Informatik.Softwaresysteme

Ausarbeitung spezielle Algorithmen

Schulze Methode

Algorithmus zum finden eines Eindeutigen Siegers

Abgabetermin: Bocholt, den 30.10.2018

Student:
Steffen Holtkamp
Thebenkamp 18
46342 Velen
Matrikelnummer: 201620684

Westfälische Hochschule - Bocholt
Prof. Dr. Martin Guddat
Münsterstraße 265
46397 Bocholt

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Listings

Abkürzungsverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Markus Schulze

Die Schulze Methode wurde nach seinem Erfinder Markus Schulze benannt und wird in Fachkreisen auch als „Schwartz Sequential dropping“ oder auch „path winner“ Methode bezeichnet.

Die Schulze Methode ist ein verfahren, um aus einer Liste von Kandidaten einen eindeutigen Sieger zu ermitteln.

Er hat diese Methode zuerst 1997 erstmal in einer offenen Mail zur Diskussion gestellt und veröffentliche immer wieder aktualisierte Versionen seiner Theorie. In dieser Ausarbeitung bezieht sich der Autor dabei auf seine aktualisierte Ausarbeitung aus dem Jahr 2017.Schulze [2017, vgl.].

1.2 Problemstellung

Das Problem einen eindeutigen Sieger zu finden, das mit der vorgestellten Theorie gelöst werden soll, fällt in das Gebiet der Sozialwahltheorie. Dieses interdisziplinäre Forschungsgebiet beschäftigt sich mit der Untersuchung von Gruppenentscheidungen. In dieser Forschung werden individuelle Präferenzen und Entscheidungen der der teilnehmenden Personen aggregiert, um daraus eine „gerechte“ kollektive Entscheidung abzuleiten. Damit man eine „gerechte“ Methode finden kann, beschäftigen sich viele Teilbereiche der Forschung, wie z.B. die Mathematik, Volkswirtschaft, Psychologie, Philosophie, Politikwissenschaft und Rechtswissenschaft mit diesem Thema und stellen dabei verschiedenste Ansätze und Vorgehensweisen vor. Alle beteiligten Forschungsgebiete stellen dabei Definitionen auf, was eine „gerechte“ Methode erfüllen muss. [Scheubrein, 2013, vgl.]

Daher haben sich über die Jahre Qualitätskriterien entwickelt, an denen man Messen kann, ob eine Methode im Sinne der Sozialwahltheorie „gerechte“ ist.

Im Folgenden werden einige Kriterien definiert, die in der Sozialwahltheorie von Bedeutung sind. In Abschnitt XX werden diese Kriterien erneut untersucht und festgestellt in wieweit die Schulze Methode gerecht ist. Viele dieser Kriterien gelten für Methoden, die einen Sieger oder mehrere Sieger ermitteln. Da die Schulze Methode, eine Methode ist, um einen Sieger zu ermitteln, werden die Definitionen auf diese Eigenschaft eingegrenzt.

1.2.1 Monotonie Kriterium

Der Gewinner einer Wahl kann nicht durch ein besseres Ranking verlieren und ein Verlierer durch ein schlechteres gewinnen. Woodall [1996]

1.2.2 Condorcet Kriterium

Nach der Wahl wird ein zweikampf zweier Kandidaten Simuliert und dabei untersucht, wie oft der Kandidat A dem Kandidat B vorgezogen wurde. Condorcet-Sieger ist der Kandidat der alle anderen Kandidaten Schlägt. Einen solchen Sieger muss es nicht geben. Ein Wahlverfahren erfüllt das Condorect-Kriterium, wenn der gewählte Sieger auch der Condorcet-Sieger ist, sofern es einen Condorcet-Sieger gibt. Johnson [2005]

1.2.3 Lösbarkeits Kriterium

Eine Wahlmethode erfüllt dieses Kriterium, wenn es einen Eindeutigen Sieger gibt, hierbei gibt es zwei Ansätze dies zu prüfen Schulze [2017]

1. Wenn die Menge der Stimmen Richtung unendlich tendiert, geht der die Wahrscheinlichkeit keinen eindeutigen Sieger zu haben gegen Null
2. Wenn es mehr als einen Sieger gibt, reicht einen einzelnen Stimme, um einen eindeutigen Sieger zu erhalten.

