

Richtlinien für wissenschaftliche Arbeiten

(gilt für Praktikumsberichte, Bachelor-, Masterarbeiten sowie Dissertationen)

1. Format

Es gilt die Formatvorlage der TU Darmstadt („Das Bild der TU Darmstadt“ siehe:

https://www.tu-darmstadt.de/media/medien_stabsstelle_km/services/medien_cd/

das_bild_der_tu_darmstadt.pdf, Seite 31, Balkenfarbe: grau).

Abbildungsverzeichnis und Tabellenverzeichnis werden nicht benötigt, es sei denn, die Abbildungen oder Tabellen wurden überwiegend aus anderen Quellen übernommen (z.B. in einer Hausarbeit). Dann werden in diesem Verzeichnis die Quellen für Abbildungen und Tabellen aufgelistet.

Die finale Fassung wird als Word-Dokument oder PDF-Dokument und als Ausdruck (geheftet oder gebunden) abgegeben.

2. Gliederung

Chemische Arbeiten	Biologische Arbeiten
Zusammenfassung	Zusammenfassung
Einleitung	Einleitung
Zielsetzung	Zielsetzung
Ergebnisse*	Material und Methoden
Diskussion *	Ergebnisse*
Fazit und Ausblick	Diskussion*
Material und Methoden	Fazit und Ausblick
Literaturverzeichnis	Literaturverzeichnis
Abkürzungsverzeichnis	Abkürzungsverzeichnis

*Ergebnisse und Diskussion dürfen auch in einem gemeinsamen Kapitel beschrieben werden.

2.1 Zusammenfassung

Die ganze Arbeit auf einen Blick: Was ist das Thema, was sollte gemacht werden, welche Versuche wurden gemacht, mit welchem Ergebnis und was folgt daraus? (Wichtig: Dieser Teil wird von Gutachtern meist als erstes gelesen.) Wichtig bei Masterthesen und Dissertationen: Welche neuen Erkenntnisse wurden in dieser Arbeit gewonnen.

2.2 Einleitung

Hier wird die allgemeine Thematik in Hinblick auf das Ziel der Arbeit geschildert. Auch der Stand der Technik und Vorarbeiten aus dem eigenen oder kooperierenden Arbeitskreisen werden beschrieben. Werden besondere Methoden oder Stoffklassen verwendet, so werden

diese ebenfalls vorgestellt. Allgemeine Aussagen stehen im Präsens, Berichte über frühere Entwicklungen im Präteritum.

2.3 Zielsetzung

Aufgabenstellung mit Gesamtziel des bearbeiteten Projekts sowie die experimentelle Strategie und zu verwendende Methoden und Zwischenschritte.

Achtung: Auch wenn eine Anschlussarbeit (z.B. Masterthesis nach dem F-Praktikum) geplant ist, gehören die ausführlichen Ziele der Anschlussarbeit nicht in die Zielsetzung sondern in den Ausblick.

2.4 Material und Methoden

In diesem Teil befinden sich die Versuchsvorschriften in Form einzelner Kapitel mit fortlaufendem Text. Es wird unterschieden in Geräte und Materialien, Zellkulturmethoden, Proteinexpression und -reinigung, Analytik und Synthesen. Die Information in diesem Kapitel muss ausreichen, damit Außenstehende, die Versuche in ihrem Labor reproduzieren können.

Die **Geräte** sollten in Form einer Tabelle mit drei Spalten aufgelistet sein: Gerät – Modellbezeichnung – Hersteller. (Aus vielen Modellbezeichnungen geht nicht hervor, um was für ein Gerät es sich handelt.) Einfache Geräte aus der Grundausstattung (Kühlschränke, Mikrowelle, Mikroliterpipetten, Magnetrührer, Vortexgerät...) werden nicht explizit aufgeführt. Ausnahme: Die Geräte wurden zweckentfremdet (z.B. Haushaltsmikrowelle für den Synthese. Dann interessiert z.B. auch die Leistung.)

