

Wie schreibe ich eine wissenschaftliche Arbeit? *

Werner Horn

Institut für Medizinische Kybernetik und Artificial Intelligence
Zentrum für Hirnforschung
Medizinische Universität Wien
Freyung 6, A-1010 Wien, Austria
werner@ai.univie.ac.at

Zusammenfassung Diese Arbeit bildet die Grundlage für den zweiten Teil des “Proseminars: Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens”. Sie gibt eine kurze Übersicht zu Aspekten, die beim *Schreiben* einer wissenschaftlichen Arbeit relevant sind. Dies umfaßt eine Klassifikation des Typs der wissenschaftlichen Arbeit, einen Abriß über den inhaltlichen Aufbau einer Arbeit, eine Analyse des Publikationsprozesses, sowie die Spezifikation der Anforderungen an die Proseminarteilnehmer.

1 Einleitung

Das *Proseminar: Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens* des Instituts für Medizinische Kybernetik und Artificial Intelligence der Universität Wien beschäftigt sich mit den wichtigsten Aspekten, die bei einer zielführenden und gut geplanten wissenschaftlichen Arbeit zu berücksichtigen sind. Jede Forschungstätigkeit versucht neue Aspekte und Erkenntnisse aufzuspüren, indem Hypothesen aufgestellt, Experimente durchgeführt und letztendlich Resultate erzielt werden, die die existierenden Hypothesen stützen oder falsifizieren.

Eine wichtige Grundlage der wissenschaftlichen Arbeit ist die Kenntnis des Standes der Forschung, einerseits um zu wissen, welche Ergebnisse andere Forscher erzielt haben – wir wollen ja nicht das Rad neu erfinden –, andererseits um unsere eigenen Ergebnisse im Licht der Erkenntnisse anderer Forscher zu diskutieren. Der erste Teil des Proseminars hat sich daher mit der Literatursuche beschäftigt sowie der Analyse, welche Relevanz diese Literatur für unser Forschungsgebiet hat.

Wenn man nun Forschungsergebnisse erzielt hat, so ist es (normalerweise) wichtig, daß diese Ergebnisse allgemein bekannt werden. Das heißt, man muß die Ergebnisse publizieren. Dieser zweite Teil des Proseminars – die Publikation – wird in dieser Arbeit behandelt.

Eine weitere Methode Ergebnisse verfügbar zu machen, ist der Vortrag. Dies wird im dritten Teil des Proseminars besprochen.

Einleitend sei noch bemerkt, daß die wissenschaftliche Arbeit das entscheidende Kriterium ist, um die Qualifikation eines Wissenschafters zu bewerten. Daher ist es notwendig der Publikation großes Augenmerk zu widmen. Nicht zuletzt hat ja auch

* ©1995–2003, Werner Horn, Wien

die Diplomarbeit den Charakter einer wissenschaftlichen Arbeit – und sie stellt ja das entscheidende Qualifikationskriterium für den angehenden Diplomingenieur dar.

In Kapitel 2 werden die Arten von Publikationen beschrieben, Kapitel 3 zeigt den Aufbau einer wissenschaftlichen Arbeit, der Publikationsprozeß ist in Kapitel 4 beschrieben und Kapitel 5 definiert die Anforderungen an die Proseminarteilnehmer.

2 Arten von Publikationen

Damit der Wissenschaftler dem Motto “Scientists must write” [1] gerecht werden kann, ist die erste Frage “Was schreibe ich?” Diese inhaltliche Frage (auf die wir hier nicht eingehen) wird sofort begleitet von der Frage “Was ist das geeignete Publikationsmedium?”

In Bezug auf das Medium kann man nachstehende Arten von Publikationen unterscheiden, wobei hier insbesondere auf den Reviewing-Prozeß eingegangen wird. Peer Reviewing bedeutet, daß die Arbeit von bekannten Wissenschaftlern (anonym) vor der Publikation gelesen wird und diese die Arbeit als geeignet oder ungeeignet (für das Journal oder den Kongreß) bewerten, bzw. Verbesserungsvorschläge retournieren.

