koreferenzen auf das Objekt hinter dem gesuchten Eigennamen. Um später ein besseres Ranking ausführen zu können, möchten wir möglichst alle Referenzen erfassen. Also addieren wir die Häufigkeit der Koreferenzen zu unserer raw entity frequency:

$$tf(e; d) \leq tf_{true}(e; d) = tf(e; d) + \underbrace{atf(e_Q; A, d)}_{\text{Koreferenzen}}$$

Theoretisch sind wir nun am Ziel. Praktisch ist es aber nicht so einfach, die Häufigkeit der Koreferenzen zu bestimmen. Mit Programmen, die Koreferenzen vollständig auflösen, geht ein überdimensionaler Berechnungsaufwand einher. Zudem sind diese Programme noch nicht besonders Präzise und ordnen weniger als 70% der Koreferenzen richtig zu.[11]

Seung-Hoon Na und Hwee Tou Ng untersuchten deswegen einen statistischen Ansatz zur Schätzung der Koreferenzen. Dafür nehmen sie folgendes an:

“Our key assumption is that the frequency of anaphoric expressions is distributed over named entities in a document according to the probabilities of whether the document is elite for the named entities.”[11]

Man geht also davon aus, dass sich mögliche Koreferenzen in einem Dokument auf die verschiedenen Eigennamen verteilen. Die Häufigkeit der Korrelation zwischen Koreferenz und Eigennamen hängt dabei von der Wahrscheinlichkeit ab, dass ein Dokument eben diesen Eigennamen thematisiert. Ausgehend von dieser Annahme wird nun ein statistisches Modell erstellt, das in der Lage ist, die Häufigkeit dieser Korrelationen in Dokumenten zu schätzen. Dazu wird der Kontext vernachlässigt und die Anzahl der anaphorischen Ausdrücke mit einem Faktor multipliziert, der die Wahrscheinlichkeit eines Bezuges auf die gesuchte Named Entity abschätzt.

$$tf_{true}(e_Q; d) \approx tf(e_Q; d) + P(e_Q|A, d)tf(A; d)$$

Im folgenden gilt es diesen Faktor  $P(e_Q|A, d)$  zu bestimmen.

### 3.2 Formalisierung

Bevor wir zur eigentlichen Statistik kommen, legen wir noch die mathematische Schreibweise für diese Aufgabe fest. Zunächst sei  $Q$  unsere Query. Die Query besteht hier zur Vereinfachung aus einem einzigen Eigennamen.

Weiter sei  $e$  ein beliebiger Eigennamen. Entspricht  $e$  der Suchanfrage der Query  $Q$ , so nennen wir den Eigennamen gesuchte Entität  $e_Q$ . Ist  $e$  ein beliebiger nicht gesuchter Eigenname, so nennen wir die Entität nicht gesuchter Eigenname  $e_N$ .

Die Koreferenzen werden *mögliche Koreferenzen* zu einem Eigennamen genannt, wenn sie semantisch zu dem Eigennamen passen. Unterteilen wir beispielsweise die Eigennamen in Objekte und Personen, so sind  $\{\text{“he”}, \text{“she”}\}$  mögliche Koreferenzen zu Personen. Eine mögliche Koreferenz auf Objekte ist  $\{\text{“it”}\}$ . Die Menge aller möglichen Koreferenzen wird  $A$  genannt.

Zählt man alle möglichen Koreferenzen  $A$  in einem Dokument  $d$ , so schreibt man  $tf(A; d)$ . Die Menge aller möglichen Eigennamen zu einer Menge von Koreferenzen in einem Dokument  $d$  wird mit  $\varepsilon(A; d)$  beschrieben.

- $Q$  = query (Suche)
- $e_Q$  = query entity (gesuchte Entität)
- $e_N$  = non-query entity
- $A$  = Menge plausibler anaphorischer Ausdrücke
- $tf(A; d)$  = Anzahl von  $A$  in Dokument  $d$
- $\varepsilon(A; d)$  = Menge plausibler Entitäten in Dokument  $d$
- $tf(e; d)$  = raw entity frequency
- $atf(e; A, d)$  = anaphoric entity frequency

Ausgerüstet mit einer einheitlichen Schreibweise wird zunächst Eliteness diskutiert und dann der Kern des Ganzen - das Poisson-Modell für statistische Häufigkeit von Koreferenzen - hergeleitet.

### 3.3 Eliteness

#### Definition:

A document is elite for a term if the document is “about” the concept represented by the term [10].

