

Ziel des Projektes ist es also, mithilfe eines Programms und maschinellen Lernverfahren zu ermitteln, ob die bereitgestellten Dokumente, welche aus Stackoverflow extrahiert wurden, Änderungen des Stils enthalten. Trifft dies zu wird versucht, diese Änderungen im Text zu lokalisieren.

Im Folgenden werden verwandte Werke besprochen. Daraufhin wird sich mit den Methoden, bestehend aus Datensatz, Algorithmus und Features beschäftigt. Abschließend werden die Ergebnisse dargelegt, woraufhin die Diskussion sowie Arbeitsansätze für die Zukunft und ein Fazit folgen.

II. VERWANDTE WERKE

Seit dem Jahr 2017 erscheint „*Style Change Detection*“ als Aufgabe des PAN als Teil des CLEFs (Conference and Labs of the Evaluation Forum). Seitdem wurden zahlreiche Vorgehen erprobt, um die Aufgabenstellung zu bewältigen und die bisherigen Ergebnisse zu verbessern. [5]

Iyer und Vosoughi [6] nutzen Googles BERT-Modell für die Erstellung von Worteinbettungen auf Satzebene als Repräsentation der Texte. Mit den Ausgaben aus BERT wird eine Feature-Matrix erstellt, die dann für aufeinanderfolgende Absätze und das gesamte Dokument zusammengefasst wird. Zuletzt erfolgt die Übergabe an einen Random Forest Klassifikator zum Training. Da dieses Paper beim PAN 2020 die besten Ergebnisse erzielt hat, wird es im Rahmen dieser Arbeit als State of the Art Modell betrachtet und als Baseline zur Beurteilung der Ergebnisse genutzt.

Singh et al. [7] extrahieren Eigenschaften zweier Absätze und stellen diese als Eigenschaftsvektoren dar. Anhand der Unterschiede dieser zwei Vektoren und eines Klassifikators für Logistische Regression wird die Stiländerungserkennung durchgeführt.

Deibel und Löfflad [8] kombinieren Worteinbettungen mit bekannten stilometrischen Eigenschaften. Sie nutzen ein Multi-Layer-Perceptron zur Erkennung multipler Autoren im Dokument und ein bidirektionales Long short-term memory (LSTM) zur Erkennung der Stiländerung. Dieser Ansatz iteriert nachfolgend und teilt unter Zuhilfenahme eines Attribution-Algorithmus einen Autor pro Absatz zu.

Viele der bisherigen Vorgehen extrahieren stilometrische Eigenschaften aus den vorgegebenen Textdaten und nutzen diese, um Ähnlichkeit zwischen den Absätzen festzustellen [9]–[11]. Der in der vorliegenden Arbeit verwendete Ansatz ähnelt diesem Muster. Unterschiede sind unter anderem bei der Verarbeitung der Features anzumerken.

Wie Deibel und Löfflad [8] in ihrer Arbeit anmerken, scheint die Auswahl der verwendeten Features großen Einfluss auf das Endergebnis der Style-Change-Detection-Aufgabe zu haben. So erzielten sie auch mit lediglich fünf Eigenschaften gute Ergebnisse auf dem in ihrer Arbeit verwendeten Datensatz.

In der vorliegenden Arbeit wurde hier angesetzt und nur Features verwendet, die aussagekräftig für die Problemlösung waren.

Singh et al. [12] diskutieren die Problematik, dass extrahierte Eigenschaften bei kurzen Dokumenten- bzw. Absatzlängen weniger relevante stilometrische Information bieten. Sie nutzen daher kompakte Feature-Sets, die mit dem Stil zusammenhängende Features über das gesamte Dokument sammeln.

Neben der Verwendung bekannter stilometrischer Eigenschaften wurden in verwandten Werken auch Worteinbettungen als textuelle Eigenschaften auf Wort- [13] und Satzebene

[6] zur Autorenuordnung eingesetzt. Auf die Nutzung dieser wird bei der vorliegenden Arbeit verzichtet.

III. METHODEN

A. Datensatz

Zur Lösung des in der Einleitung beschriebenen Problems liegen ein Trainingsdatensatz sowie ein Validierungsdatensatz vor. Weiterhin sind beide Datensätze unterteilt in je einen wide sowie einen narrow Datensatz. Der narrow Datensatz ist auf einen kleinen Themenbereich beschränkt, während der wide Datensatz einen größeren Themenbereich umfasst. Die Anzahl der Dokumente, die in jedem der Datensätze enthalten sind, lässt sich aus Tabelle I entnehmen.