- Bericht (Report): hier handelt es sich meist um die Schriftenreihe einer Institution (oder Firma), die es ermöglicht, sehr schnell Ergebnisse zu veröffentlichen. Reports unterliegen keinem Review-Prozeß. Sie sind heute normalerweise via WWW verfügbar.
- Beitrag in einem Kongreßband (Proceedings Paper): Meist kurze Beiträge (3-12 Seiten), die einen ersten Einblick über Forschungsergebnisse liefern. Meistens wird über laufende, das heißt noch nicht abgeschlossene Projekte berichtet. Ein qualitativ wertvoller Kongreß beinhaltet einen Reviewingprozeß. Ein Indikator für die Qualität eines Kongresses ist der Anteil der abgelehnten Arbeiten (zum Beispiel IJCAI – die Top-Konferenz im Bereich “Artificial Intelligence” – hat eine Akzeptanzrate von ca. 30%).
- Beitrag in einem Journal: Die Ergebnisse einer (abgeschlossenen) wissenschaftlichen Arbeit wird man in einem geeigneten Journal veröffentlichen. Es handelt sich dabei um einen längeren (z.B. 30 Seiten) in sich geschlossenen Beitrag, der strengem Reviewing unterliegt.

Kongreßbeiträge werden heute camera-ready geschrieben. Der Autor liefert sie in druckreifer Qualität (Laserdrucker), wobei manchmal der Verlag die Vorlage noch verkleinert. Meist wird der Proceedingsband schon beim Kongreß an die Teilnehmer verteilt, daher ist bei Proceedingsbeiträgen ein sehr genauer und knapper Zeitplan einzuhalten.

Journale werden in ihrer Qualität nach der Zitierungsrate bewertet. Diese gibt an, wie oft im Durchschnitt eine (beliebige) Arbeit dieser Zeitschrift innerhalb eines gewissen Zeitraums (meist 2 Jahre) zitiert wird. Der *Journal Citation Report (JCR)* gibt darüber Auskunft (Anhang 1 gibt ausschnittsweise den JCR für Computer Science – Artificial Intelligence wieder). Selbstzitate, d.h. der Autor zitiert seine eigenen Arbeiten, sollten dabei ausgeschlossen sein (sind leider im JCR enthalten).

- Buchbeitrag: ein Buchbeitrag ähnelt einem Kongreß- oder Journalbeitrag, wobei das Buch sich meist auf ein enges geschlossenes Thema konzentriert. Buchbeiträge sind sehr oft eingeladene Beiträge, die einem Reviewing unterliegen können.
- Diplomarbeit, Dissertation: eine umfangreiche Arbeit zur Erlangung eines akademischen Grades. Das Reviewing erfolgt durch eine Prüfungskommission (oder einen Einzelprüfer).
- Buch: Eine geschlossene Darstellung eines Wissenschaftsgebietes von gewichtigem Umfang. Die Qualität eines Buches wird (sehr indirekt) durch den Verkaufserfolg gemessen.
- Technische Dokumentation, User Manual, Reference Manual: diese Arbeiten sind nicht als wissenschaftliche Arbeit zu bewerten, da sie weniger über wissenschaftlich neue Ergebnisse sondern mehr über technische Details berichten. Trotzdem soll ihre Wichtigkeit nicht unbeachtet bleiben.

Letztendlich entscheidet der Leser über die Qualität einer Arbeit. Das Renommee (und eher selten auch das Einkommen) eines wissenschaftlichen Autors steigt mit der Häufigkeit der Nachfrage. Wie stark die Nachfrage ist wird man indirekt aus der Anzahl der Zitierungen ablesen. Dazu kann einerseits der oben erwähnte Journal Citation Report herangezogen werden, andererseits bewährt sich dieser eher wenig in einem relativ neuen und ständigem Wandel unterliegenden Gebiet wie der *Artificial Intelligence*. Daher wurde an unserem Institut eine explizite Bewertung der Qualität von Journalen und Konferenzbeiträgen nach den drei Kategorien *Top*, *Standard* und *Other* vorgenommen.