1.2.4 Pareto Kriterium

Dieses Kriterium gibt an, dass

1. wenn jeder Wähler Alternative A, Alternative B vorzieht, muss Alternative A immer Alternative B bevorzugt werden
2. wenn kein Wähler Alternative A, Alternative B vorzieht, muss Alternative A nicht besser sein als B. Schulze [2017]

1.2.5 LIIA

Welche Anforderungen werden an einen solchen Algorithmus gestellt.

1.2.6 Smith

Welche Anforderungen werden an einen solchen Algorithmus gestellt.

1.2.7 Prudence

Welche Anforderungen werden an einen solchen Algorithmus gestellt.

1.2.8 MinMax Set

Welche Anforderungen werden an einen solchen Algorithmus gestellt.

1.2.9 Schwartz

Welche Anforderungen werden an einen solchen Algorithmus gestellt.

1.2.10 Participation

Welche Anforderungen werden an einen solchen Algorithmus gestellt.

1.2.11 Reversal Symmetry

Welche Anforderungen werden an einen solchen Algorithmus gestellt.v

2 Definition

2.1 Voraussetzungen

Es gibt einige Voraussetzungen, die eine Wahl erfüllen muss, damit man die Schulze Methode auf diese Wahl anwenden kann.

1. Es muss mindestens zwei Kandidaten geben, die sich zu Wahl stellen, da sonst keine Rangfolge erstellt werden kann. Bei zwei Kandidaten ist die Lösung jedoch trivial, da dort der Gewinner der Kandidat ist, der am häufigsten, von den Wählern dem Gegner vorgezogen wurde.

   Mathematische Definition: Sei A eine endliche nicht leere Menge an Kandidaten. Wobei die Anzahl der Kandidaten C ist und gilt:

   $$C \in \mathbb{N} \; und \; 1 < C < \infty$$

2. Jeder Wähler ordnet die Kandidaten eine Zahl zu und aus dieser Zahl wird eine Rangfolge erstellt. Je kleiner die Zahl ist desto höher ist die Platzierung. Hierbei ist die Größe der Zahl oder der Abstand uninteressant, da nur die Rangfolge betrachtet wird.

   Des weiteren gilt:

   2.1. Es können mehrere Kandidaten den gleichen Rang haben, dass bedeutet, dass kein Kandidat dem anderen Kandidaten auf der selben Platzierung vorgezogen wird.

2.2. Wenn ein Wähler keine Bewertung für einen Kandidaten abgibt, werden alle Kandidaten, die eine Bewertung haben, diesem Kandidaten vorgezogen. Werden mehrere Kandidaten nicht bewertet, werden sie wir im vorherigen Punkt bewertet.

2.2 Begriffsdefinition und Erläuterungen

Bevor die Theoretische Definition aufgestellt werden kann müssen einige Begriffe, Formeln und Notationen besprochen werden, um die Definition einfacher zu verstehen.

2.2.1 Verbindung

Eine Verbindung in diesem Kontext bedeutet, dass zwei Kandidaten gegeneinander antreten und diese Duell ist eine Verbindung mit folgender Notation

$$(N[a,b], N[b,a])$$

Beispiel: Kandidat a wird von fünf Wählern dem Kandidaten b bevorzugt, und Kandidat b wird von zwei Wählern Kandidat a vorgezogen, würde wie folgt Notiert werden.

$$(5,2)$$

2.2.2 Weg

Ein Weg beschreibt Verbindungen zweier Kandidaten. Diese Kandidaten können direkt Verbunden werden oder auch über andere Kandidaten laufen. Dies wird wie folgt notiert.

$$c(1), ..., c(2)$$

Beispiel: Kandidat a schlägt Kandidat b und Kandidat b schlägt Kandidat c, dann schlägt Kandidat a auch Kandidat c, da Kandidat a, Kandidat b schlagen kann.