Tabelle I
VERTEILUNG DER AUTORENANZAHL ÜBER DIE GEGEBENEN DATENSÄTZE

	1 Autor	2 Autoren	3 Autoren	Gesamt
Training-narrow	1709	853	855	3417
Training-wide	4024	1990	2015	8029
Validation-narrow	854	415	443	1442
Validation-wide	863	420	430	1713

Für die gegebenen Daten wurde zunächst eine Datenexploration ausgeführt, um deren Struktur zu analysieren. Hierbei wurde anfangs die Verteilung der Autoren über die Dokumente aller Datensätze betrachtet. Dabei stellte sich heraus, dass ein Autor in etwa doppelt so oft vorkommt wie zwei oder drei Autoren. Die genaue Aufschlüsselung der Autorenanzahl in jedem Datensatz findet sich in Tabelle I. Daher lässt sich vermuten, dass ein Autor am besten klassifizierbar ist, da dafür am meisten Daten zum Training vorhanden sind.

Im nächsten Schritt wurde analysiert, ob die Dokumente Code enthalten, welcher bei der Erstellung der Dokumente mit aus den Stackoverflow Seiten extrahiert wurde. Der gefundene Code wurde dann entfernt, da dieser, aufgrund der vorgegebenen Syntaktik, meist andere autorspezifische Merkmale aufweist als natürliche Sprache (in Textform). Obwohl vorgegeben war, dass alle Dokumente in englischer Sprache verfasst wurden, wurde als letztes die Sprache der gegebenen Dokumente untersucht, um anderssprachige Dokumente aus dem Datensatz auszuschließen. Dabei wurden Bruchstücke deutscher Sprache und Sprachen aus dem asiatischen Raum gefunden.

B. Klassifikationsmodell

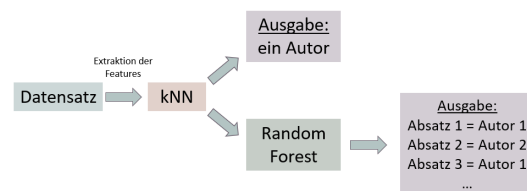


Abbildung 2. Schematische Darstellung des hier vorgestellten zwei Komponentensystems zur Autorenklassifikation

In Aufgabe 1 soll festgestellt werden, ob das Dokument von mehreren Autoren verfasst wird, ohne dass die Position des Wechsels ermittelt werden muss. Hierfür wird davon ausgegangen, dass die Features, über das komplette Dokument berechnet, sich unterscheiden, wenn nur einer oder mehrere Autoren an einem Dokument beteiligt sind. Dafür wird ein kNN-Klassifikator aus der sklearn-Bibliothek [14] von Python verwendet. Als Eingabe werden die Features genutzt, die über jedes Dokument berechnet werden. Der kNN wird mit dem Trainingsdatensatz trainiert, bevor der Validierungsdatensatz zum validieren genutzt wird. Hierfür wird die Anzahl der Nachbarn mit $k = 200$ gewählt, welche durch Testläufe ermittelt wurde. Die Anzahl der Klassen ist gleich der Anzahl an möglichen Autoren in einem Dokument. KNN bietet dabei die Möglichkeit, Dokumente mit nur einem Autor schnell auszusortieren. Somit lässt sich der mit Random-Forest-Klassifikator noch zu klassifizierende Datensatz erheblich reduzieren.

Für Aufgabe 2, also um zu erkennen, welcher Autor den jeweiligen Absatz geschrieben hat beziehungsweise zwischen welchen Absätzen eine Stiländerung stattgefunden hat, wird ein Random-Forest-Klassifikator, der scikit-learn Bibliothek für Python [14], mit verschiedenen Features genutzt. Auf die verwendeten Features wird im nächsten Abschnitt eingegangen. Diese Features werden über jeden einzelnen Absatz berechnet. Die Featurerepräsentation wird schließlich an den Random-Forest-Klassifikator übergeben, der die Absätze dann wie nachfolgend beziehungsweise in Abbildung 3 erklärt den Autoren zuordnet.

