

Richtlinien zum Abfassen von Praktikumsprotokollen

Ausgabe Wintersemester 2014

Erstausgabe: 2004

Völlig neu bearbeitet im SS 2014

Richtlinien

zum Abfassen von Praktikumsprotokollen

Copyright:

Dieses Skript ist im Rahmen des Urhebergesetzes geschützt. Jede kommerzielle Verwertung, insbesondere durch Vervielfältigung oder durch Einspeicherung in optische oder magnetische Datenträger bedarf der Zustimmung des Autors.

Ein Leitfaden zur Erstellung
maschinengeschriebener Protokolle
des organisch-chemischen Grundpraktikums
der Freien Universität Berlin
Ausgabe Wintersemester 2014

Verantwortlich für den Inhalt:

Dr. Thomas Lehmann
Institut für Chemie und Biochemie der Freien Universität Berlin
14195 Berlin, Takustr. 3

Vorwort

Der Hauptaspekt dieses Skripts sind die typischen Anfängerfehler bei Aufbau und Formulierung der Protokolle. Viele Praktikanten wissen um ihre Defizite offenbar selbst und machen dabei gern den furchtbaren Fehler, die Protokollanfertigung auf die lange Bank zu schieben, was zu indiskutabel unseriösen Gedächtnisprotokollen führt – insbesondere, wenn auch das Laborjournal gar nicht oder nur unsachgemäß geführt wurde.

Heutzutage gibt es diverse Literatur mit Hinweisen, wie wissenschaftliche Texte abzufassen sind – man muss nur aufpassen, dass die Autoren aus dem eigenen Fachgebiet kommen, weil anderswo die Regeln etwas anders sein können. Ein immer noch aktuell gehaltener Klassiker für das Fachgebiet Chemie ist H.F. Ebel, C. Bliefert, W. Greulich „Schreiben und Publizieren in den Naturwissenschaften“.

Dieses Skript ist auch im Internet abrufbar unter

http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/_Unterlagen_Protokoll/ProtokollOCGP.pdf

T. Lehmann / November 2005 / August 2014

Inhalt

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Laborjournal | 5 |
| 2 | Protokolle | 6 |
| 2.1 | Formale Anforderungen | 6 |
| 2.2 | Inhaltselemente und Gliederung | 6 |
| 2.3 | Knapp oder weitschweifig? | 8 |
| 2.4 | Ehrlich oder schön? | 9 |
| 2.5 | Präsens oder Imperfekt? | 10 |
| 2.6 | Abbildungen und Tabellen | 11 |
| 2.7 | Bewertung des Versuchsergebnisses | 11 |
| 2.8 | Versuchsdurchführung | 12 |
| 2.8.1 | Ansatz und Ausbeute | 12 |
| 2.8.2 | Versuchsvorschrift und Versuchsdurchführung | 13 |
| 2.9 | Struktursicherung | 13 |
| 2.10 | Quellen | 14 |
| 2.10.1 | Gute und schlechte Quellen | 14 |
| 2.10.2 | Richtiges und falsches Zitieren | 17 |
| 2.11 | Abschlusskorrektur | 18 |
| 3 | Gebrauch der Sprache | 19 |
| 3.1 | Textfluss | 19 |
| 3.2 | Wahre Kompetenz und Wichtigtuerei | 19 |
| 3.3 | Geschriebenes und Gemeintes | 21 |
| 3.4 | Weitere Fehler | 22 |
| 3.5 | Formeln und Abkürzungen | 22 |
| 4 | Anhang | 25 |

1 Laborjournal

Die sofortige Mitschrift aller versuchsbezogenen Daten ist eine Frage der wissenschaftlichen Seriosität! Zum Notieren aller Versuchsdaten und -beobachtungen dient das Laborjournal. Sie müssen es im Labor ständig bei sich haben, damit diese Eintragungen unmittelbar während der Versuchsdurchführung erfolgen können! Schönschrift ist nicht wichtig, wohl aber Authentizität! Sorgen Sie trotzdem für eine systematisierende Übersicht! Beginnen Sie jeden Versuch auf einer neuen Seite! Geben Sie dem Versuch eine Überschrift! In einem Saalpraktikum ist dies einfach der Name des herzustellenden Präparates oder die Versuchsnummer.

Notieren Sie

- Das jeweilige Datum Ihres Tätigwerdens,
- alle vorbereitenden Arbeiten (z. B. Absolutieren von Lösungsmitteln),
- die eingesetzten Mengen,
- alle erhaltenen Messgrößen wie Reaktions- und Siedetemperaturen, sowie die Auswaagen und physikalischen Daten der erhaltenen Produkte,
- alle durchgeführten Operationen und Messungen. Dazu kann nötigenfalls auch eine Apparaturskizze angefertigt werden,
- alle Beobachtungen, evtl. auch Deutungsversuche.
- Kleben oder heften Sie auch alle relevanten DC's ins Laborjournal!