2.2.3 Relation

„Seien A und B Mengen. Eine Teilmenge R enthalten in $A \times B$ heißt (zweistellige) Relation zwischen A und B. Gilt $A = B$, so heißt R Relation auf A.“[Prof. Dr. Hans Werner Lang, 2018]

2.2.4 Die Menge N

Die Menge N kann man sich als Tabelle Vorstellen in der die Ergebnisse der Duelle der Kandidaten enthalten sind. Ein Beispiel hierfür findet man im Beispiel 1. Hier Verweis einfügen.

2.2.5 $_{\mathsf{D}}z$

Der Wert $_{D}z$ eines Weges ist der Wert, der die schwächste Verbindung repräsentiert.

2.2.6 P_D

Diese Menge enthält die stärksten Wege zwischen den Kandidaten. Sprich die Wege, in denen die schwächste Verbindung des Weges, stärker ist als alle anderen schwächsten Verbindungen von Wegen die vom gleichen Kandidaten ausgehen und zum gleichen Kandidaten führen.

Beispiel: $P_D[a, b]$ enthält den stärksten Weg zwischen Kandidat a und Kandidat B

2.3 Theoretische Grundlagen

Die grundsätzliche Idee der Schulze Methode ist es, dass Condorectes Verfahren, also ein Duell von Kandidat A gegen Kandidat B, einzusetzen. Hierbei wird das Verfahren jedoch erweitert, indem die Werte für die Duelle erst mit der Schulze Methode ermittelt werden.

In diesem Abschnitt werden die Theoretischen Grundlagen erläutert und in den Abschnitten 3 und **??** ein Beispielen erläutert.

(2.3.1) Ein Weg von Kandidat $x \in A$ zu Kandidat $y \in A$ ist eine folgen von Kandidaten $c(1), ..., c(n) \in A$ mit den folgenden Eigenschaften:

1. $x \equiv c(1)$
2. $y \equiv c(n)$
3. $2 \leq n \leq \infty$
4. For all $i = 1, ..., (n-1) : c(i) \not\equiv c(i+1)$

(2.3.2) Die Stärke eines Weges $c(1), ..., c(n)$ ist $min_{\mathrm{D}}\{(N[c(i), c(i+1)], N[c(i+1), c(i)])|i = 1, ..., n-1\}$.

In anderen Worten: Die Stärke eines Weges ist die Stärke der schwächsten Verbindung.

(2.3.3) Wenn ein Weg $c(1), .., c(n)$ die Stärke $z \in \mathbb{N}_0 \times \mathbb{N}_0$ hat, dann ist die kritische Verbindung dieses Weges, die Verbindung von $(N[c(i), c(i+1)], N[c(i+1), c(i)]) \approx_{\mathrm{D}} z$.

$$P_D[a, b] := max_{\mathrm{D}}\{min_{\mathrm{D}}\{(N[c(i), c(i+1)], N[c(i+1), c(i)])|i = 1, ..., n-1\}$$
$$|c(1), ..., c(n) \text{ ein Weg von Kandidat a zu Kandidat b}\}$$

In andere Worten: $P_D[a, b] \in \mathbb{N}_0 \times \mathbb{N}_0$ ist die Stärke des stärksten Weges von Kandidat $a \in A$ zu Kandidat $b \in A$.