Der Ablauf der Autorenklassifikation, sowie das Zusammenspiel der beiden genutzten Klassifikatoren, wird in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

Random-Forest-Klassifikatoren haben einige Vorteile, die für die Aufgabe nützlich sind. Unter anderem sind Training sowie Voraussage schnell. Der Algorithmus kann zudem parallel implementiert werden und ist für hochdimensionale Probleme – wie Stiländerungsdetektion – geeignet. [15] Außerdem nutzt er nicht alle Daten, sodass ein ausreichend großer Evaluationsdatensatz vorhanden ist.

Die Anzahl der Entscheidungsbäume, die ein Random-Forest-Klassifikator nutzt, kann variieren. Es hat sich aber gezeigt, dass eine höhere Anzahl an Bäumen nicht zwingend bessere Ergebnisse liefert. Da der Random-Forest-Klassifikator mehrere Entscheidungsbäume auf einmal verwendet, ist auch die Gefahr des Overfittings reduziert. [15]

Da ein Autorenwechsel nur zwischen den Absätzen stattfindet, kann angenommen werden, dass der erste Absatz von Autor 1 geschrieben wurde. Wird eine Änderung zu Absatz 2 festgestellt, dann wurde dieser Absatz von einem anderen Autor (Autor 2) geschrieben, andernfalls wurde auch dieser Absatz von Autor 1 verfasst. Das wird durch das gesamte Dokument fortgeführt, wobei der dritte Absatz auch von Autor 3 geschrieben worden sein kann. Die Voraussetzung ist allerdings, dass es in Absatz 2 einen Autorenwechsel von Autor 1 zu Autor 2 gibt. Um einen dritten Autor festzustellen, werden beispielsweise Absatz 1 und Absatz 3 miteinander verglichen, um zu bestimmen, ob zwischen diesen beiden Absätzen ein

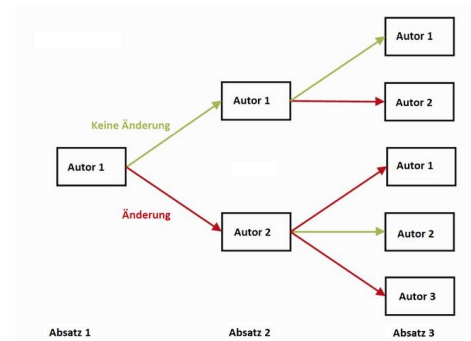


Abbildung 3. Schematische Darstellung der Autorenzuzuordnung

Autorenwechsel stattgefunden hat. Wenn es eine Änderung gab, wurde Absatz 3 von Autor 3 geschrieben, ansonsten wieder von Autor 1. Das kann man Abbildung 3 entnehmen.

Während des gesamten zuvor beschriebenen Prozesses werden alle Featuresets, die einen Autor beschreiben gemittelt, da zwei Absätze, die den gleichen Autor beschreiben eine leichte Variation der Features aufweisen. Die gemittelten Featuresets werden ab dem dritten Absatz als Referenz benötigt, um eine Autorenzuzuordnung möglich zu machen.

C. Features

Autoren können anhand von stilometrischen Features unterschieden werden. Es gibt vier Arten von solchen Features: lexikalische, syntaktische, strukturelle und inhaltsbasierte. In Tabelle II ist eine Auswahl der verwendeten Features gelistet. Es wurden hauptsächlich lexikalische Features verwendet, da sie zeigen, welche Satzzeichen und Wörter Autoren unabhängig von anderen Faktoren verwenden [16].

Um eine allgemeine Unterscheidung von Autoren zu erhalten, sollte der Ansatz nicht auf inhaltsbasierten Features aufbauen, da der Gebrauch der Wörter meist vom Inhalt abhängt und somit je nach Inhalt eines Textes stark variiert. Diese Features sind für die gegebene Aufgabe nicht optimal und weitestgehend unbrauchbar [17]. Außerdem eignen stilometrische Features sich gut für längere Texte anstelle von kurzen Nachrichten, wie z.B. Tweets, und sind somit gut für das gegebene Datenset geeignet [18].