Es kann verschiedene Kapitel zu **Materialien** geben, z.B. Syntheschemikalien, Medien- und Puffer für die Zellkultur, Sequenzen von Primern, cDNAs und Peptiden), Antikörper, Enzyme, Proteine etc. (in tabellarischer Form). Puffer die durchgehend verwendet werden, können ebenfalls in tabellarischer Form am Ende des Materialteils stehen, z.B. so:

Puffer	Zusammensetzung
Tris pH 8.8	1.5 M Tris (181,7 g/L) pH mit HCl auf 8.8 einstellen
APS	10 % in Wasser
LB-Medium	25 g/L in VE-Wasser autoklavieren

Puffer, die nur bei einer Methode auftauchen, werden auch dort beschrieben – als Tabelle oder in Klammern im Fließtext.

Typische **Methodenkapitel** sind: Zellkulturtechnik, Nukleinsäuremethoden, Proteinexpression und -reinigung, Proteinmodifikationen, Spektroskopische Methoden, Bindungsassays, Immobilisierungsverfahren u.a. Die Reihenfolge der Kapitel ist so zu wählen, dass die allgemeineren Methoden vorne stehen, so dass Verweise innerhalb eines Methodenkapitels immer auf ein vorheriges Kapitel erfolgen (z.B. SDS-PAGE zur Analytik vor der Proteinexpression, der mit SDS-PAGE analysiert wird, allgemeine Zellkultur vor dem Kapitel mit den zellbasierten Assays). Neben dem allgemeinen Ablauf sollte auch auf Besonderheiten in der Handhabung verwiesen werden, die für das Ergebnis kritisch sind (z.B. durchgehende Probenkühlung, Schutz vor Umgebungslicht, Schaumbildung beim Mischen vermeiden etc.).

Zu den **Synthesekapiteln** gehören Abbildung der Verbindung mit Nummerierung, Ausbeute, Aussehen der Substanz, NMR-Daten (^1H , ^{13}C), Masse, IR-Daten, R_f -Wert und Elementaranalyse (berechnet/gemessen). Vor den Kapitel mit den Synthesen sollten die **allgemeinen Analytikverfahren** beschrieben werden: Dünnschichtchromatographie, NMR, Massenspektrometrie, analytische HPLC u.a.

2.5 Ergebnisteil

Hier steht der logische Ablauf der Arbeit (nicht notwendigerweise der zeitliche) als zusammenhängende Geschichte mit sinnvollen Überleitungen komplett im Präteritum. (Ausnahme: Allgemeine Wirkungsprinzipien, Funktionsweise von Geräten etc.). Dabei folgen auch einzelne Absätze dem Schema:

- Hypothese/Ziel
- Versuch
- Beobachtung
- Folgerung

Jeder Absatz sollte einen Grundgedanken zum Inhalt haben. Ein Zerhacken des Textes in zu viele Absätze ist zu vermeiden. (Faustregel: 3-6 Absätze pro Seite)

Im Ergebnisteil wird vor jedem Ergebnis beschrieben, mit welcher Absicht der Versuch durchgeführt wurde und welches die wichtigsten Schritte bei der Durchführung waren. (deutlich kürzer als im Methodenteil). Es werden nur die Details erwähnt, die z.B. im Lauf einer Optimierung verändert wurden. Als Ergebnisse werden Ausbeuten, beobachtbare Reaktionen und Eigenschaften (Niederschlag, Farbänderung, Viskosität) und Ergebnisse quantitativer Messungen als Tabellen oder Grafen gezeigt und zunächst in Worten beschrieben, dann erst interpretiert. Die Beschreibung sollte sich auf das Wesentliche beschränken (Ist gegenüber der Kontrolle eine Expressionsbande auf der erwarteten Höhe zu

sehen? Wird die Zahl der Proteinbanden über den Verlauf der Reinigung geringer? Ist die gesuchte Masse im MS vorhanden? Gibt es weitere auffällige Banden, Peaks etc.?) Auch Fotografien und Schemazeichnungen sind zur Verdeutlichung komplizierter Sachverhalte erwünscht. Überlegungen, die von einer Durchführung zu einer verbesserten Variante oder zur Auswahl bestimmter Verbindungen und Methoden geführt haben werden im Ergebnisteil geschildert. Dadurch ergibt sich ein logischer Übergang zum nächsten Versuch oder Kapitel. Diese Aspekte können auch im Diskussionsteil wieder aufgegriffen werden.