(2.3.4) Die zweistellige Relation $\mathcal{O}$ auf A ist wie folgt definiert:

$$ab \in \mathcal{O} :\Leftrightarrow P_D[a, b] >_D P_D[b, a]$$

(2.3.5) Daraus folgt, dass die Menge der Sieger sich wie folgt ergibt:

$$\mathcal{S} := \{a \in A | \forall b \in A \ \{a\} : ba \notin \mathcal{O}\}$$

3 Beispiel 1

3.1 Ausgangssituation

Im ersten Beispiel wird zuerst eine Wahl untersucht, in der jeder Teilnehmer alle Kandidaten bewertet hat und damit eine eindeutige Reihenfolge der Kandidaten generiert werden kann. Kein Kandidat wurde gleich behandelt oder nicht bewertet.

Daher ergibt sich Folgende Ausgangssituation: Ein Kurs von 28 Studierenden wählt einen Kurssprecher. Zur Wahl stellt sich Anton (Kandidat A), Berta (Kandidatin B), Conny (Kandidatin C) und Dennis (Kandidat D).

Jeder der 28 Studierenden muss die Kandidaten nach Erst-, Zweit-, Dritt- und Viertwunsch ordnen. Nach der Auszählung hat sich Folgende Situation eingespielt.

6 mal $a \succ_v b \succ_v d \succ_v c$

4 mal $c \succ_v a \succ_v b \succ_v d$

10 mal $b \succ_v d \succ_v a \succ_v c$

3 mal $b \succ_v a \succ_v d \succ_v c$

5 mal $d \succ_v c \succ_v b \succ_v a$

Dies bedeutet Beispielhaft für die erste Zeile, dass sechs mal Wahlzettel abgegeben wurden die Anton als Erstwunsch, Berta als Zweitwunsch, Dennis als Drittwunsch und Conny als Viertwunsch angegeben haben.

Dieses Ergebnis der Wahl wird nun in die Schulze Methode überführt und bewertet.

3.2 Lösungsschritte

Um mit die Schulze Methode anzuwenden, müssen wir zuerst die Menge N bestimmen. Diese Menge erhält man, Indem man Jeden Kandidaten gegen jeden Kandidaten antreten lässt.

Zuerst muss man alle möglichen Duelle aufstellen und untersuchen, welcher Kandidat wie viele Stimmen erhält.

Exemplarisch wird das Duell a gegen b durchgeführt und die Kandidaten c und d ignoriert. Es können diese Kandidaten im Duell ignoriert werden, da es irrelevant ist, wo das Duell stattfindet, ob die beiden Kandidaten Dritt- und Viertwunsch sind oder ein Kandidat Erstwunsch und der andere Zweitwunsch ist. Diese Betrachtung wird in das Verfahren mit aufgenommen, indem alle Kandidaten gegeneinander antreten.

$$\textbf{6 mal} \;\; a \succ_v b$$

$$\textbf{4 mal} \;\; a \succ_v b$$

$$\textbf{10 mal} \;\; b \succ_v a$$

$$\textbf{3 mal} \;\; b \succ_v a$$

$$\textbf{5 mal} \;\; b \succ_v a$$

Wird nun dieses Duell betrachte, erhalten Kandidat a 10 Stimmen und Kandidat b 18 Stimmen und Kandidat b gewinnt damit.

Wenn man dies für alle Duelle macht erhält man diese Auflistung.

$$a \textbf{ vs. } b \;\; \text{10 Stimmen gegen 18 Stimmen, } b \text{ gewinnt}$$

$$a \textbf{ vs. } c \;\; \text{19 Stimmen gegen 9 Stimmen, } a \text{ gewinnt}$$

$$a \textbf{ vs. } d \;\; \text{13 Stimmen gegen 15 Stimmen, } d \text{ gewinnt}$$

$$b \textbf{ vs. } c \;\; \text{19 Stimmen gegen 9 Stimmen, } b \text{ gewinnt}$$

$$b \textbf{ vs. } d \;\; \text{23 Stimmen gegen 5 Stimmen, } b \text{ gewinnt}$$

$$c \textbf{ vs. } d \;\; \text{4 Stimmen gegen 24 Stimmen, } d \text{ gewinnt}$$

Mit diesen Werten kann man nun die Menge N, wie in Tabelle 1 zu sehen, aufstellen.