Nachfolgend wird eine Auswahl der Features aus Tabelle II erklärt:

Ein wichtiges Feature ist der Flesch Reading Ease. Diese Formel berechnet die Lesbarkeit des Textes und bestimmt somit die Schulbildung, die der Autor benötigt hat, um den Text zu schreiben. Sie hängt von verschiedenen Faktoren ab:

$$RE = 206.835 - 84.6 * WL - 1.015 * SL \quad [19]$$

WL repräsentiert hierbei die durchschnittliche Wortlänge in Silben, SL die durchschnittliche Satzlänge. Die in der Formel vorkommenden Zahlen basieren auf Erkenntnissen der Lesbarkeitsforschung und den statistischen Häufigkeiten von Silbenlänge, Wortlänge und Satzlänge im Englischen [20]. Die Anzahl an Füllwörtern ist ebenfalls ein diskriminierendes

Feature, da die Anzahl an Synsemantika je nach Autor zwischen 150 und 675 verschiedenen Wörtern liegen kann. Synsemantika sind Wörter mit geringer inhaltlicher Bedeutung, die aber grammatikalisch wichtig sind. Ein Beispiel wäre das Wort 'dieser'. [21]

Die folgenden drei Features wurden selbst entwickelt und wurden ohne Referenzliteratur in das hier vorgestellte Modell implementiert:

Die Satzkomplexität ist ein Maß dafür, wie komplex ein Autor seine Sätze gestaltet. Dabei wird die Anzahl der im Absatz vorhandenen Kommata durch die Anzahl an Sätzen im entsprechenden Absatz geteilt. Anschließend wird dieser Wert noch auf die Anzahl aller Sonderzeichen im Text gewichtet. Der daraus entstehende Wert diskriminiert den Autor stark. Ein ebenfalls gut funktionierendes Feature stellt die Wortvarianz dar. Sie ist ein Maß für die Anzahl verschiedener Wörter in einem Text. Dabei wird diese auf die Textlänge gewichtet. Dabei sind die Wörter nicht lemmatisiert.

Das vermutlich am stärksten diskriminierende Feature aus Tabelle II ist das *Random-Forest-Feature*. Bei diesem Feature handelt es sich um eine Vorhersage, welcher Autor dem Absatz zuzuordnen ist. Diese Vorhersage stammt von einem mit allen anderen Features antrainierten Random-Forest-Klassifikator. Dieses Modell hat eine Genauigkeit von ca. 70 Prozent.

Tabelle II
ZUR DETEKTION DER SCHREIBSTILÄNDERUNGEN VERWENDETE
STILOMETRISCHE FEATURES, SORTIERT NACH IHRER ART

1.1 Lexikalisch-wortbasierte Features	
Absolute Zahl an Wörtern	Die absolute Anzahl an Wörtern pro Absatz
Relative Anzahl an kurzen Wörtern	Wörter mit 1-3 Zeichen, relativ zur Absatzlänge
Relative Satzlänge	Die Satzlänge, relativ zur Satzanzahl
Silben pro Wort [22]	Die durchschnittliche Anzahl an Silben pro Wort
Flesch Reading Ease	Genaue Beschreibung im Text
Relative Worthäufigkeit	Die Worthäufigkeit, relativ zur Absatzlänge
Wortvarianz	Genaue Beschreibung im Text
1.2 Lexikalisch-zeichenbasierte Features	
Relative Anzahl von Abkürzungen mit Sonderzeichen ' (zur Absatzlänge)	Beispiel: 'I'm, you're, c'mon
Satzkomplexität	Genaue Beschreibung im Text
2. Syntaktische Features	
Relative Anzahl an Füllwörtern	Beispiel: 'of', 'is', 'the'
3. Strukturelle Eigenschaften	
Satzanzahl	Die Anzahl der Sätze pro Absatz
Wortzahl	Die durchschnittliche Anzahl an Wörtern pro Satz
4. Sonstige Features	
Random-Forest-Feature	Genaue Beschreibung im Text
Sprache [23]	Im Text vorkommende nicht-englische Textsegmente

IV. ERGEBNISSE

Im Rahmen der ersten Aufgabe wurde die Anzahl der Autoren, welche ein Dokument verfasst haben, klassifiziert. Um den hier vorgestellten Ansatz, die Detektion der Autoren mittels kNN auf Dokumentenlevel, zu evaluieren, wurden beide zur Verfügung gestellten Datensätze verwendet. Hierfür wurden die F1-Scores für jeden Datensatz einzeln berechnet. Diese F1-Scores wurden dann klassenweise über die beiden Datensätze gemittelt. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen, wurde am Ende noch der Macro-Average-F1-Score über alle Klassen berechnet. Die Ergebnisse der Evaluation sind in Tabelle III dargestellt. Tabelle IV zeigt den erreichten Macro-Average-F1-Score des hier vorgestellten Modells sowie den Average-F1-Score des State of the Art Modells. Da in der Arbeit von Iyer und Vosoughi kein Macro-Average-F1 berechnet wurde, wird zum Vergleich der Average-F1-Score aus deren Veröffentlichung genutzt.