Bei genauerer Begutachtung der Definition liegt die grundlegende Annahme von Seung-Hoon Na und Hwee Tou Ng, dass die Bezüge der anaphorischen



Ausdrücke auf die Entitäten im Zusammenhang stehen, ob ein Dokument bezüglich dieser Entität „elite“ ist, oder nicht, nahe. Wir definieren uns also einen weiteren Faktor:

**Definition:**

$P(\mathbf{E}(e) = 1|d)$  ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Dokument für eine Entität  $e$  „elite“ ist.

Jetzt können wir folgendes setzen:

$$P(e_Q|A, d) = \frac{P(\mathbf{E}(e) = 1|d)}{\sum_{e \in \varepsilon(A; d)} P(\mathbf{E}(e) = 1|d)} \quad (1)$$

Wir machen also nichts anderes, als die Wahrscheinlichkeit der Eliteness des Dokumentes bezogen auf unsere gesuchte Entität in Relation mit den Wahrscheinlichkeiten der anderen Named Entities zu stellen.

Jetzt vereinfachen wir die Formel noch ein wenig, indem wir zuerst alle non-query Entitäten nach der Wahrscheinlichkeit der Eliteness sortieren. Danach werden die  $K$  non-query Entitäten mit der höchsten Wahrscheinlichkeit selektiert, sodass sich unsere Formel auf Folgendes beschränkt:

$$P(e_Q|A, d) \approx \frac{P(\mathbf{E}(e) = 1|d)}{P(\mathbf{E}(e) = 1|d) + \sum_{i=1}^K P(\mathbf{E}(e_n^{(i)}) = 1|d)}$$

$K$  ist in dem Fall frei gewählt und kann entsprechend angepasst werden. So dass tatsächlich nur Wahrscheinlichkeiten vernachlässigt werden, die nicht ins Gewicht fallen.

Nun suchen wir uns eine repräsentative non-query Entität heraus und setzen die Wahrscheinlichkeit der Eliteness aller anderen der Top- $K$  Entitäten mit der Wahrscheinlichkeit der Herausgesuchten gleich. Somit erhalten wir eine stark vereinfachte, aber trotzdem recht genaue Alternative von (1).

$$P(e_Q|A, d) \approx \frac{P(\mathbf{E}(e) = 1|d)}{P(\mathbf{E}(e) = 1|d) + K \cdot P(\mathbf{E}(e_N) = 1|d)}$$

Im Folgenden gilt es also, den Faktor  $P(\mathbf{E}(e) = 1|d)$  zu berechnen.

### 3.4 Threshold Model

Wir wollen mit einem sehr einfachen, aber leider auch recht ungenauen Verfahren beginnen, dem so genannten „Threshold Model“. Dazu wählen wir uns eine Konstante  $t$  und setzen dann:

$$P(\mathbf{E}(e) = 1|d) = \begin{cases} 1 & \text{falls } tf(e; d) \geq t \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Wenn wir jetzt annehmen, dass das Dokument bezüglich unserer Top- $K$  elite ist (das dürfen wir annehmen, da wir ja die Konstante  $t$  frei wählen können), kann der Faktor  $P(e_Q|A, d)$  wie folgt bestimmt werden:

$$P(e_Q|A, d) \approx \frac{\delta(tf(e; d) \geq t)}{\delta(tf(e; d) \geq t) + K}$$

Unsere Wahrscheinlichkeit, dass sich ein anaphorischer Ausdruck auf unsere gesuchte Entität bezieht, ist nach diesem Modell also entweder 0 oder  $\frac{1}{K+1}$ . Wir suchen also ein genaueres Modell, welches ähnlich einfache Komplexität aufweist und kommen damit zum Hauptteil unseres Papers: dem 2-Poisson Modell.

### 3.5 2-Poisson Model

Aufgrund ihrer Wichtigkeit, nochmal die grundlegende Annahme von Seung-Hoon Na und Hwee Tou Ng:

“Our key assumption is that the frequency of anaphoric expressions is distributed over named entities in a document according to the probabilities of whether the document is elite for the named entities.”[11]

Um diese Annahme in ein mathematisches Modell zu übersetzen, muss man die Wahrscheinlichkeit abschätzen, dass ein Dokument “elite” ist. Wir suchen also eine Formel für

$$P(E(e) = 1|d) = ?$$

Zunächst interessiert uns hierfür die Wahrscheinlichkeit, dass eine beliebige Entität  $tf$ -fach in einem Dokument vorkommt. Dafür wird ein 2-Poisson Mixture Modell herangezogen.

$$P(tf) = \pi_e \frac{e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf}}{tf!} + (1 - \pi_e) \frac{e^{-\mu_e} \mu_e^{tf}}{tf!} \quad (2)$$