	N[*,a]	N[*,b]	N[*,c]	N[*,d]
N[a, *]	—	10	19	13
N[b, *]	18	—	19	23
N[c, *]	9	9	—	4
N[d, *]	15	5	24	—

Tabelle 1: Die Menge N (Beispiel 1)

Im nächsten Schritt müssen die Wege zwischen den Kandidaten gesucht werden, wie es in der Definition 2.3 beschreiben wird. Zyklische Verbindungen sind nicht erlaubt.

In Abbildung 1 ist die Menge N als gerichteter Graph aufgezeichnet.

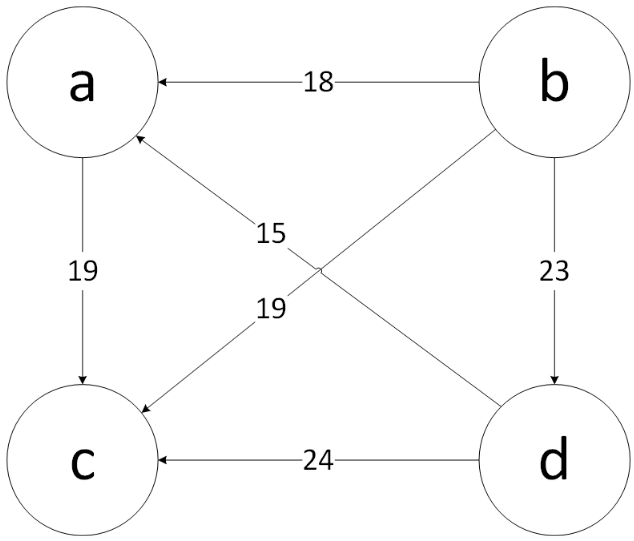

Abbildung 1: Graph über die Menge N (Beispiel 1)

In den Graph wurden gerichtete Kanten vom Sieger in die Richtung des Verlierers gezogen und das Kantengewicht des Siegers der Duelle aufgetragen. Nun muss 2.3 (2.3.2) und 2.3 (2.3.3) angewendet werden, um die Menge P zu bilden, die die Stärksten Wege beinhaltet.

Dazu werden nun alle Wege zwischen den Kandidaten gebildet und der stärkste Weg, das ist jener, bei dem die schwächste Verbindung am größten ist, ausgewählt für die Menge P.

$a \rightarrow b$: Es gibt keinen Weg, der von a nach b führt.

$b \rightarrow a$: Es gibt zwei Wege die von b nach a führen.

Weg 1: b, 23, d, 15, a, der die Stärke $min_D\{23, 15\} \approx_D 15$ hat.

Weg 2: b, 18, a, der die Stärke 18 hat.

Damit ist ergibt sich die Stärke des stärksten Weges mit Hilfe von $max_D\{15, 18\} \approx_D 18$

$a \to c$ Es gibt einen Weg, der von a nach c führt.

Weg 1: a, 19, c, der die Stärke 19 hat.

Damit ist die Stärke des stärksten Weges auch 19.

$c \to a$ Es gibt keinen Weg, der von c nach a führt.

$a \to d$ Es gibt keinen Weg, der von a nach d führt.

$d \to a$ Es gibt einen Weg, der von d nach a führt.

Weg 1: d, 15, a, der die Stärke 15 hat.

Damit ist die Stärke des stärksten Weges auch 15.

$b \to c$**:** Es gibt drei Wege die von b nach c führen.

Weg 1: b, 18, a, 19, c, der die Stärke $min_D\{18, 19\} \approx_D 18$ hat.

Weg 2: b, 19, c, der die Stärke 19 hat.

Weg 3: b, 23, d, 24, c, der die Stärke $min_D\{23, 24\} \approx_D 23$ hat.

Damit ist ergibt sich die Stärke des stärksten Weges mit Hilfe von $max_D\{18, 19, 23\} \approx_D 23$

$c \to b$ Es gibt keinen Weg, der von c nach b führt.