Berechnungen von Messgrößen sind im Laborjournal selbst durchzuführen. Ein Beispiel dafür ist die Berechnung einer Auswaage aus dem Bruttogewicht des Reaktionskolbens abzüglich des Leergewichtes. Jeder Messwert ist unmittelbar zu protokollieren, nicht erst nach dem Abschalten des Gerätes. Mit den Eintragungen in Ihrem Laborjournal legen Sie Rechenschaft über Ihre Tätigkeiten ab. So wie es bei der Tätigkeit in einem Beschäftigungsverhältnis von Ihrem jeweiligen Vorgesetzten zur Einsichtnahme angefordert werden kann, können auch die Saalassistenten Einsichtnahme verlangen¹.

Ihr Laborjournal ist also trotz des vielleicht „kritzeligen“ Inhalts ein Dokument! Um dieser Anforderung zu genügen, muss es wie folgt beschaffen sein:

- Die Seiten müssen fest gebunden sein. (Kein Ringbuch oder Lose-Blatt-Sammlungen)
- Alle Seiten müssen durchnummeriert sein. Ist das nicht der Fall, so bessern Sie nach!

Alle Eintragungen können stichpunktartig knapp gehalten sein, sofern sie nur eindeutig bleiben. Im Gegensatz zu der später anzufertigenden Niederschrift ist auch der Gebrauch von Laborjargon zulässig. Die Notiz „3 Stunden gerührt, 2 Stunden stehen gelassen, dann abrotiert.“ ist also völlig ausreichend.

¹ Eine sehr amüsante Darstellung der Bedeutung des Labortagebuchs im Wissenschaftsbetrieb können Sie dem Roman „*Cantors Dilemma*“ von Carl Djerassi entnehmen.

2 Protokolle

2.1 Formale Anforderungen

Die Protokolle sollen maschinenschriftlich angefertigt und elektronisch (Per Mail) abgegeben werden. Sie können dazu die WORD-Dokumentenvorlage

www.bcp.fu-berlin.de/chemie/oc/ocpraktikum/Unterlagen/ProtokollIOCGP.dotx

verwenden. Die Dokumentvorlage stellt diverse Textbausteine¹ bereit, die Ihnen das Anfertigen der Protokolle erleichtern, indem sie z. B. die geforderte Präsentation spektroskopischer Ergebnisse auf Knopfdruck erzeugt. Außerdem erhält jedes damit erzeugte Dokument automatisch eine erste Seite, auf der Sie Namen, Versuch und zuständigen Assistenten angeben und auf der Ihnen das Protokoll auch testiert wird. Bei einem Ausdruck entspräche diese Seite einem Deckblatt.² Das fertige Protokoll konvertieren Sie bitte in das pdf-Format und senden es per E-Mail direkt an den zuständigen Assistenten.

2.2 Inhaltselemente und Gliederung

Alle Versuchsskripten haben hinter der Angabe der Versuchsvorschrift die beiden Kapitel

- Fragen vor Ausführung des Versuchs und
- Aufgaben nach Ausführung des Versuchs

Diese fortlaufend durchnummerierten Fragen und Aufgaben sind im Protokoll zu bearbeiten. Indem Sie also auch die in der Vorbesprechung diskutierten ‚Fragen vor Ausführung des Versuchs‘ im Protokoll noch einmal beantworten, protokollieren Sie gewissermaßen den in der Vorbesprechung mit dem Assistenten erarbeiteten Sachverhalt.

Sie sollen freilich diese Fragen und Aufgaben in den üblichen Aufbau eines wissenschaftlichen Ergebnisberichts eingliedern, der aus Kapiteln wie „Einleitung“, „Theoretischer Teil“, „Versuchsdurchführung“ sowie „Spektren“ und „Literatur“ besteht. Hinweise, in welches Kapitel welche Angaben gehören, finden Sie in der genannten Dokumentvorlage.

¹ In aktuellen WORD-Versionen heißen diese „Schnellbausteine“.

² Wenn Sie mit den Dokumentvorlagen nicht zurechtkommen oder wenn Sie ein anderes Textprogramm verwenden und die Textbausteine dort integrieren wollen, finden Sie statt der Dokumentvorlagen auch die Datei www.bcp.fu-berlin.de/chemie/oc/ocpraktikum/Unterlagen/ProtokollIOCGPVorlagen.docx, in der alle Textbausteine ausgegeben sind, so dass Sie diese kopieren und woanders einfügen können.

Sie werden feststellen, dass die dort vorgefundene Kapiteleinteilung (wieder Mal) ein bisschen anders ist als in Ihren bisherigen Praktika. Das liegt an folgenden Dingen:

- Es gibt in „richtigen“ wissenschaftlichen Ergebnisberichten Kapitelelemente, die in einem Grundpraktikumsprotokoll noch keine Bedeutung haben oder nur einen einzigen Satz erfordern würden und deswegen im Augenblick noch keinen Sinn haben.
- Umgekehrt müssen Sie in den Praktika manche Dinge ausführlicher darlegen, als das später in den „richtigen“ wissenschaftlichen Ergebnisberichten üblich ist. Im OC-Grundpraktikum ist das z.B. die Spektrendiskussion.
- Es gibt je nach Fachrichtung unterschiedliche Traditionen in der Gliederung. In der Biochemie ist z.B. ein am Anfang stehendes Kapitel „M&M“ (Materials and Methods) üblich. In physikalisch-chemischen Praktika verlangt man von Ihnen hingegen eine dezidierte Fehlerrechnung.