Tabelle III
ERGEBNISSE DER AUTORENKlassIFIKATION MITTELS KNN AUF
DOKUMENTENLEVEL FÜR JEDE Klasse

	Anzahl Autoren		
	1	2	3
gemittelte F1-Scores	0,7	0,045	0,41

Tabelle IV
GEMITTELTE ERGEBNISSE DER AUTORENKlassIFIKATION AUF
DOKUMENTENLEVEL VON DEM HIER VORGESTELLTEN MODELL SOWIE
DEM STATE OF THE ART MODELL

	Macro-Average-F1	Average-F1
Engler(2022)	0,385	—
State of the Art	—	0,856

Im Rahmen der zweiten Aufgabe sollte für die Dokumente, welche von mehreren Autoren verfasst wurden, festgestellt werden, zwischen welchen Absätzen der Autorenwechsel stattfindet. Auch hierfür wurden zur Evaluation des hier vorgestellten Modells, welches einen Random-Forest-Klassifikator auf Absatzlevel nutzt, beide Datensätze ausgewertet. Hierfür wurde zunächst für beide Datensätze der Micro-Average-F1-Score berechnet. Anschließend wurde der Micro-Average-F1-Score über beide Datensätze gemittelt. Die Ergebnisse der Evaluation sind in Tabelle V dargestellt.

Tabelle V
ERGEBNISSE DER AUTORENKlassIFIKATION MITTELS RANDOM FOREST
AUF ABSATZLEVEL INKLUSIVE VERGLEICH ZUM MOMENTANEN STATE OF
THE ART VON IYER UND VOSOUGHI

	Micro-Average-F1
Engler(2022)	0,859
State of the Art	0,856

V. DISKUSSION

Vergleicht man für die erste Aufgabe den Macro-Average-F1-Score des hier vorgestellten Modells im Gegensatz zum

Average-F1-Score des State of the Art Modells fällt zunächst auf, dass das hier vorgestellte Modell schlechter abschneidet. Dieser niedrige Wert erklärt sich dadurch, dass das hier vorgestellte Modell bei Dokumenten, welche von mehreren Autoren geschrieben wurden, nicht optimal differenzieren kann, ob das Dokument nun von zwei oder drei Autoren verfasst wurde. Allerdings zeigt sich, dass die Klassifikation von Dokumenten, welche nur einen Autor haben, stabil möglich ist. Dies ist für das Modell vollkommen ausreichend, da es als Zweikomponentensystem aufgebaut ist. Im ersten Schritt wird nur klassifiziert, ob ein Dokument mehrere Autoren hat oder nicht. Wie viele Autoren ein Dokument genau hat ist, erst einmal irrelevant. Im zweiten Schritt werden dann die Dokumente mit mehreren Autoren weiterverarbeitet. Durch diese Art der Datenverarbeitung reduziert sich die Größe des Datensatzes, da Dokumente, welche von nur einem Autor geschrieben wurden, nicht weiterverarbeitet werden müssen.

Vergleicht man den aktuellen State of the Art mit dem hier vorgestellten Modell fällt auf, dass das vorgestellte Modell eine minimal bessere Klassifikation erreicht. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass das vorgestellte Modell das Problem der Autorenklassifizierung leicht abstrahiert, um eine leichtere Klassifikation zu ermöglichen. Während Iyer und Voutsougi mithilfe eines Random-Forest-Klassifikators direkt klassifizieren, welcher Autor welchem Absatz zuzuordnen ist, klassifiziert das hier vorgestellte Modell, ob zwischen den Absätzen ein Autorenwechsel stattgefunden hat. Der Autor wird dann über den Wechsel bestimmt, wobei zur Vereinfachung die Annahme getroffen wird, dass Absatz eins auch immer von Autor eins geschrieben wurde. Da es jedoch in den gelabelten Validierungsdatensätzen auch Dokumente gibt, in denen der erste Absatz nicht von Autor eins geschrieben wurde, führt dies zu als falsch gekennzeichneten, aber dennoch richtig klassifizierten Dateien. Ein weitere Problematik wird dadurch eingeführt, dass jedem Klassifikationsvorgang Fehler innewohnen. Da in dem hier vorgestellten Modell für jeden Absatz eine Klassifikation durchgeführt wird, potenziert sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler auftritt, je höher die Anzahl der Absätze pro Dokument ist. Außerdem beeinflussen kurze Absätze das Klassifikationsergebnis stark. Die Featurebildung über kurze Absätze hat nur eine geringe Aussagekraft und ist somit nur wenig für die Klassifikation geeignet.