2.6 Diskussion

Hier werden die Ergebnisse in den Kontext der Literatur (!) eingeordnet und diskutiert. Konnten bestehende Methoden verbessert werden? Wie verhalten sich die Ausbeuten im Vergleich zur Literatur? Wenn etwas nicht geklappt hat, woran könnte das gelegen haben? Und wie könnte man das testen und verbessern? Gab es auffällige Beobachtungen, die weiter untersucht werden sollten? Wurde in der Literatur schon einmal etwas Ähnliches beschreiben? Welche Fragen sind offen geblieben?

2.7 Fazit und Ausblick

(Kann bei kürzeren Arbeiten auch mit der Diskussion zusammengefasst werden.) Was ist das tatsächliche Ergebnis der Arbeit? Welche Produkte wurden hergestellt? Welche Erkenntnisse wurden gewonnen und was kann man mit den vorliegenden Ergebnissen anfangen? Was kann man daraus entwickeln? Welche Versuche müssten noch durchgeführt werden, um offene Fragen zu beantworten?

2.8 Literaturverzeichnis

Am besten mit Endnote erstellen. Gerne ein Zitierformat mit vollständig ausgeschriebenem Titel und Verweis im Text durch (hochgestellte) Zahl in eckigen Klammern, z.B. Biochem. J. Alle wörtlichen und sinngemäßen Zitate müssen als solche gekennzeichnet werden – Plagiarismus, die Übernahme von Inhalten ohne Zitat, ist wissenschaftliches Fehlverhalten! Allgemein bekannte Tatsachen (z.B. Inhalte der Grundvorlesungen) müssen nicht mit Zitaten belegt werden. Auch persönliche Mitteilungen und unveröffentlichte Ergebnisse werden als solche gekennzeichnet (siehe auch Anhang: Richtlinien fürs Zitieren)

2.9 Abbildungsnachweis

Es hat sich eingebürgert, die Quellen, aus denen Abbildungen entnommen wurden bzw. die als Vorlage gedient haben, in der Bildunterschrift als Literaturstelle anzugeben. Das Abbildungsverzeichnis ist daher überflüssig

2.10 Tabellenverzeichnis.

Quellen aus denen Werte übernommen werden, werden in der Tabellenüberschrift als Literaturstelle zitiert. Ein Tabellenverzeichnis ist daher nicht notwendig.

2.11 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen werden bei ihrem ersten Erscheinen im Text ausgeschrieben (Abk. in Klammern) und in einem Abkürzungsverzeichnis zusammengefasst. **Nicht aufgeführt** werden gängige Abkürzungen der deutschen Sprache, die auch im Duden zu finden sind (usw., bzw., etc.), SI-Einheiten (m, g, s...), gängige Vorsilben (m für „milli“, k für „kilo“ etc.) und chemische Formeln (H_2O , NaCl ...).

3. Zur Analytik

3.1 Signifikante Stellen

Bei allen analytischen Fragestellungen ist eine sinnvolle Zahl von signifikanten Stellen anzugeben.

3.2 Chemische Substanzen

- Ausbeute in g und %
- ^1H -NMR
- Masse (berechnet, gemessen)

Bei nicht literaturbekannten Substanzen zusätzlich:

- ^{13}C -NMR
- DEPT135
- IR-Spektrum

Bei Fluorophoren und fluoreszent markierten Verbindungen zusätzlich:

- UV-VIS-Spektrum
- Fluoreszenzspektrum bei Anregung in den Absorptionsmaxima
(Bei der Konjugation können sich die spektroskopischen Eigenschaften eines Fluorophors verändern!)