Der erste Term repräsentiert hierbei die Wahrscheinlichkeit des  $tf$ -fachen Auftretens der Entität in der Funktion als “elite”-Eigennamen, der zweite Term steht für die Wahrscheinlichkeit des  $tf$ -fachen Auftretens der Entität

als “non-elite”-Eigennamen.

$$P(tf) = \underbrace{\pi_e \frac{e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf}}{tf!}}_{\text{Wahrscheinlichkeitsanteil--elite}} + \underbrace{(1 - \pi_e) \frac{e^{-\mu_e} \mu_e^{tf}}{tf!}}_{\text{Wahrscheinlichkeitsanteil--nonelite}}$$

Dabei deutet  $\pi_e$  auf den Erwartungswert hin, ob ein Dokument “elite” ist oder nicht.

$\pi_e$ ,  $\lambda_e$  und  $\mu_e$  werden festgelegt als:

$$\pi_e = \frac{df(e)}{df(e) + N}, \quad \lambda_e = \frac{cf(e)}{df(e)}, \quad \mu_e = \frac{cf(e)}{N}$$

wobei

- $N$ : Anzahl der Dokumente
- $df(e)$ : Anzahl der Dokumente, in denen  $e$  vorkommt
- $cf(e)$ : Anzahl von  $e$  in allen Dokumenten

Damit haben wir ein Modell, dass die Wahrscheinlichkeit der Häufigkeit von Entitäten in Dokumenten schätzt. Wichtig ist hierbei, dass sowohl das Auftreten von “elite”-Entitäten in Dokumenten mit einer Poissonverteilung modelliert wird, als auch das “zufällige” Auftreten der “nonelite”-Entitäten.

Eine einfache Poissonverteilung sieht in Formel und im Diagramm wie folgt aus:

$$P_\lambda(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

Mit Hilfe von (2) können wir nun  $P(\mathbf{E}(e) = 1|d)$  bestimmen. Wir setzen

$$P(\mathbf{E}(e) = 1|d) = \frac{\pi_e P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 1)}{\pi_e P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 1) + (1 - \pi_e) P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 0)}$$

mit

$$\begin{aligned} P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 1) &= \frac{e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf}}{tf!} \\ P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 0) &= \frac{e^{-\mu_e} \mu_e^{tf}}{tf!} \end{aligned}$$

und erhalten so

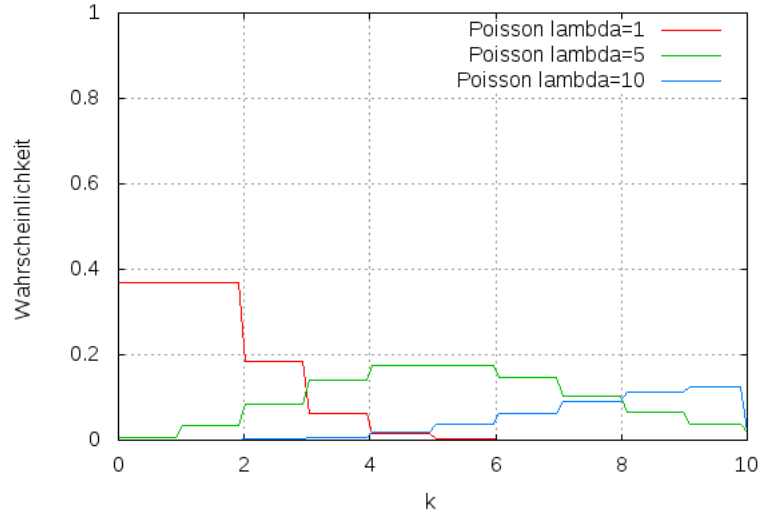


Abbildung 2: Einfache Poissonverteilung

$$\begin{aligned}
P(\mathbf{E}(e) = 1|d) &= \frac{\pi_e P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 1)}{\pi_e P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 1) + (1 - \pi_e) P(tf(e; d) | \mathbf{E}(e) = 0)} \\
&= \frac{\pi_e \frac{e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf}}{tf!}}{\pi_e \frac{e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf}}{tf!} + (1 - \pi_e) \frac{e^{-\mu_e} \mu_e^{tf}}{tf!}} \\
&= \frac{\pi_e e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf}}{\pi_e e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf} + (1 - \pi_e) e^{-\mu_e} \mu_e^{tf}} \\
&= \frac{\pi_e}{\pi_e + (1 - \pi_e) \frac{e^{-\mu_e} \mu_e^{tf}}{e^{-\lambda_e} \lambda_e^{tf}}} \\
&= \frac{\pi_e}{\pi_e + (1 - \pi_e) e^{\lambda_e - \mu_e} \left( \frac{\mu_e}{\lambda_e} \right)^{tf(e; d)}}
\end{aligned}$$

Jetzt werden 2 Fälle unterschieden:

1.  $e = e_Q$

Wir machen die plausible Annahme, dass  $tf(e; d) \geq 1$ , wenn das Dokument  $d$  elite ist für die gesuchte Entität  $e$ . Alle anderen Dokumente im Test seien non-elite bezüglich  $e$ .

