



Anforderungen an Inhalt und Form wissenschaftlicher Arbeiten

Ohne die richtige Dokumentation und Darstellung können experimentelle oder analytische Untersuchungen sowie Konstruktionsausarbeitungen ihren eigentlichen Zweck, die Weitergabe von technischem Wissen, nicht erbringen. Die Qualität ingenieurmäßiger Arbeit kann nur dann deutlich werden, wenn der zugehörige Technische Bericht in Inhalt und Form den international genormten Anforderungen entspricht (siehe Abb. 1).

- **Titelblatt (Deckblatt)** mit aussagefähigem Titel und Angaben über Verfasser (Protokollführer, Vor- und Zuname), Arbeitsgruppe (Versuchsteilnehmer, Vor- und Zuname, Laborgruppe, Semestergruppe), Arbeitsbereich, Ort, Berichtszeitraum (Datum).
- **Inhaltsverzeichnis (Gliederung):** u.a. mit Kapitelnummern, -überschriften und Angabe der Seitenzahlen.
- **Liste der Abkürzungen und Formelzeichen:** alphabetische Listung (erst lateinische, dann griechische Zeichen) aller im Bericht auftretenden Abkürzungen und Formelzeichen mit Nennung von Einheit und Bedeutung.
- **Kurzreferat/Zusammenfassung (Ziel, Zweck und Ergebnis):** Darstellung von Ziel und Inhalt der Arbeit auf nicht mehr als einer Seite; Zweck ist die rationelle Vermittlung eines Kurzüberblicks über Ziele und Ergebnisse der Arbeit.
- **Textteil**
 - 1 **Einleitung:** Hinführung zum Thema, Beginn des gegliederten Textteils, jedoch noch ohne konkrete Sachaussage im Sinne der Aufgabe; erforderlich bzw. üblich nur bei umfangreichen Arbeiten.
 - 2 **Einführung in das Wissensgebiet:** mit Darstellung der für das Verständnis erforderlichen Grundlagen (z. B. Einordnung in eine Systematik, Beschreibung einer Technologie, Beschreibung der theoretischen Grundlage zur Berechnung von Werten).
 - 3 **Aufgabenstellung:** Erläuterung der Zielsetzung für die Untersuchung; vollständige Darstellung bzw. Festlegung der Anforderungen und Randbedingungen; Begründung der Wahl des Arbeitsablaufs bzw. des Lösungsweges; Präzisierung der Planung durch konkrete Vorgaben, ggf. Festlegung von Probenbenennungen.
 - 4 **Einrichtungen, Geräte und Versuchsaufbau:** Vorstellung und Erklärung der wesentlichen Versuchseinrichtungen, Messwertaufnahmen, Maschinen, Gerätschaften, Materialien, Versuchsunterlagen in Textform.
 - 5 **Darstellung des Arbeitsablaufs/Versuchsdurchführung:** Beschreibung der auszuführenden Tätigkeiten für die Durchführung und Dokumentation (keine Ergebnisse oder Interpretationen).
 - 6 **Auswertung mit Interpretation:** übergreifende Darstellung und Wertung als Ergebnis-Aussage, Vergleich der ermittelten Werte mit den erwarteten Ergebnissen (z. B. aus Fachliteratur), Schlüsse und Folgerungen, Kritik, weiterführende Anregungen; Abschluss des Textteils.
- **Schrifttum:** geordnete Auflistung der für die Arbeit verwendeten Literatur mit Angabe von Verfasser, Titel, Fundort (bei Zeitschriftenartikeln), Verlag, Erscheinungsjahr; Normen und Richtlinien sind gesondert zu listen. Auch Internetquellen werden hier aufgeführt (mit komplettem Hyperlink und Datum).
- **Anhang:** ergänzende Unterlagen, die nicht im Textzusammenhang dargestellt werden; Protokolle, Urlisten, Datenblätter, Registrierschriebe, Auswertebögen, Rechnerprogramme und -ausdrucke, zusätzliche Bilder etc., die zum Überprüfen der in der Arbeit vorgelegten Datenaufbereitung erforderlich sind; die Form ist hier weitgehend freigestellt; geordnete Vorlage ist jedoch erforderlich, ein Verzeichnis ist voranzustellen. Der Anhang hat keine Seitenzahlen.