Partikelgebundene Substanzen

- Beladung
- IR-Spektrum

3.3 Biologische Substanzen

Proteine

- Ausbeute in mg
- Ausbeute pro L Zellkultur
- Massenspektrum
- **SDS-PAGE** (ggf. daraus Reinheit in %) – **nur über SDS oder HPLC mit Detektion bei 254/280 nm kann eine Aussage über die Reinheit gemacht werden. Das Massenspektrum reicht nicht!**
- **Eine SDS-PAGE muss auch gemacht werden, um die Identität von Peaks im Chromatogramm und die Verteilung des Proteins zwischen Lysatüberstand- und – pellet zu bestimmen.**
- Western Blot (bei erstmaliger Reinigung)
- CD-Spektrum (erstmalige Reinigung/neuartiges Reinigungsverfahren)

Proteinkonjugate

- Ausbeute in mg und %
- Reinheit in %
- Masse
- Chromatogramm von letztem Reinigungsschritt
- Konjugationsverhältnis (Fluorophore pro Protein, Biotin pro Peptid o.ä.)

Expressionsvektoren

- Kontroll-PCR
- Sequenzierung

4. Zur sprachlichen Form

- Auf korrekte Rechtschreibung und Grammatik ist unbedingt zu achten.
- Dramatisierende Elemente gehören nicht in eine wissenschaftliche Arbeit.
- So kurz wie möglich, so ausführlich wie nötig.
- Die korrekten Fachbegriffe sind zu verwenden und Laborjargon zu vermeiden.
- Abbildungen helfen, die geschilderten Inhalte zu verdeutlichen.
- Zahlen bis zwölf werden ausgeschrieben
- Chemische Verbindungen in Schemata werden durchlaufend nach ihrem Erscheinen im Text nummeriert. Diese Nummern werden bei Verwendung im laufenden Text **fett gedruckt**, z.B. Amin **3**, Verbindung **4**, Edukt **5**, Katalysator **6** usw.
- Wertende Adjektive äußerst sparsam verwenden: gut, schlecht, brauchbar, problematisch, optimal u.ä. Hier sollte aus dem Text hervorgehen, aufgrund welcher Kriterien oder Beobachtungen diese Einordnung erfolgt.

- Semantik beachten! Z.B. Nicht „Die Probe steigt an“, sondern „Die Absorption der Probe steigt an“. Die Abbildung zeigt nicht die Fraktionen, sondern die SDS-PAGE (von Proben) der Fraktionen. Nicht die Bestimmung des Absorptionsmaximums entspricht dem Literaturwert, sondern das so bestimmte Absorptionsmaximum etc.

5. Richtlinien für Abbildungen

5.1 Bildunterschriften

Beschreiben das, was in der Abbildung zu sehen ist und nicht mehr. Die wichtigsten Versuchsparameter (z.B. %Polyacrylamid beim SDS-Gel; Laufmittel bei Chromatogrammen, Identität der aufgetragenen Proben etc.) sollten zur Orientierung mit angegeben werden, keine Interpretation!

Es werden Symbole bzw. Farben in Diagrammen erläutert, aufgetragene Proben bei nummerierten Probentaschen, Anregungs- und Emissionswellenlänge bei Fluoreszenzspektren, Größe des Maßstabs und Belichtungszeit bei mikroskopischen Aufnahmen, Zahl der Wiederholungen eines Versuchs, Bedeutung der Fehlerbalken, Zahl der zugrunde liegenden Versuche und Parameter, die für das Ergebnis des Versuchs entscheidend waren bzw. dieses Diagramm von anderen unterscheiden.

Bilder, die aus anderen Werken übernommen werden, müssen als solche gekennzeichnet werden. Die ausführliche Literaturstelle gehört ins Literaturverzeichnis. Bei modifizierten Abbildungen wird die Vorlage mit angegeben „modifiziert nach [x]“. Wurde die Abbildung vom Betreuer zur Verfügung gestellt, muss auch dies in der Bildunterschrift vermerkt werden („mit freundlicher Genehmigung von...“).

Bei Proteinstrukturen wird die PBD-Nummer mit angegeben, bei selbst erstellten Strukturen auch die Software, mit der die Abbildung erstellt wurde. Die Software zur Bearbeitung der Abbildungen und Diagramme kann der Einfachheit halber in einer Tabelle im Material- und Methodenteil stehen.