Dann können wir die  $\pi_e$ ,  $\lambda_e$  und  $\mu_e$  wie oben beschrieben ersetzen und

erhalten

$$\begin{aligned}
 P(\mathbf{E}(e_Q) = 1|d) &= \frac{\pi_e}{\pi_e + (1 - \pi_e)e^{\lambda_e - \mu_e} \left(\frac{\mu_e}{\lambda_e}\right)^{tf(e;d)}} \\
 &= \frac{\frac{df(e)}{df(e)+N}}{\frac{df(e)}{df(e)+N} + \left(1 - \frac{df(e)}{df(e)+N}\right) e^{\frac{cf(e)}{df(e)} - \frac{cf(e)}{N}} \left(\frac{\frac{cf(e)}{N}}{\frac{df(e)}{df(e)+N}}\right)^{tf(e;d)}} \\
 &= \frac{1}{1 + \left(\frac{df(e)}{N}\right)^{tf(e;d)-1} e^{\frac{cf(e)}{df(e)} - \frac{cf(e)}{N}}}
 \end{aligned}$$

2.  $e \neq e_Q$

Auch hier machen wir zu Beginn zwei Annahmen:

- (a) Es seien alle non-query Entitäten vom selben Typ, wie die query Entität
- (b) Es sei die Termfrequency ( $tf(e; d)$ ) einer Top- $K$  non-query Entität gleich dem Durchschnittsvorkommen einer query Entität in einem elite Dokument

Unter diesen Vorraussetzungen dürfen die  $\lambda_e, \mu_e$  und  $\pi_e$  wie oben gewählt werden. Dies führt uns erneut zu der Formel

$$P(\mathbf{E}(e) = 1|d) = \frac{1}{1 + \left(\frac{df(e)}{N}\right)^{tf(e;d)-1} e^{\frac{cf(e)}{df(e)} - \frac{cf(e)}{N}}}$$

Aufgrund von (b) gilt jetzt aber, dass  $tf(e; d) = \frac{cf(e)}{df(e)}$ , weshalb wir in diesem Fall zu dem Ergebnis kommen, dass

$$P(\mathbf{E}(e_N) = 1|d) = \frac{1}{1 + \left(\frac{df(e)}{N}\right)^{\frac{cf(e)}{df(e)}-1} e^{\frac{cf(e)}{df(e)} - \frac{cf(e)}{N}}}$$

Mit diesen Ergebnissen können wir jetzt unseren Wahrscheinlichkeitsfaktor

$$P(e_Q|A, d) \approx \frac{P(\mathbf{E}(e) = 1|d)}{P(\mathbf{E}(e) = 1|d) + K \cdot P(\mathbf{E}(e_N) = 1|d)}$$

abschätzen und damit die gesuchte wahre Termfrequency

$$tf_{true}(e_Q; d) \approx tf(e_Q; d) + P(e_Q|a, d)tf(A; d)$$

Wir wollen zum Schluss noch darauf aufmerksam machen, dass es sinnvoller ist, statt der normalen Termfrequency, die so genannte „normalized Termfrequency“ zu verwenden.

**Definition:** normalized Termfrequency

$$ntf(e; d) = \frac{tf(e; d) \cdot avglen}{len(d)}$$

Wobei *avglen* die Durchschnittslänge eines Dokuments im Test ist und *len(d)* die Länge des aktuellen Dokuments.

Die normalized Termfrequency setzt also das Vorkommen der Entitäten in Relation mit der Länge der Dokumente. Das ist wichtig, da die Termfrequency in langen Dokumenten ja meist höher ist als in Kurzen, dies aber das Dokument nicht unbedingt relevanter macht. Somit setzen wir also

$$ntf_{true}(e_Q; d) \approx ntf(e_Q; d) + P(e_Q|a, d)ntf(A; d)$$

und sind fertig.

## 4 Zusätzliche Bearbeitungsschritte

### 4.1 Automatische Klassifizierung der named entities

Nachdem man nun die Wahrscheinlichkeit schätzen kann, mit der ein Dokument „elite“ ist, benötigt man nun noch die Häufigkeit der möglichen Koreferenzen.