Abb. 1 – Bestandteile eines wissenschaftlichen Berichtes und Gliederung des Textteils

Schon bei der Planung einer Arbeit sind die entsprechenden Anforderungen zu berücksichtigen. Die Vorbereitung des Berichts muss parallel zur Erarbeitung des Themas und zur Durchführung erfolgen.

Aufbau und Gliederung des Berichts

Die Ablaufplanung für eine technische Untersuchung erfolgt nach der Durchführung des vorbereitenden Literaturstudiums. Die Abschnittüberschriften der Gliederung sollen dabei jeweils möglichst konkrete Aussagen zum Inhalt bringen.

Der logisch gegliederte und klassifizierte Textteil beginnt mit der Einleitung bzw. bei geringem Berichtsumfang mit der Einführung und endet mit der Auswertung und Interpretation. Logische Untergliederungen sind vorzunehmen, soweit das die Übersichtlichkeit der Arbeit erfordert; diese sollen jedoch nicht weiter ausgeführt werden, als notwendig. Mehr als vier Gliederungsstufen sollen möglichst nicht zur Anwendung kommen; weitere Unterscheidungen sind im Text durch Absatzbildung und Hervorhebungen möglich. Zergliederungen müssen vermieden werden. Für kompaktere Aufgabenstellungen können auch Zusammenfassungen bei einzelnen Gliederungshauptinhalten erfolgen, z. B. bei den Punkten 2 und 3 sowie 4 und 5. Die Gliederung von Unterpunkten erfolgt nach dem in Abb. 2 als Beispiel gezeigten Schema oder dem Ausführungsbeispiel in Abb. 3. Abschnitte ohne Parallelabschnitt (in gleicher Gliederungsstufe) sind zu vermeiden.

- | | |
|---------|--|
| 1 | Erste Stufe; Hauptabschnitt |
| 1.1 | Zweite Stufe; Unterabschnitt zu 1 |
| 1.1.1 | Dritte Stufe; Unterabschnitt zu 1.1 |
| 1.1.2 | Dritte Stufe; weiterer Unterabschnitt zu 1.1, gleiche Gliederungsebene wie 1.1.1 |
| 1.2 | Zweite Stufe; weiterer Unterabschnitt zu 1, gleiche Gliederungsebene wie 1.1 |
| 1.2.1 | Dritte Stufe; Unterabschnitt zu 2.1, gleiche Gliederungsebene wie 1.1.1 |
| 1.2.1.1 | Vierte Stufe; Unterabschnitt zu 1.2.1 |
| 1.2.1.2 | Vierte Stufe; weiterer Unterabschnitt zu 1.2.1, gleiche Gliederungsebene wie 1.2.1.1 |
| 1.2.1.3 | ... |
| 2 | Erste Stufe; weiterer Hauptabschnitt, gleiche Gliederungsebene wie 1 |
| 2.1 | Zweite Stufe; Unterabschnitt zu 2, gleiche Gliederungsebene wie 1.1 |
| 2.2 | ... usw. |

Abb. 2 – Beispiel für eine Gliederungs-Klassifikation, Aufbausystematik

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Werkstückgenauigkeit und Messtechnik	3
2.1	Genauigkeitsanforderungen	3
2.2	Geometrische Fertigungsfehler	3
2.2.1	Formfehler	4
2.2.2	Maßfehler	5
2.2.3	Lagefehler	5
2.2.4	Rauheit	7
2.3	Messtechnik	12
2.3.1	Grundlagen	12
2.3.2	Messprinzipien	14
2.3.2.1	Allgemeines	14
2.3.2.2	Mechanisches Messprinzip	16
...		

Abb. 3 – Beispiel für ein Inhaltsverzeichnis mit dezimalklassifizierter Gliederung und Seitennummerierung

Dokumentation

Für die Auswertung ist es wesentlich, dass alle anfallenden bzw. gewonnenen Daten, Tatsachen und Erkenntnisse vollständig erfasst und festgehalten werden und dass sie richtig zugeordnet werden können. Diese Dokumentation wird erleichtert durch die rechtzeitige Festlegung eines geeigneten anschaulichen Systems zur Proben-, Versuchs- und Vorgangskennzeichnung. Die Unterlagen (Protokollblätter, Listen, Auswertebögen etc.) sollten so vorbereitet werden, dass sie ohne großen zusätzlichen Aufbereitungsaufwand im Anhang des Berichts verwendet werden können.