$b \to d$ Es gibt einen Weg, der von b nach d führt.

Weg 1: b, 23, d, der die Stärke 23 hat.

Damit ist die Stärke des stärksten Weges auch 23.

$d \to b$ Es gibt keinen Weg, der von d nach b führt.

$c \to d$ Es gibt keinen Weg, der von c nach d führt.

$d \to c$ Es gibt einen Weg, der von d nach c führt.

Weg 1: d, 24, c, der die Stärke 24 hat.

Damit ist die Stärke des stärksten Weges auch 24.

So wurden alle Wege bestimmt und die kritischen Verbindungen gefunden, sodass sich in Tabelle 2 die menge P bildet.

	P[*,a]	P[*,b]	P[*,c]	P[*,d]
P[a, *]	—	—	19	—
P[b, *]	18	—	23	23
P[c, *]	—	—	—	—
P[d, *]	15	—	24	—

Tabelle 2: Die Menge P (Beispiel 1)

Nun lässt lässt man wieder die Kandidaten gegeneinander antreten dieses mal über die Menge P. Wenn es keinen Weg zwischen den Kandidaten gibt, also in der Tabelle ein '—' steht, so wird diese Verbindung als die Stärke 0 betrachtet.

Dieses Ergebnis wird in der Relation $\mathcal{O}$, wie in der Definition (2.3.4) 2.3 beschreiben.

a **gewinnt gegen** b : nein, daher kein Teil von $\mathcal{O}$

a **gewinnt gegen** c : ja, daher Teil von $\mathcal{O}$

a **gewinnt gegen** d : nein, daher kein Teil von $\mathcal{O}$

b **gewinnt gegen** a : ja, daher Teil von $\mathcal{O}$

b **gewinnt gegen** c : ja, daher Teil von $\mathcal{O}$

b **gewinnt gegen** d : ja, daher Teil von $\mathcal{O}$

c **gewinnt gegen** a : nein, daher nicht Teil von $\mathcal{O}$

c **gewinnt gegen** b : nein, daher nicht Teil von $\mathcal{O}$

c **gewinnt gegen** d : nein, daher nicht Teil von $\mathcal{O}$

d **gewinnt gegen** a : ja, daher Teil von $\mathcal{O}$

d **gewinnt gegen** b : nein, daher nicht Teil von $\mathcal{O}$

d **gewinnt gegen** c : ja, daher Teil von $\mathcal{O}$

Daher ergibt sich $\mathcal{O} = \{ac, ba, bc, bd, da, dc\}$

3.3 Ergebnis

Um den Sieger aus der Relation $\mathcal{O}$ zu finden muss wie in der Definition (2.3.5) 2.3 sichergestellt werden, das ein Sieger nie durch einen anderen Gegner geschlagen wird.

Um das zu prüfen, wird die Relation $\mathcal{O}$ durchgegangen und geprüft, ob es einen Kandidaten gibt, der immer nur auf der linken Seite eine Tupel z.B: "bd" steht und damit immer der Gewinner ist und nie geschlagen wurde, dann würde er auf der rechten Seite des Tupels stehen.

Für dieses Beispiel ergibt sich, das es nur einen Sieger in der Menge $\mathcal{S} = \{d\}$ gibt, den Kandidaten b. Damit haben wir nach der Schulze Methode festgestellt, dass Kandidatin Berta die Wahl gewonnen hat.

Zu Beginn des Beispiels konnte man sehen, dass Kandidatin Berta beim Duell mit den anderen Kandidaten gegen alle anderen Kandidaten gewonnen hat. Und die Frage stellen, wieso nicht an dieser Stelle schon die Siegerin festgelegt wurde? In dem Fall hat dieses Beispiel gezeigt, das die Schulze Methode das Condorcet Kriterium 1.2.2 erfüllt, das besagt, dass ein Kandidat, der gegen alle Gegner gewonnen hat auch der Sieger der Schulze Methode sein muss. Das Beispiel 2 4 zeigt, dass auch wenn kein Condorcet-Sieger existiert, ein Sieger mit der Schulze Methode ermittelt werden kann.