Dafür müssen wir zunächst herausfinden, von welchem Typ die Entity Query ist. Für Personen wird

$$A_P = \{'he', 'she', 'his', 'her', 'himself', 'herself'\}$$

als sinnvolle Menge von Koreferenzen angesehen. Für Objekte wird eine erweiterbare Menge an Koreferenzen um

$$A_0 = \{\text{'it'}, \text{'its'}, \dots\}$$

bei Bedarf verwendet. Das hat den Grund, dass Objekte oft mit Nomen referenziert werden. So wird beispielsweise “Google” eventuell mit “Suchmaschine”, “Internetriebe” oder ähnlichem bezeichnet.

Für die Unterscheidung zwischen Person und Objekt wird ein Support Vector Machine Klassifikator eingesetzt.

Dafür werden zunächst Entitäten aus einer Trainingsmenge betrachtet. Bei diesen Eigennamen wird dem Computer als zusätzliche Information mitgeteilt, ob es sich um eine Person oder um ein Objekt handelt. Der Computer versucht dann die besten M Treffer zu den jeweiligen Eigennamen herauszufinden und errechnet charakteristische Werte für diesen Eigennamen. Da wir hier herausbekommen wollen, ob es sich um ein Objekt oder um eine Person handelt, werden bei den Top M Einträgen die Koreferenzen betrachtet. Kommt häufig  $A_P = \{\text{'he'}, \text{'she'}, \text{'his'}, \text{'her'}, \text{'himself'}, \text{'herself'}\}$  vor, so wird es wahrscheinlicher, dass es sich die betrachtete Entität eine Person ist. Kommt  $A_0 = \{\text{'it'}, \text{'its'}\}$  häufig vor, so handelt es sich wahrscheinlich um ein Objekt. Die Quantifizierung erfolgt normiert nach:

$$f_P(Q) = \frac{1}{|F(Q)|} \sum_{d \in F(Q)} \frac{tf(A_P; d)}{len(d)}$$

$$f_O(Q) = \frac{1}{|F(Q)|} \sum_{d \in F(Q)} \frac{tf(A_O; d)}{len(d)}$$

Dabei stellt  $F(Q)$  die Menge der besten M Treffer dar,  $|F(Q)|$  die Kardinalität dieser Menge,  $tf(A_P; d)$  die Häufigkeit der Koreferenzen auf Personen in dem jeweiligen Dokument und  $len(d)$  gibt die Anzahl der Worte eines Dokumentes aus.

Der Computer errechnet  $f_O(Q)$  und  $f_P(Q)$  für jeden Eigennamen der Trainingsmenge. Visualisiert könnte ein Diagramm dazu wie folgt aussehen: Nachdem sich die Eigenschaften von Personen und Objekten hoffentlich et-

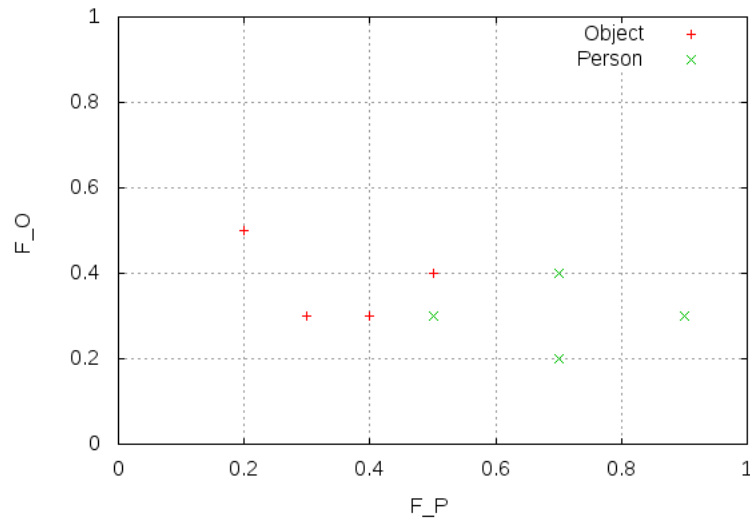


Abbildung 3: Mögliche Visualisierung der SVM nach dem Trainingsschritt ohne Hyperebene

was unterscheiden und die verschiedenen Typen im Diagramm getrennt erscheinen, muss man nun noch eine Hyperebene mit möglichst großem Abstand zum Rand zwischen den aufgetrennten Typen einfügen. Dafür wurde im Paper über “A 2-Poisson Model for Probabilistic Coreference of Named Entities for Improved Text Retrieval” [11] eine Radial Basis Function herangezogen.