Textausführung

Der Text soll flüssig lesbar geschrieben sein, d. h. in vollständigen Sätzen und in fortlaufendem Zusammenhang. Der Bericht soll das Nachvollziehen der gedanklichen und praktischen Ausführungsschritte der Arbeit für Leser mit technischem Grundwissen ermöglichen. Zu vermeiden sind breite Darstellungen von Selbstverständlichkeiten. Speziell Verfahren oder besondere Methoden müssen dagegen ausreichend erläutert werden. Durch die Arbeit soll sich der „rote Faden“ ziehen, d. h. der Leser muss fortlaufend die Informationen erhalten, die für das Verstehen des Ablaufs und der gezogenen Schlüsse erforderlich sind.

Zitate

Wörtliche Zitate sind durch Anführungszeichen kenntlich zu machen. Die Angabe der Quelle erfolgt durch Autor, Jahr und Seitenzahl. Alle Änderungen (Auslassungen, Ergänzungen, Erläuterungen, Hervorhebungen, Verschmelzungen, Zitate in zitierten Sätzen) des Originaltextes sind als solche zu kennzeichnen. Auslassungen sind zulässig, wenn dadurch der ursprüngliche Sinn des Zitats nicht verändert wird. Auslassungen werden durch drei Punkte „...“ gekennzeichnet. Aber auch bei nicht wörtlicher Anwendung von Literaturstellen (sinngemäßes Zitat) ist ein entsprechender Schrifttumsverweis (Nummer im Schrifttumsverzeichnis) angebracht.

Quellenangaben/Literaturverzeichnis

Bei sämtlichen Textpassagen, Bildern, Diagrammen etc., die nicht selbst erstellt wurden, muss die Quelle nachvollziehbar angegeben werden, da sonst Urheberrechte verletzt werden. Direkt hinter dem Zitat wird eine nummerierte Fußnote angefügt, in der Nachname des Verfassers, Erscheinungsjahr und Seitenangabe aufgeführt sind. Im Quellenverzeichnis werden z. B. Lehrbücher dann mit den vollständigen Angaben (ohne Seitenangabe) aufgeführt, alphabetisch geordnet nach den Nachnamen der Verfasser: Nachname, Vorname: Titel/Untertitel, Auflage, Ort, Verlag, Jahr.

Beispiele:

Tschätsch, Heinz: Praxis der Umformtechnik/Arbeitsverfahren, Maschinen, Werkzeuge, 8. Auflage, Wiesbaden, Vieweg, 2005.

König, Wilfried/Klocke, Fritz: Fertigungsverfahren/Abtragen und Generieren, 3. Auflage, Berlin u. a., Springer, 1997.

Internetquellen werden, sofern möglich in der Fußnote vollständig mit Verfasser, Titel, URL und Abrufdatum aufgeführt. Autor und Titel der Homepage kann man häufig dem Seitenquelltext entnehmen.

Beispiel:

Redaktion SELFHTML: SELFHTML 8.1.2 (HTML-Dateien selbst erstellen), <http://de.selfhtml.org/>, 08.03.2013

Bilddarstellungen

Geeignete Bilder können zur Aussagefähigkeit von Texten viel beitragen; für technische Berichte ist die Anwendung von Bildern fast immer erforderlich. Bilder dürfen jedoch nicht für sich isoliert stehen. Sie müssen sinnvoll im Text eingebunden und erwähnt bzw. angewandt werden. Ein Bild bzw. eine Reihe von Bildern darf nicht Gliederungspunkt für sich im Textbericht sein, dennoch wird gefordert, dass die Aussage des Bildes auch ohne Textanwendung vollständig erfasst werden kann.

Jedes Bild muss unterhalb des Bildes mit (ggf. kapitelweise) fortlaufender Bildnummer, aussagefähiger besser noch erläuternder Bildunterschrift und ggf. Legende (Aussage von Zuordnungen, Abkürzungen und Symbolen) vollständig beschriftet sein. Aus dem Schrifttum übernommene Bilder müssen für den vorgesehenen Zweck gut geeignet sein; die Beschriftung und die Form müssen ggf. dem Bericht durch Änderungen des Bildes richtig angepasst werden. Jedes übernommene Bild ist mit einer Quellenangabe zu versehen. Bei Veröffentlichung sind die Urheberrechte zu beachten.

14.3.2 Entstehung der charakteristischen Dreiecke

Formt man einen Hohlkörper in eine Ronde zurück, dann stellt man fest, dass

- der Boden des Napfes mit seinem Radius r_N unverändert erhalten bleibt.
- der Mantel des Hohlteiles aus einer Vielzahl von Rechtecken der Breite b und der Länge $(r_a - r_N)$ gebildet wird.
- zwischen den Rechtecken Dreiecksflächen – die sog. »charakteristischen Dreiecke« – stehenbleiben (Bild 14.4).