3 Aufbau einer wissenschaftlichen Arbeit

Eine wissenschaftliche Arbeit sollte neben ihrem Inhalt auch durch ihre Klarheit überzeugen. Dies bedeutet, daß dem Leser ein klares Bild vermittelt werden muß, welche Thematik die Arbeit behandelt, welche Daten und Methoden verwendet und entwickelt wurden, welche Ergebnisse erzielt wurden und wie diese Ergebnisse im Licht internationaler Forschungsergebnisse zu sehen sind.

Daraus ergibt sich folgende Struktur für den Aufbau einer Arbeit (eine detaillierte Analyse ist in Day [2] zu finden):

- **der Titel:** die kürzeste Zusammenfassung einer Arbeit ist der Titel.
- **die Autoren:** alle Personen, die maßgeblich an der Arbeit beteiligt waren, sollten inkludiert sein. Die/der ErstautorIn hat meist besonderes Gewicht, da angenommen wird, daß sie/er den Hauptanteil der Forschungsarbeit durchgeführt hat. In einer gleichwertigen ForscherInnengruppe wird man sich bei den Erstautoren abwechseln. Das Problem der Erstautorenschaft wird manchmal durch die alphabetische (und invers alphabetische) Reihenfolge umgangen. Wichtig ist es, die *Affiliation*, das heißt die Institutszugehörigkeit der einzelnen Autoren richtig anzuführen.
- **das Abstract:** Das Abstract ist eine maximal 200 Worte lange Zusammenfassung des Inhalts der Arbeit. Es sollte prägnant und klar sein – nicht zuletzt da manche Reviewer sich ein Urteil schon nach dem Lesen des Abstracts bilden.
If you can tell your story in 100 words, do not use 200. [2]

- **die Einleitung:** sie liefert ausreichenden Hintergrund für den Leser, so daß er sich mit den Resultaten der beschriebenen Arbeit ohne langes Suchen in Sekundärliteratur auseinandersetzen kann. Auch sollte die Motivation für die vorliegende Arbeit klargelegt werden, sowie die Zielsetzung, die man erreichen will.

Wichtig ist es, den Leser auf das Kommende vorzubereiten – das überraschende Ende gehört eher in den Kriminalroman.

- **Ausgangsdaten und Methoden:** der im Englischen treffender “Materials and Methods” genannte Abschnitt bildet das methodische Kernstück der Arbeit. Es soll in ausreichendem Detail die verwendeten Ausgangsdaten, sowie die angewandten Methoden aufzeigen. Das Grundprinzip sollte hier sein, daß der Leser die durchgeführten Verfahren und Experimente wiederholen können sollte – zumindest im Prinzip.

Es ist äußerst verwerflich, die Einmaligkeit seiner Forschungsergebnisse dadurch zu beweisen, daß sie nur einmal erzielt werden konnten.

- **Resultate:** der wichtigste Teil der Arbeit ist die Präsentation der Resultate. Dieser Teil kann auch kurz sein, wenn die vorgestellten Daten ausreichend repräsentativ sind. Wichtig ist es hier ein *Gesamtbild* aufzuzeigen und dieses kristallklar darzustellen.

- **Diskussion und Conclusio:** Hier wird man auf Konsequenzen, die sich aus den Resultaten ergeben, eingehen. Dazu gehören mögliche Generalisierungen, Sonderfälle, Weiterentwicklungen, sowie eine Diskussion der Arbeit in Hinblick auf die in der Einleitung angeführte internationale Literatur.

Die Conclusio setzt dann den Endakkord. Meist ist der Autor hier schon total erschöpft – doch Reviewer haben ein Faible für Abstract und Conclusio!

- **Danksagung:** das Acknowledgement ist der geeignete Ort all jene anzuführen, die entweder in der Autorenliste keinen Platz mehr fanden oder die dafür gesorgt haben, daß die Durchführung der Experimente nur 3 Jahre gedauert hat, weil man eine Workstation anstelle eines Taschenrechners benutzen konnte (die hat allerdings jetzt nach 3 Jahren auch nur mehr die Performanz eines besseren Taschenrechners).
- **Literatur:** Die Literaturliste muß exakt jene Referenzen enthalten, auf die man vorher verwiesen hat – nicht mehr und nicht weniger. Die Literaturliste ist sortiert nach AutorInnennamen und Erscheinungsjahr, sehr selten in der Reihenfolge der Zitierungen in der Arbeit.