Zu jeder Abbildung muss es einen Querverweis im Text geben!

5.2 Diagramme

Diagramme sollten die folgenden Merkmale aufweisen

- Achsenbeschriftung mit Einheiten
- Legende
- Fehlerbalken (soweit möglich, Zahl der Durchführungen in die Bildunterschrift)
- bei Graphen: Ausgleichskurven (keine Verbindungslinien)

5.3 Chromatogramme

Für Chromatogramme gelten ähnliche Regeln wie für Diagramme:

Auch hier müssen die Achsen mit Einheiten beschriftet sein und die Beschriftung aller Achsen und Kurven in einer lesbaren Schriftgröße (!) erfolgen. Abkürzungen aus der Software müssen durch die korrekten Formelzeichen, Einheiten oder vollständige Wörter ersetzt werden.

5.4 Fotografien von Gelen

Das Foto wird sauber ausgeschnitten, so dass Marker und Banden erhalten bleiben und möglichst keine ausgefranst Ränder zu sehen sind.

Gele können in Originalfarbe oder Graustufen abgebildet werden.

Für densitometrische Auswertungen (Bestimmung der Proteinmenge aus der Bandenstärke) dürfen Helligkeit und Kontrast nicht verändert werden.

Um sehr schwache Banden im Druck sichtbar zu machen, dürfen Helligkeit und Kontrast verändert werden. Es muss jedoch in der Bildunterschrift darauf hingewiesen werden. Die unveränderte Originaldatei muss unbedingt neben der modifizierten Datei aufbewahrt werden!

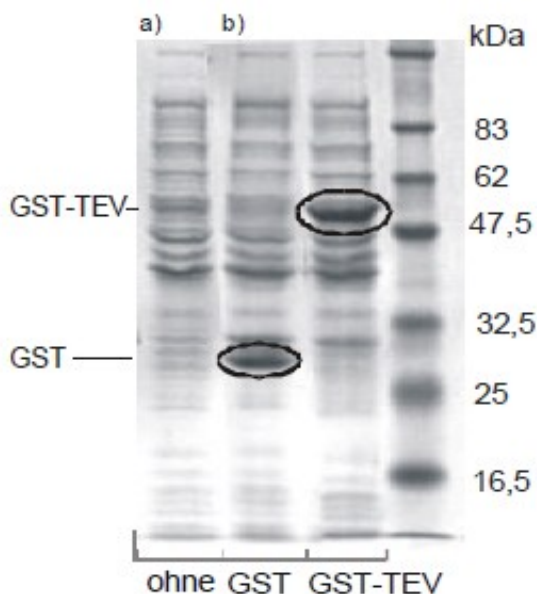


Abbildung 1: Beispiel für ein ausgewertetes SDS-PA-Gel (Bild: K. Schmitz)

Die Banden des Größenmarkers werden entsprechend den Herstellerangaben beschriftet.