4 Beispiel 2

4.1 Ausgangssituation

Als Ausgangsmethode kann, wie in Beispiel 1 3.1, wieder eine Wahl eines Kurssprechers angenommen werden.

In dieser Wahl haben 21 Personen die Kandidaten a bis d in eine Reihenfolge sortiert.

$$\textbf{8 mal} \; a \succ_v c \succ_v d \succ_v b$$

$$\textbf{2 mal} \; b \succ_v a \succ_v d \succ_v c$$

$$\textbf{4 mal} \; c \succ_v d \succ_v b \succ_v a$$

$$\textbf{4 mal} \; d \succ_v b \succ_v a \succ_v c$$

$$\textbf{3 mal} \; d \succ_v c \succ_v b \succ_v a$$

4.2 Lösungsschritte

Zuerst werden die Kandidaten wieder gegeneinander aufgestellt.

$$a \textbf{ vs. } b \;\; \text{8 Stimmen gegen 13 Stimmen, } b \text{ gewinnt}$$

$$a \textbf{ vs. } c \;\; \text{14 Stimmen gegen 7 Stimmen, } a \text{ gewinnt}$$

$$a \textbf{ vs. } d \;\; \text{10 Stimmen gegen 11 Stimmen, } d \text{ gewinnt}$$

$$b \textbf{ vs. } c \;\; \text{6 Stimmen gegen 15 Stimmen, } c \text{ gewinnt}$$

$$b \textbf{ vs. } d \;\; \text{2 Stimmen gegen 19 Stimmen, } d \text{ gewinnt}$$

$$c \textbf{ vs. } d \;\; \text{12 Stimmen gegen 9 Stimmen, } c \text{ gewinnt}$$

In diesem Fall sieht man, dass es keinen Condorcet-Sieger gibt, also keiner es geschafft hat alle Gegner im Zweikampf zu überholen, diese Situation ist das sogenannte Condorcet-Paradoxon. [rer. pol. Enrico Schöbel, 2018]

Die Schulze Methode kann diese Problem jedoch lösen indem, wie in Tabelle **??** dargestellt, die Menge N gebildet wird.

	N[*,a]	N[*,b]	N[*,c]	N[*,d]
N[a, *]	—	8	14	10
N[b, *]	13	—	6	2
N[c, *]	7	15	—	12
N[d, *]	11	19	9	—

Tabelle 3: Die Menge N (Beispiel 2)

Aus der Menge N wird der Graph 2 erstellt.

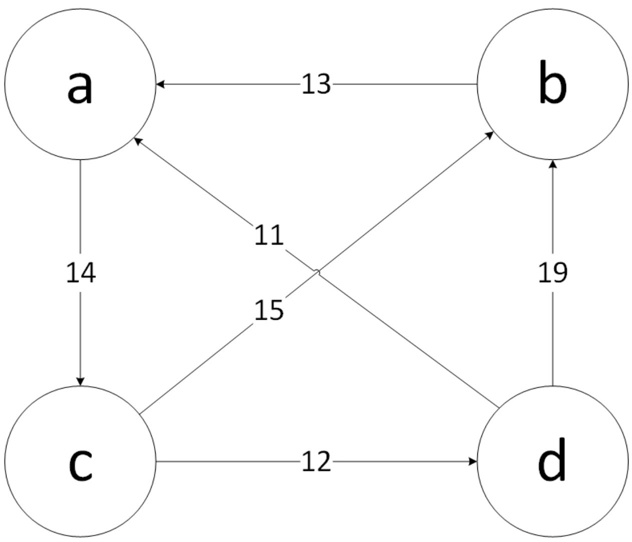

Abbildung 2: Graph über die Menge N(Beispiel 2)

Nun werden wieder die stärksten Pfade gesucht und in die Menge P eingefügt, die in Tabelle 4 zu sehen ist.