## 4.2 Automatische Erkennung von Koreferenzen

Da die Menge an Koreferenzen

$$A_O = \{\text{'it'}, \text{'its'}\}$$

für Objekte nicht ausreichend ist, haben die Autoren des Papers “A 2-Poisson Model for Probabilistic Coreference of Named Entities for Improved Text Retrieval”[11] ein Verfahren entwickelt, um die Menge  $A_O$  zu erweitern. Sie nennen ihren Algorithmus “Feedback-Based Identification of Anaphoric Expressions”.

Man nimmt an, dass häufige auftretende Nomen mit bestimmten Artikeln in der Umgebung von Eigennamen diese referenzieren.

### Google weiß, wo du bist

Der Datenkrake hat ein enormes Gedächtnis – und will noch mehr erfahren. Nun sollen die Menschen Google auf dem Handy ständig bei sich tragen[...]

Seit Beginn dieser Woche verkaufen der Internetkonzern Google und die Mobilfunkfirma T-Mobile hierzulande das Handy G1, und wer es sich zulegt, trägt fortan einen cleveren kleinen Helfer mit sich herum.[...]

Denn diese Informationen hat der Internetkonzern bisher nicht, der wie kein anderer davon lebt, zu wissen, was seine Nutzer tun. Wer sie sind. Was sie wollen. Und bald auch, wo sie sind?[...]

Einziger Ausweg für den Internetkonzern war, selbst ein Betriebssystem zu entwickeln, den Wettbewerb um immer leistungsfähigere Mobiltelefone zu verschärfen und nebenbei die Nutzer nicht nur zur eigenen Suche zu lenken, sondern auch zu Google Mail, Google Kalender, Google Stadtpläne, Google News, Google Earth, dem konzerneigenen Videoportal YouTube und vielem mehr.[...][3]

Wie man an dem Beispiel schön sieht, wird Google oft mit einem bestimmten Artikel plus Internetkonzern beschrieben.

Diese Nomen, die als Koreferenzen zu einem bestimmten Eigennamen auftreten können, gilt es nun zu erkennen. Dafür werden lexiko-syntaktische Muster erzeugt, um bestimmten Nomen automatisch zu extrahieren. Dann werden diejenigen Dokumente gesucht, die nach herkömmlichen Rankingmethoden am relevantesten für die Query Entity sind. Aus den relevantesten  $M$  Dokumenten werden daraufhin die bestimmten Nomen extrahiert. Zum Schluss werden die Nomen noch nach Häufigkeit sortiert. Die häufigsten  $M$  Nomen werden dann zur Menge  $A_O$  hinzugefügt. Man kann zuvor noch ein Filterschritt einbauen, der diejenigen Nomen ausblendet, die in allen Dokumenten am häufigsten mit dem bestimmten Artikel auftreten. Diese sind nämlich nicht Query-spezifisch und vermutlich keine Koreferenz auf das Objekt hinter der Query Entity.

### 4.3 Retrieval Method

Um unsere Methode zu testen, müssen wir uns zunächst auf eine retrieval method bzw. Ranking Methode festlegen. Die Herren Na und Ng verwenden hierfür eine Variante des BM25-Models, welche die CEEF-Methode zur Bestimmung der Termfrequency benutzt und wie folgt definiert ist:

$$BM25_{CEEF}(e_Q; d) = OkapiTF(e_Q; d) \cdot IDF(e_Q)$$

wobei

$$OkapiTF(e_Q; d) = \frac{(k_1 + 1) \cdot tf_{CEEF}(e_Q; d)}{tf_{CEEF}(e_Q; d) + k_1 \left( (1 - b) + b \frac{len(d)}{avglen} \right)}$$

$b$  und  $k_1$  dienen hier der Normierung.  $IDF(e_Q)$  steht für die inverse Documentfrequency und wird vom BM25-Model zur Gewichtung verwendet und wird wie folgt berechnet:

$$IDF(e_Q) = \log \left( \frac{N}{df(e_Q)} \right) [7]$$

Es ist zudem noch zu erwähnen, dass diese Methode mit anderen aktuellen und als „state-of-the-art“ geltenden retrieval methods kombinierbar ist.

Dies funktioniert so, dass man sich einen Normierungsfaktor  $\alpha \in [0, 1]$  wählt und damit die zwei Methoden entsprechend gewichtet und aufaddiert. Man nennt dieses Verfahren „Lineare Interpolation“ [12].

$$Sim(Q; d) = (1 - \alpha) \cdot Sim_{BASE}(Q; d) + \alpha \cdot BM25_{CEEf}(e_Q; d)$$

Hier steht  $Sim_{BASE}(Q; d)$  für ein beliebiges state-of-the-art Verfahren, zum Beispiel das Language Modeling [13][14].