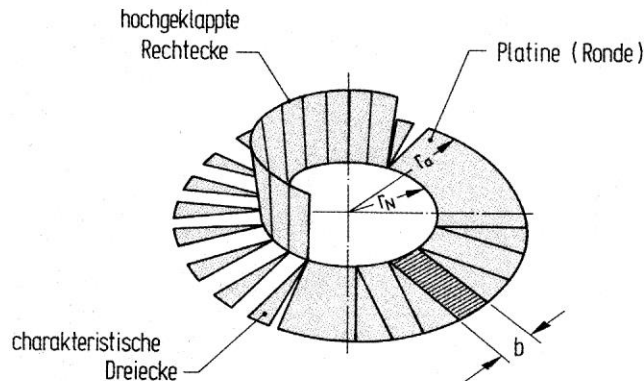


Bild 14.4 Hochgeklappte Rechtecke bilden den Mantel des Ziehteiles. Charakteristische Dreiecke zwischen den Rechtecken

14.3.3 Folge der charakteristischen Dreiecke

- Überschüssiger Werkstoff geht nicht verloren, würde aber ohne Niederhalter zu Faltenbil-

Abb. 4 – In den Text eingebundene Abbildung mit Abbildungsnummer und aussagekräftigem Titel als Bildunterschrift¹

Tabellen

Richtig aufbereitete Tabellen können Zusammenhänge verdeutlichen. Wichtig sind Übersichtlichkeit, vollständige Beschriftung mit Begriffen, Formelzeichen und Einheiten (siehe Tab. 1 auf der Folgeseite) und überschaubarer Umfang durch Begrenzung auf das Wesentliche; Aussagefähigkeit muss auch ohne das Lesen der zugehörigen Textabschnitte gegeben sein. Aber auch für Tabellen gilt die Forderung nach richtiger Texteinbindung. Tabellen sind oberhalb der Tabelle mit fortlaufender Tabellennummer und Tabellenüberschrift sowie ggf. vollständiger Legende zu versehen.

¹ Tschätsch, Heinz: Praxis der Umformtechnik/Arbeitsverfahren, S. 141

Tab. 1 – Schnittwerte bei unterschiedlichen Verfahren und Schneidstoffen

Verfahren		Drehen			Fräsen		
Schneidstoff		HSS	HM	PKD	HSS	HM	PKD
Schnittgeschwindigkeit	v_c m/min	≤ 800	≤ 4000	N/A	≤ 1200	≤ 2500	≤ 2500
Vorschub pro Zahn	f_z mm	-	-	-	$\leq 0,3$	$\leq 0,4$	$\leq 0,5$
Vorschub	f mm	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	N/A	-	-	-
Schnitttiefe	a_p mm	≤ 6	≤ 6	N/A	≤ 6	≤ 8	$\leq 2,5$

Formeln, Formelzeichen

Mathematische bzw. physikalische Zusammenhänge werden durch Formeln besser und einfacher dargestellt als durch Text. Erforderlich ist jeweils eine Texterläuterung und -verbindung der Formeldarstellungen; Wiederholungen der Formeln in Worten sind nicht sinnvoll. Auch für die Anwendung von Formeln (siehe Abb. 5) gilt, dass im Textteil aufbereitete Daten vorzulegen sind. Umfangreiche Berechnungen sollten besser im Anhang untergebracht werden, sofern sie nicht Hauptinhalt der Arbeit sind; das selbe gilt auch für die wiederholte Anwendung gleichartiger Berechnungsvorgänge. Alle Gleichungen werden rechtsbündig neben der Formel in eckigen Klammern fortlaufend nummeriert.

Der Rondendurchmesser zur Herstellung eines zylindrischen Napfes mit kleinem Bodenradius berechnet sich nach

$$D = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h} \quad [12]$$

Abb. 5 – Beispiel für die Darstellung einer Formel im Text

Es sind jeweils Formelzeichen und Einheiten nach dem neuesten Stand von Gesetzgebung, Normung und Richtlinien zu verwenden, auch dann, wenn verwendete Unterlagen, wie das oft der Fall ist, noch veraltete Formelzeichen und Einheiten enthalten. Die Anwendung in der Arbeit muss einheitlich entsprechend der Liste der Formelzeichen (siehe Abb. 6) erfolgen.