Besonders in der Einleitung wird man zu jeder angeführten Arbeit auch zumindest eine Originalreferenz anzuführen. Man wird dabei üblicherweise die neueste Arbeit anführen, oder eine ausführliche Arbeit der AutorIn in einem Journal. Sicher wird man auch das Standardwerk – den *Klassiker* – des Forschungsbereiches zitieren. Das Prinzip ist, daß zumindest die erste Erwähnung der Arbeit mit einer Literaturreferenz belegt werden muß. Hoffentlich hat man nicht vergessen die Arbeiten der Reviewer zu zitieren.

Wie zitiert wird ist vom Publikationsmedium abhängig: entweder numerisch [1] oder nach Name und Jahr [Barrass, 1978], manchmal auch verkürzt: [BAR78].

4 Der Publikationsprozeß

Der Weg bis zum Resultat ist lang und steinig. Doch noch trauriger ist es, wenn man am Schluß erst alle Teile mühevoll zusammensuchen muß (siehe Abbildung 4).

Abbildung 1. If you think of your report as part of your investigation, not as a duty to be undertaken when your work is otherwise complete, questions such as when to start writing or which part to write first do not arise [1].

Nur wenige werden auf Anhieb den genialen Wurf hinlegen – auch der Wissenschaftsbetrieb kennt den langsamen Aufstieg: vom Report zur nationalen Konferenz, weiter zur internationalen Konferenz, zum Standardjournal bis hin zum Beitrag im Topjournal. Auch Fertigstellungsgrad des Projektes und die Wahl des geeigneten (internationalen) Diskussionsforums bilden Selektionskriterien für die oben genannten Publikationsmedien. Dabei wird man sich als erstes natürlich ansehen, wie Arbeiten im angepeilten Konferenzband oder Journal aussehen. Dies erledigt sich jedoch meist von selbst, wenn die Literaturrecherche mit Akribie und Sorgfalt durchgeführt wurde.

Hat man sich für ein Publikationsmedium entschieden, wird man die Arbeit entsprechend den vorgegebenen Formatspezifikationen verfassen. An Journaleditors liefert man meist ein Manuskript, das heißt eine Rohversion mit großem Zeilenabstand und breiten Rändern. Die Abbildungen werden am Ende beigelegt. Konferenzen verlangen oft eine Version, die weitgehend der endgültigen druckreifen (camera-ready) Fassung entsprechen soll. Diese sendet man an die Programme Chairperson (zeitgerecht am Tag der Deadline).

Manche erhalten dann als Antwort eine traurige Mitteilung (Abbildung 2).

Abbildung 2. Das Ablehnungsschreiben [2].

Die Erfolgreichen bekommen ein Akzeptanzschreiben, das meist auch Kommentare der Reviewer enthält, die dann in die Endversion einzuarbeiten sind.

Die Endversion liefert man dann entweder als Manuskript an den Verlag, der den Beitrag dann setzt und *Galley Proofs* zurücksendet, die man nochmals korrigieren muß. Der heute im Zeitalter des *Desktop Publishing* häufiger beschrittene Weg ist jener der *camera-ready Version*, die genau den Formatangaben des Verlags entsprechen muß. Der Verlag druckt dann direkt von der gelieferten Vorlage (manchmal auch verkleinert).

Ist die Arbeit erschienen, nimmt man sie ins Publikationsverzeichnis auf (oder auch schon vorher). Bei Journalen bekommt man meist kostenlos einige *Reprints*, das heißt Originalkopien der eigenen Arbeit, die man dann an die befreundeten Wissenschaftler verteilt – auf daß man häufig zitiert werde. Bei Konferenzbeiträgen bewährt sich für diesen Zweck der normale Kopierer.

Damit sollte, so hoffe ich, doch einiges Grundsätzliches klarer geworden sein. Wir können uns nun der Aufgabe zuwenden, die im Rahmen des Proseminars zu bewältigen ist.