	P[*,a]	P[*,b]	P[*,c]	P[*,d]
PN[a, *]	—	14	14	12
PN[b, *]	13	—	13	12
P[c, *]	13	15	—	12
P[d, *]	13	19	13	—

Tabelle 4: Die Menge P (Beispiel 2)

Anschließend wird mit den Werten der Menge P die neu Zweikampfsituation erstellt und man erhält die Relation $\mathcal{O} = \{ab, ac, cb, da, db, dc\}$

4.3 Ergebnis

Analog zu Beispiel 1 (Abschnitt 3) wird die Relation $\mathcal{O}$ untersucht um die Menge der Sieger zu finden. In diesem Fall ist $\mathcal{S} = \{d\}$ und der Sieger ist Kandidat d. Hier sieht man, dass die Schulze Methode Probleme anderer Wahlverfahren lösen kann.

Eine Ausführliche Besprechung wie in Beispiel 1 kann in der orginal Ausarbeitung von Martin Schulze nachgelesen werden. [Schulze, 2017]

5 Implementierung

Wie implementieren wir es. Code Beispiele etc.

6 Alternative Algorithmen

6.1 Bisherige Lösungsansätze

Wie wurde dieses Problem bisher gelöst? Was ist an der Lösung schlecht und soll verbessert werden.

7 Bewertung der Methode

Bewertung auf Basis der sozialen Fragen, Anforderungen an Wahlalgorithmen.

8 Bewertung Algorithmus

Wie lange bruahct der Algorithmus? Welche Laufzeitkomplexität? Fehler? Ergebnisse aus Implementierung

9 Alternative Algorithmen

9.1 Bisherige Lösungsansätze

Wie wurde dieses Problem bisher gelöst? Was ist an der Lösung schlecht und soll verbessert werden.

10 Fazit

10.1 Abgrenzung zu anderen Algorithmen

Was macht dieser Algorithmus besser als der andere. Welche Anforderungen erfüllt er mehr?

10.2 Einsatz

Wo wird dieser Algorithmus eingesetzt. Wie können wir ihn nutzen? Einschätzung des Algorithmus.

10.3 Zukunft

Wie wird die Zukunft aussehen? Wer plant diesen Algorithmus einzusetzen?

Literaturverzeichnis

[rer. pol. Enrico Schöbel 2018] Enrico Schöbel, Dr. rer. p.: *Condorcet-Paradoxon*. https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/condorcet-paradoxon-29229/version-252842. Version: Februar 2018

[Johnson 2005] Johnson, Paul e.: *Voting Systems*. http://pj.freefaculty.org/Ukraine/PJ3_VotingSystemsEssay.pdf. Version: Mai 2005

[Prof. Dr. Hans Werner Lang 2018] Prof. Dr. Hans Werner Lang, Hochschule F.: *Mathematische Grundlagen Menge, Relation, Abbildung*. http://www.iti.fh-flensburg.de/lang/algorithmen/grundlagen/menge.htm. Version: Juni 2018

[Scheubrein 2013] Scheubrein, R.: *Computerunterstüzte Gruppenentscheidungen*. Deutscher Universitätsverlag, 2013 (Informationsmanagement und Computer Aided Team). https://books.google.de/books?id=hrAdBgAAQBAJ. – ISBN 9783663083191

[Schulze 2017] Schulze, Markus: *A New Monotonic, Clone-Independent, Reversal Symmetric, and Condorcet-Consistent Single-Winner Election Method*. http://m-schulze.9mail.de/schulze1.pdf. Version: März 2017

[Woodall 1996] Woodall, D.R.: *Monotonicity and Single-Seat Election Rules*. http://www.votingmatters.org.uk/ISSUE6/P4.HTM. Version: Mai 1996

A Anhang

A.1 Erster Anhang