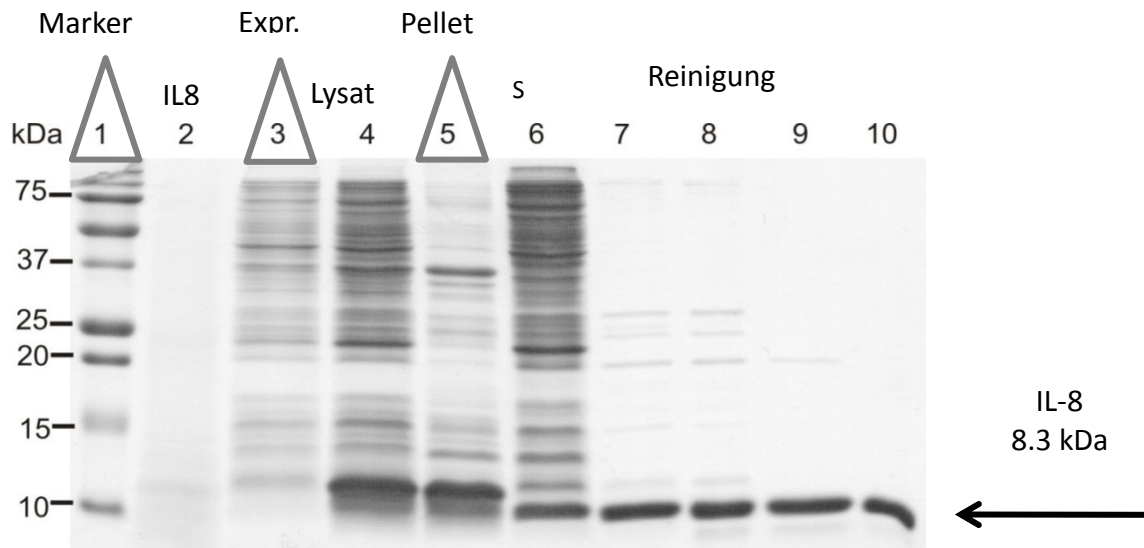


Abbildung 2: Beispiel für ein ausgewertetes SDS-PA-Gel mit nummerierten Banden und zusätzlicher Beschriftung (Bild: D. Wiese und K. Schmitz)

Alle Probenbanden werden beschriftet. Dabei können die Banden durchgehend (!) nummeriert und die Ziffern in der Bildunterschrift erläutert. Alternativ wird der Text über oder unter das Gel geschrieben. Pfeile, Klammern und Balken, sowie Plus- und Minuszeichen können verwendet werden, um die Beschriftung übersichtlich zu gestalten (siehe Beispiele).

Relevante Protein- oder DNA-Banden können durch Pfeile am Rand des Gels oder Einkreisen kenntlich gemacht werden.

DNA-Gele können als Originalaufnahme oder als Negativ (schwarze banden auf weißem Grund) abgebildet werden.

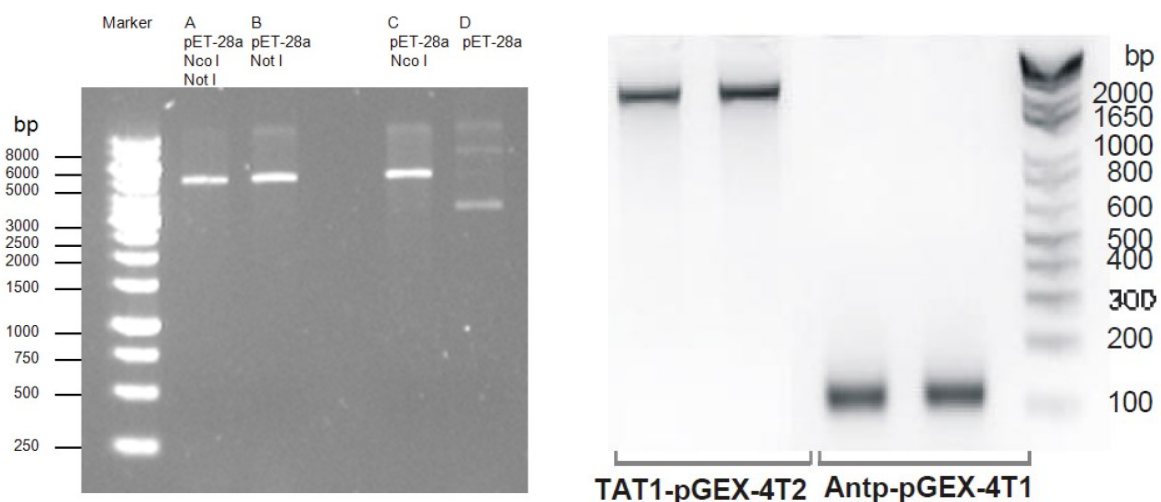


Abbildung 3: Beispiele für Gelabbildungen als Positiv (links) und Negativ (rechts). Die Beschriftung kann für jede Bande einzeln oder für mehrere Banden zusammengefasst erfolgen.