5 Die Aufgabe

Die Aufgabe des zweiten Teils des Proseminars besteht darin, einen (fiktiven) Kongreßbeitrag zu schreiben. Diese Arbeit gibt, ausgehend von den im ersten Teil gefundenen Literaturstellen, einen thematischen Überblick zum gewählten Themenkreis. Wir nehmen an, daß das Reviewing positiv durchlaufen wurde (obwohl die Konferenz an sich keine Überblicksbeiträge akzeptiert). Nun muß die Arbeit in druckreifer Form (camera-

ready) abgeliefert werden. Es werden nur Arbeiten angenommen, die exakt den beigefügten Spezifikationen der “Lecture Notes of Computer Science” des Springer Verlags, Berlin [3] entsprechen. Die Arbeit muß mindest 3 volle Seiten haben und sie darf maximal 4 Seiten haben. Arbeiten, die nach der Abgabedeadline einlangen, können nicht berücksichtigt werden.

6 Zusammenfassung und Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschreibt in selbstreferenzierender Weise jenes, was zu tun ist. Das Format entspricht genau jenem, welches gefordert ist. Struktur und Inhalt versuchen auch mitzuhalten – soweit es möglich ist.

Beim Schreiben jeder Arbeit sollte man sich klar darüber sein, daß die Reviewer folgende Fragen beantworten müssen:

Paßt die Arbeit zum Journal (zur Konferenz)? Wie groß ist der Neuheitswert der Arbeit (Originality)? Wie hoch ist die Qualität der beschriebenen Methoden? Ist die Arbeit gut strukturiert? Wird sie mit großer Klarheit präsentiert?

Diese Fragen sollte man sich daher zuerst selbst und den MitautorInnen stellen. Dann wird die Antwort der Reviewer weniger hart sein.

Der Weg ist nun klar – er muß nur noch besritten werden. Und nicht vergessen: das Ende ist hart, aber es wird einen bleibenden Eindruck hinterlassen (Abbildung 3).

Abbildung 3. The end of any composition should be a rounding off. It should leave the reader with a lasting impression of the work [1].

Danksagung

Für wertvolle Diskussionsbeiträge sei hier Robert Trappl, Gerhard Widmer, Christian Holzbaur, Harald Trost, Ernst Buchberger und Georg Dorffner gedankt.

Literatur

1. R. Barrass: *Scientists Must Write*. Chapman & Hall, London, 1978.
2. R.A. Day: *How to Write and Publish a Scientific Paper*. ISI Press, Philadelphia, 1979.
3. A. Hofmann, I. Beyer, A. Kramer, E. Siebert-Cole, A. Bernauer-Budiman, M. Wiese, A. Bürk: Lecture Notes in Computer Science: Authors' Instructions for the Preparation of Camera-Ready Contributions to LNCS/LNAI Proceedings. Springer, Berlin, 2002.

Anhang 1: SCI Computer Science 2000

Der Journal Citation Report (JCR) des Institute for Scientific Information (ISI), Philadelphia, Penn., gibt die durchschnittliche Zahl der Zitierungen eines Artikels der Zeitschrift pro Jahr an (berechnet als die Anzahl der Zitierungen von Artikeln der Zeitschrift aus den letzten 2 Jahren dividiert durch die Anzahl der Artikel). Selbstzitate (ein Autor zitiert seine eigene Arbeit in einem anderen Journal) sind nicht entfernt.

Der Journal Citation Report 2000 für den Bereich *Computer Science, Artificial Intelligence* ist ausschnittsweise in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben. Es sind jene 20 Journale (von 72) angeführt, die den besten Impact Factor haben.

Journal	JCR 2000
COGNITIVE BRAIN RES	2.733
NEURAL COMPUT	2.702
ARTIF LIFE	2.541
IEEE T PATTERN ANAL	2.094
ARTIF INTELL	2.029
DATA MIN KNOWL DISC	1.931
IEEE T FUZZY SYST	1.873
INT J COMPUT VISION	1.835
ARTIF INTELL MED	1.793
CHEMOMETR INTELL LAB	1.462
AI MAG	1.447
MACH LEARN	1.447
NEURAL NETWORKS	1.221
IEEE T NEURAL NETWOR	1.096
COMPUT INTELL	1.091
PATTERN RECOGN	1.077
J ARTIF INTELL RES	1.064
KNOWL ENG REV	1.025
APPL ARTIF INTELL	1.017
IEEE INTELL SYST APP	1.000