## 5 Evaluation

Im Paper “A 2-Poisson Model for Probabilistic Coreference of Named Entities for Improved Text Retrieval”[11] wurden noch verschiedene Performancetests durchgeführt. Dafür wurde die TREC Blog Sammlung verwendet. Die meisten Suchanfragen darin sind Eigennamen. Davon sind 33 Personenentitäten und 108 Objekte. Die restlichen 9 Suchanfragen sind allgemeiner Natur. Von den 150 Queries wurden 50 Suchanfragen als Trainingsmenge zum Parametertuning verwendet und die restlichen 100 Queries zum Testen.

Die Support Vector Machine Klassifikatoren wurden ebenfalls mit 50 Queries eingestellt. Damit konnten von den verbleibenden 100 Suchanfragen 93 richtig einem Objekt oder einer Person zugeordnet werden. Von den 7 falsch klassifizierten Suchanfragen wurden 4 Objekte als Personen erkannt und 3 Personen als Objekte.

Zuletzt wurden verschiedene Testläufe mit verschiedenen Modellen gestartet:

- **REF**: Hierfür wurde die raw entity frequency im vorgestellten Retrieval Modell verwendet.
- **CEEf-Thr**: Das Ranking wurde mit dem Coreferntial Enhanced Entity Frequency Modell nach dem threshold Ansatz durchgeführt.
- **CEEf-2Poisson**: Ranking mit CEEf-Modell. Die möglichen Koreferenzen beschränkten sich dabei auf die Mengen  $A_P = \{ 'he', 'she', 'his', 'her', 'himself', 'herself' \}$  und  $A_0 = \{ 'it', 'its' \}$ .
- **CEEf-FB-2Poisson**: Die möglichen Koreferenzen wurden mit dem unter “Automatische Erkennung von Koreferenzen” vorgestellten Verfahren von Seung-Hoon Na und Hwee Tou Ng ermittelt. Mit den so erhaltenen Mengen an Koreferenzen wurde das CEEf-Modell angewandt.
- **CEEf-FB-2Poisson\***: Hier wurde das CEEf-Model mit der “Feedbackbased Identification” verwendet. Allerdings wurden die Entitäten

nicht mit dem Support Vector Machine Klassifikator Personen oder Objekten zugeordnet, sondern per Hand.

Methods	MAP	Pr@5	Pr@10
REF	0,3929	0,6707	0,6616
CEEF-Thr	0,3968	0,6788	0,6778
CEEF-2Poisson	0,4139	0,7060	0,6940
CEEF-FB-2Poisson	0,4165	0,7320	0,7200
CEEF-FB-2Poisson*	0,4177	0,7420	0,7270

Tabelle 1: Comparison of MAP, Pr@5, Pr@10  
[11]

In der ersten Tabelle sieht man die einzelnen Methoden im direkten Vergleich. Als Testmaß verwendete man MAP, die Mean Average Precision, Pr@5, die Präzision für die besten 5 Dokumente und Pr@10, die Präzision für die besten 10 Dokumente. In MAP sind alle CEEF-Modelle signifikant besser als REF.

Bei Pr@5 und Pr@10 sind nur noch die CEEF-Poisson-Methoden signifikant besser als REF. Diese Tatsache ist in dem Originalpaper “A 2-Poisson Model for Probabilistic Coreference of Named Entities for Improved Text Retrieval”[11] schön dargestellt.

Methods	LM	LMFB
B (Baseline Run)	0,4043	0,4254
B+REF	0,4665	0,4868
B+CEEF-Thr	0,4831	0,4942
B+CEEF-2Poisson	0,4874	0,5000
B+CEEF-FB-2Poisson	0,5074	0,5090
B+CEEF-FB-2Poisson*	0,5087	0,5106

Tabelle 2: Comparison of MAP of REF and CEEF methods combining with Language Models [13][14]

[11]

In der 2. Tabelle wird die Kombination der vorgestellten Methoden mit Language Modelling-Methoden [13][14] getestet. Dabei ist zu sehen, dass die Mean Average Precision gewaltig gesteigert werden kann im Vergleich zu

den unkombinierten Methoden.