Abschlussvorträge:

Der Vortrag muss so aufgebaut sein, dass ein unbeteiligter Beisitzer ihn nachvollziehen kann!

Bei großer Datenmenge ist es empfehlenswert aussagekräftige Daten auszuwählen und verständlich zu präsentieren. Auf die übrigen Daten wird nur verwiesen.

Die Einleitung muss das vorbereiten, was im Anschluss gesagt wird.

- Die Zusammenfassungsfolie kann helfen, das Prüfungsgespräch zu steuern ;)

Ein paar allgemeine Dinge für die Endkontrolle:

- Ist alles korrekt geschrieben?
- Ergeben die Stichwörter einen Sinn?
- Ist die Schrift ausreichend groß? (12 Punkt ist i.d.R. zu klein)
- Sind alle nicht selbst erstellten Abbildungen mit Quellenangaben versehen?
- Ist der Kontrast ausreichend groß? Bilder ggf. nachbearbeiten um z.B. Banden sichtbar zu machen

Anhang:

Richtlinien fürs Zitieren

Wenn Informationen, Aussagen, Daten oder Abbildungen aus anderen Werken übernommen werden, müssen diese als Zitat gekennzeichnet und mit einer Quellenangabe versehen werden. Plagiarismus, die Übernahme von Inhalten ohne Zitat, ist wissenschaftliches Fehlverhalten und führt zum Nichtbestehen von Prüfungen oder zur Aberkennung von Abschlüssen!

Man unterscheidet direkte und indirekte Zitate.

Direktes Zitat: wörtliche Übernahme, muss in Anführungszeichen stehen, Quellenverweis dahinter.

Indirektes Zitat: sinngemäße Übernahme, durch Quellenverweis am Ende der Aussage oder des Absatzes gekennzeichnet.

Bildzitat: Quellenverweis steht in der Bildunterschrift, bei modifizierten Abbildungen: „modifiziert nach [Quelle]“. Für Arbeiten zur Veröffentlichung müssen für die Wiedergabe von Bildern die Rechte vom Verlag oder vom Urheber eingeholt werden. Die kennzeichnet man durch „mit freundlicher Genehmigung von [Verlag/Urheber]“. Die Quellen werden in der

Regel im Literaturverzeichnis mit angegeben. Bei der direkten Verwendung von vielen Abbildungen wird ein eigenes Abbildungsverzeichnis angelegt.

Die Literaturstellen werden am Ende des Textes in Form eines Literaturverzeichnis, üblicherweise angeordnet nach Reihenfolge des Erscheinens im Text, aufgeführt.

Als Format für die Literaturstellen sind solche mit vollständig ausgeschriebenem Titel und Verweis im Text durch (hochgestellte) Zahl in eckigen Klammern gut geeignet, z.B. Biochem. J. Die Angabe des Titels macht die Literaturangabe zwar länger, erleichtert aber dem Leser die Einschätzung, ob die Quelle passt. Beispiele:

- 1) Autor1, N.N., Autor2, N.N. *et al.* „*Titel*“ *Journal*, **Jahr**, *Ausgabe*, Seiten.
- 2) Autor1, N.N., Autor2, N.N. *et al.* „*Buchtitel*“, Verlag, Ort, **Jahr**, Auflage, Seiten.
- 3) Autor1, N.N., Autor2, N.N. in Herausgeber (Hg.). *Veröffentlichung*, Verlag, Ort, **Jahr**, Auflage, Seiten.
- 4) www.webseite.de/detail1/detail2; aufgerufen am [Datum].
- 5) Autor, N.N. Dissertation, Universität X, **Jahr**.

Literaturverwaltungsprogramme wie Endnote oder Citavi erleichtern die Arbeit. Sie nehmen automatisch die Nummerierung der Zitate und die Formatierung der Literaturstellen vor.

Allgemein bekannte Tatsachen (z.B. Inhalte der Grundvorlesungen) müssen nicht mit Zitaten belegt werden. Auch persönliche Mitteilungen und unveröffentlichte Ergebnisse werden als solche gekennzeichnet („[Quelle], persönliche Mitteilung“)