Formelzeichen und Abkürzungen		
A	%	Bruchdehnung
A_{min}	mm ²	engster Querschnitt
ABS		Aufbauschneide
DMS		Dehnungsmessstreifen
f	1	Exponent der erweiterten Taylor-Gleichung
F	N	Zerspankraft
F_c	N	Schnittkraft
F'_c	$\frac{N}{mm^2}$	bezogene Schnittkraft

Abb. 6 – Liste der Formelzeichen und Abkürzungen in alphabetischer Tabellierung, mit Einheiten, Benennung und Erläuterungen

Messwerte, Daten, Einzelergebnisse

Die ermittelten Werte liegen meist als Sammlung von Zahlenwerten oder in Form von Registrierschriften bzw. Tabellen vor. Derartige Urlisten bzw. Grunddaten werden der Arbeit im Anhang beigelegt. Im Textteil werden nur aufbereitete Daten vorgelegt. Bei zu interpretierenden Zusammenhängen erfolgt dies vorzugsweise in Form von graphischen Darstellungen, deren Aussagewert wesentlich besser erfassbar ist als der von Zahlenkolonnen. Diagramme sind nach den gültigen Richtlinien auszuführen und entweder als Bilder in den Berichtstext einzufügen oder, im Falle eines Ausdruckes im Labor, mit Diagrammtext, -nummer und Hinweis im Anhang abzulegen. Bei dieser Verfahrensweise muss im Berichtstext auf das Diagramm verwiesen werden.

Um nicht nur Werte, sondern auch Ergebnisse zu zeigen, ist jeweils eine Aussage zu den Messunsicherheiten bzw. Aussagewahrscheinlichkeiten erforderlich. Diese kann durch Fehlerbetrachtungen erfolgen, bei experimentell gewonnenen Werten auch durch die Angabe von Streuung, Standardabweichung oder Vertrauensbereich, je nach Art und Anzahl der Messwerte. Diagramme müssen entsprechend gestaltet sein. Streuende Messwerte werden z. B. nicht durch einen Linienzug verbunden, sondern durch Regressionsanalyse, graphisch interpoliert oder als Streubereich dargestellt.

Wertetabellen und Diagramme enthalten Maßzahlen:

$$\text{Maßzahl} = \frac{\text{Messgröße}}{\text{Maßeinheit}}$$

Als Maßeinheiten sollen nur die Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems (SI-Einheiten) m, s, kg, A, K, cd, mol und die daraus abgeleiteten Einheiten benutzt werden. In Diagrammen sollen Messwerte als Kreuze, Kreise usw. und nicht als Punkte erscheinen.

Auswertung, Interpretation, Schlüsse

Für die Auswertung und Interpretation ist normalerweise eine zusammenfassende Ergebnisdarstellung erforderlich; auch hierfür ist als Basis die textbezogene Diagrammform oder bei Einzeldaten ohne darzustellenden Zusammenhang die Tabellenform zu wählen.

Die Auswertung der Untersuchung mit Interpretation der Ergebnisse ist der wichtigste Teil der Arbeit.

Aussagen und Folgerungen müssen objektiv begründet und durch Daten untermauert sein. Aufgestellte Hypothesen müssen deutlich als solche kenntlich gemacht werden.

Wünschenswert ist immer die sachlich-nüchterne Darstellung. Es ist unbedingt zu vermeiden, Annahmen oder Wunschvorstellungen mit den gewonnenen Ergebnissen zu vermengen. Experimentelle Arbeiten führen oft zu unerwarteten, manchmal auch subjektiv unbefriedigenden Ergebnissen, z.B. wenn ein erwarteter bzw. erwünschter Effekt nicht aufgetreten ist. Auch in derartigen Fällen können die Arbeiten als richtig durchgeführt und im Ergebnis sinnvoll gewertet werden, wenn der Ablauf richtig dokumentiert und dargestellt wird und keine unzulässigen Schlüsse gezogen werden.

Allgemeine Form

Die Verwendung von Textverarbeitungsprogrammen erleichtert die Einhaltung der erforderlichen klaren und übersichtlichen, problemlos lesbaren und ansprechenden Form. Die typographischen Regeln müssen beachtet werden, auf Rechtschreibung, Zeichensetzung und richtigen Satzbau ist zu achten. Die Seitenzahlen sind fortlaufend zu nummerieren.