Query Type	REF	CEEF	CEEF-FB	CEEF-FB*
Person	0,5640	0,5793	0,5761	0,5781
Company, etc.	0,5061	0,5170	0,5305	0,5305
Product	0,5245	0,5401	0,5680	0,5680
TV program, etc	0,3664	0,3754	0,3793	0,3994
Organization	0,4468	0,4682	0,4701	0,4701
Event, etc.	0,5039	0,4987	0,5012	0,5021
Other Types	0,4785	0,4889	0,5040	0,5040
Topic	0,2754	0,3078	0,3094	0,3123
All	0,4868	0,5000	0,5090	0,5106

Tabelle 3: Comparison of MAP of REF and CEEF methods, combining with LMFB each query type.[11]

In Tabelle 3 kann man sehr schön sehen, dass das angewendete Verfahren für Personen-Queries immernoch am besten funktioniert.

Query Type	NONE	REF	CEEF	CEEF-FB
TREC '07	0,5406	0,5569	0,5646	0,5733
TREC '08	0,5032	0,5216	0,5248	0,5330

Tabelle 4: Comparison of MAP of TREC08BEST and others. NONE means non-combined baseline run.

## 6 Fazit

Zusammenfassend kann man sagen, dass Seung-Hoon Na und Hwee Tou Ng eine vielversprechende Methode gefunden haben, um die zeitaufwendigen und rechenlastigen vollständigen Auflösung der Koreferenzen zu umgehen. Ihr Verfahren konnte in diversen Tests signifikant bessere Resultate liefern, verglichen mit anderen state-of-the-art retrieval Methoden, welche standard term frequency Schätzungen verwendeten. Es wurde sogar eine Verbesserung von 3% gegenüber des Mean Average Precision Verfahren erzielt.

Man sollte hier natürlich beachten, dass die Dokumente in ihren Tests stark ihren Bedürfnissen angepasst wurden. Zudem ließen sie es sich offen noch diversen Parameter zu tunen, damit die Tests unter entsprechenden Bedingungen, bessere Ergebnisse lieferten. Besonders auffällig hierfür sind die Normierungsparameter  $k_1, b$  und  $\alpha$  in ihrem BM25-Modell oder das  $K$ , welches man nach Belieben anpassen darf um  $P(e_Q|A, d)$  zu berechnen.

Zudem konnten wir dem gesamten Paper keine Informationen über die tatsächliche Laufzeit ihrer Methode entnehmen. Es wurde zwar mehrfach erwähnt, dass **CEEFF-B-2POISSON** deutlich schneller als die vollständige Auflösung ist, aber wieviel schneller das Ganze wirklich ist, erfährt man leider nicht.

## Literatur

- [1] A. Pirkola, K. Järvelin. The effect of anaphor and ellipsis resolution on proximity searching in a text database. *Information Processing & Management*, 32(2):199–216, 1996.
- [2] Guha, R. und A. Garg. Disambiguating people in search. *In TAP: Building the Semantic Web*, 2003.
- [3] Hamann, Götz und Marcus Rohwetter. Google weiß, wo du bist. *Die Zeit*, 26.02.2009.
- [4] Javier Artiles, Julio Gonzalo, Satoshi Sekine. The semeval-2007 weps evaluation: Establishing a benchmark for the web people search task. *In SemEval-2007*, Seite 64–69, 2007.
- [5] Liddy, E. D. Anaphora in natural language processing and information retrieval. *Information & Management*, 26(1):39–52, 1990.
- [6] M. Braschler, C. Peters. Clef 2002 methodology and metrics. *CLEF-2002 (LNCS 2785)*, Seite 512–528, 2002.
- [7] Modified: 18:48, 23 July 2010 FarzanehSarafraz. tf-idf, 2010.
- [8] Modified: 21:02, 21 May 2010 Nineball. Peter chen, 2010.
- [9] R. J. Edens, H. L. Gaylard, G. J. F. Jones und A. M. Lam-Adesina. An investigation of broad coverage automatic profoun resolution for information retrieval. *SIGIR '03*, Seite 381–382, 2003.
- [10] Robertson, S. E. und S. Walker. Some simple effective approximations to the 2-poisson model for probabilistic weighted retrieval. *SIGIR'94*, Seite 232–241, 1994.
- [11] Seung-Hoon Na, Hwee Tou Ng. A 2-poisson model for probabilistic coreference of named entities for improved text retrieval. *Annual ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 2009.
- [12] Vogt, C.C. und G.W. Cottrell. Fusion via a linear combination of scores. *Information Retrieval*, 1(3):151–173, 1999.
- [13] Zhai, C. und J. Lafferty. Model-based feedback in the language modeling approach to information retrieval. *CIKM '01*, Seite 403–410, 2001.

- [14] Zhai, C. und J. Lafferty. A study of smoothing methods for language models applied to ad hoc information retrieval. *SIGIR '01*, Seite 334–342, 2001.