Da Iyer und Vosoughi zur Klassifikation Worteinbettungen verwendet haben, wohingegen der hier vorgestellte Ansatz klassische stilometrische Features nutzt, ist auch ein Vergleich dieser Featuresets möglich. Betrachtet man die Ergebnisse der beiden Arbeiten zeigt sich, dass beide Sets ähnlich gute Ergebnisse liefern. Es zeigt sich außerdem, dass das Ergebnis der Klassifikation nicht zwangsläufig durch die Verwendung einer höheren Anzahl an Features verbessert wird. Wichtiger ist es hierbei darauf zu achten, dass die ausgewählten Features den zu klassifizierenden Text möglichst gut repräsentieren.

VI. ZUKÜNFTIGE ARBEIT

Um den hier genutzten Ansatz zu verbessern, könnte man das Featureset weiter optimieren oder das vorgestellte Featu-

reset mit einem anderen Klassifikator evaluieren. Bisher nutzt der Ansatz das Feature „Wortvarianz“, um zu differenzieren, wie variabel ein Autor in seiner Wortwahl ist. Hierbei werden momentan noch verschiedene Formen desselben Wortstamms als verschiedene Worte gezählt. Ein weiterer Verbesserungsansatz wäre also eine Lemmatisierung durchzuführen, um das „Wortvarianz“ Feature weiterzuentwickeln. Ein weiteres Problem des Ansatzes ist bislang der Umgang mit kurzen Absätzen, welches sich durch eine geeignete Gewichtung der Features ausgleichen ließe. Des Weiteren könnte man den Ansatz überarbeiten, sodass statt dem Wechsel des Autors, der Autor direkt klassifiziert wird.

VII. FAZIT

In diesem Paper wird die Detektion der Schreibstiländerung zur Autorenuordnung mithilfe stilometrischen Features vorgestellt, um sie der Nutzung von Worteinbettungen gegenüberzustellen, welche dem in dieser Arbeit gewählten State of the Art entspricht. Dafür wird die Aufgabe der Autorenunterscheidung in zwei Fragen unterteilt. Die Frage, welche Dokumente von einem Autor oder von mehreren geschrieben wurden, wird mit Hilfe eines kNN beantwortet, während die genaue Erkennung des Wechsels innerhalb des Dokumentes mit einem Random-Forest-Klassifikator ermittelt wird. Durch die Unterteilung in zwei Fragen wird der Datensatz für den Random-Forest-Klassifikator deutlich verkleinert und damit die benötigte Laufzeit verkürzt. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass dieser Ansatz bei wenigen Autoren durchaus geeignet ist.

LITERATUR

- [1] E. Zangerle, M. Tschuggnall, G. Specht, M. Potthast, B. Stein, Overview of the Style Change Detection Task at PAN 2019, in: L. Cappellato, N. Ferro, D. Losada, H. Müller (Eds.), CLEF 2019 Labs and Workshops, Notebook Papers, CEUR-WS.org, 2019.
- [2] Nath, S. (2021). Style change detection using Siamese neural networks.
- [3] E. Dauber, R. Overdorf, R. Greenstadt, Stylometric Authorship Attribution of Collaborative Documents, in: S. Dolev, S. Lodha (Eds.), Cyber Security Cryptography and Machine Learning - First International Conference, CSCML 2017, Proceedings, volume 10332 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2017, S. 115–135.
- [4] E. Zangerle, M. Mayerl, G. Specht, M. Potthast, B. Stein. Overview of the Style Change Detection Task at PAN 2020. In L. Cappellato, C. Eickhoff, N. Ferro, A. Nèveol, editors, CLEF 2020 Labs and Workshops, Notebook Papers, September 2020. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2696/>.
- [5] Pan Webis Group (2021). Shared Tasks. PAN. URL: <https://pan.webis.de/shared-tasks.html#style-change-detection>.
- [6] A. Iyer and S. Vosoughi. Style Change Detection Using BERT—Notebook for PAN at CLEF 2020. In Linda Cappellato, Carsten Eickhoff, Nicola Ferro, and Aurélie Nèveol, editors, CLEF 2020 Labs and Workshops, Notebook Papers, September 2020. CEUR-WS.org.
- [7] J. Weerasinghe, R. Singh, and R. Greenstadt. Feature Vector Difference based Authorship Verification for Open-World Settings—Notebook for PAN at CLEF 2021. In Guglielmo Faggioli et al., editors, CLEF 2021 Labs and Workshops, Notebook Papers, September 2021. CEUR-WS.org.
- [8] R. Deibel and D. Löfflad. Style Change Detection on Real-World Data using an LSTM-powered Attribution Algorithm—Notebook for PAN at CLEF 2021. In Guglielmo Faggioli et al., editors, CLEF 2021 Labs and Workshops, Notebook Papers, September 2021. CEUR-WS.org.

- [9] D. Castro-Castro, C. Alberto Rodríguez-Losada, and R. Muñoz. Mixed Style Feature Representation and B0-maximal Clustering for Style Change Detection—Notebook for PAN at CLEF 2020. In Linda Cappellato, Carsten Eickhoff, Nicola Ferro, and Aurélie Névél, editors, CLEF 2020 Labs and Workshops, Notebook Papers, September 2020. CEUR-WS.org.
- [10] E. Zangerle, M. Tschuggnall, G. Specht, M. Potthast, B. Stein. Overview of the Style Change Detection Task at PAN 2019. In L. Cappellato, N. Ferro, D. Losada, H. Müller (Eds.), CLEF 2019 Labs and Workshops, Notebook Papers, 2019. CEUR-WS.org.
- [11] E. Dauber, R. Overdorf, R. Greenstadt. Stylometric Authorship Attribution of Collaborative Documents. In S. Dolev, S. Lodha (Eds.), Cyber Security Cryptography and Machine Learning - First International Conference, CSCML 2017, Proceedings, volume 10332 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2017, S. 115–135.
- [12] R. Singh, J. Weerasinghe, and R. Greenstadt. Writing Style Change Detection on Multi-Author Documents—Notebook for PAN at CLEF 2021. In Guglielmo Faggioli et al., editors, CLEF 2021 Labs and Workshops, Notebook Papers, September 2021. CEUR-WS.org.
- [13] K. Safin and R. Kuznetsova. Style Breach Detection with Neural Sentence Embeddings—Notebook for PAN at CLEF 2017. In Linda Cappellato, Nicola Ferro, Lorraine Goeuriot, and Thomas Mandl, editors, CLEF 2017 Evaluation Labs and Workshop – Working Notes Papers, 11-14 September, Dublin, Ireland, September 2017. CEUR-WS.org.
- [14] <https://scikit-learn.org>
- [15] A. Cutler, D.R. Cutler, J.R. Stevens. Random Forests. Ensemble Machine Learning, Springer, New York, 2012, pp. 157-175.
- [16] S. Elmanarelbouanani and I. Kassou. Authorship Analysis Studies: A Survey. International Journal of Computer Applications, 86, 2013.
- [17] R. Zheng and J. Li and H. Chen and Z. Huang. A framework for authorship identification of online messages: Writing-style features and classification techniques. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 57(3), 378–393, 2006. doi:10.1002/asi.20316.
- [18] B. Stein and N. Lipka and P. Prettenhofer. Intrinsic plagiarism analysis. Lang Resources and Evaluation 45, 63–82, 2011. URL: <https://doi.org/10.1007/s10579-010-9115-y>.
- [19] Ryte GmbH (2022) Flesch-Reading-Ease <https://de.ryte.com/wiki/Flesch-Reading-Ease> [abgerufen am 25.02.2022]
- [20] A. Bailin, A. Grafstein. Readability: Text and Context. PALGRAVE MACMILLAN, pp. 35-38, 2016.
- [21] Bibliographisches Institut GmbH (2022) Synsemantikon. URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Synsemantikon> [abgerufen am 25.02.2022]
- [22] N. Batchelder. Hyphenation. 2007. URL: <https://nedbatchelder.com/code/modules/hyphenate.html> [abgerufen am 27.02.2022]
- [23] M. Danilak. langdetect. URL: <https://pypi.org/project/langdetect/> [abgerufen am 27.02.2022]