In Ergebnisberichten werden Kapitel üblicherweise gemäß der sogenannten „dezimalen Gliederung“ durchnummeriert. Folgende Fehler passieren dabei häufig:

1. Hauptkapitel 1

1.1. Unterkapitel zu Hauptkapitel 1

text 1

2. Hauptkapitel 2

text 2

2.1. Unterkapitel 1 zu Hauptkapitel 2

text 3

2.2. Unterkapitel 2 zu Hauptkapitel 2

text 4

| |
|--|
| Zum Schluss steht kein Punkt. (DIN 5008) |
| In einer Gliederungsebene darf es niemals nur ein einziges (Unter-)Kapitel (hier 1.1) geben, sondern es müssen mindestens zwei sein. |
| In einer Gliederungsebene gibt es entweder nur Text oder nur Unterkapitel, niemals beides nebeneinander. Es darf an dieser Stelle also kein Text stehen. |

Richtig wäre in diesem Fall also:

1 Hauptkapitel 1

text 1

2 Hauptkapitel 2

2.1 Unterkapitel 1 zu Hauptkapitel 2

(text 2 +) text 3

2.2 Unterkapitel 2 zu Hauptkapitel 2

text 4

| |
|---|
| Alternativ könnte „text 2“ auch ein eigenes Unterkapitel „2.1“ bilden. Die beiden anderen Unterkapitel würden sich dann zu „2.2“ und „2.3“ verschieben. |
|---|

Verwenden Sie für die Überschriften Formatvorlagen und stellen Sie diese so ein, dass das Textprogramm die Nummerierung übernimmt. Sie verzetteln sich sonst spätestens dann, wenn die Protokolle länger werden. Etwas vertrackt ist, dass WORD eine dezimale Gliederung anbietet, die

diesseits des Atlantiks nicht üblich ist weil sie entgegen der DIN 5008 mit einem Punkt endet. Suchen Sie etwas intensiver, ob Ihr Textprogramm auch die bei uns richtige Alternative bereitstellt. Wenn nicht, können Sie die Gliederungsstruktur auch selbst definieren. „Googeln“ Sie dazu den Begriff „dezimale Gliederung“. Wenn Sie die bereitgestellte Dokumentvorlage verwenden, ist alles schon richtig vorgegeben.

2.3 Knapp oder weitschweifig?

Fassen Sie sich kurz und vermeiden Sie jede Weitschweifigkeit.

Viel Text gibt keine gute Fleißnote - im Gegenteil! Viel Information in wenig Text macht den Köhner aus! Halten Sie sich strikt an die Aufgaben! Wenn Sie einen Alkohol umsetzen, sollen Sie nicht die Bierbraukunst erläutern! Mit dem Protokoll demonstrieren Sie den Assistenten Ihre Kenntnisse und Fertigkeiten. Darüber hinaus dürfen Sie dort allerdings auch Dinge festhalten, die Ihnen selbst wichtig sind. Dieses Bedürfnis lässt sich von Weitschweifigkeit gut unterscheiden. Noch besser machen Sie es, wenn Sie die für sich persönlich wichtigen Dinge als Fußnoten protokollieren.

Machen Sie, wann immer zweckmäßig, von tabellarischen Darstellungen Gebrauch! Zum Beispiel sollten Sie für die Versuchsauswertung des Versuchs 1-2 unbedingt Tabellen verwenden!

Gehen Sie davon aus, dass es bei den ersten malen schwierig für Sie ist, den Text knapp zu formulieren. Beispiele:

Wenn eine Substanz in der Siedehitze tropfenweise mit einem Reagenz versetzt wurde ist vollkommen klar, dass Sie da in einem Dreihalskolben mit aufgesetztem Rückflusskühler und Tropftrichter verwendet haben und schon mal vollkommen klar ist, dass der dritte Kolbenhals mit einem Stopfen verschlossen wurde:

9.3 g der Substanz A wurden in 150 ml n-Hexan gelöst und in der Siedehitze im Verlauf von 15 Minuten tropfenweise mit 5.3 g Substanz B versetzt.

Sie haben eine Reaktion unter Luftausschluss durchführen müssen und dazu Nadeln durch Septen gestochen, Ballons aufgeblasen und auf Apparaturen gesetzt, Schliffe fixiert, damit sie nicht aufspringen und eine Menge Stress gehabt? Was waren die Essentials?

„15 g (0.2 mol) Substanz A wurden in 100 ml abs. Toluol gelöst und unter Argonatmosphäre mit 11 g (0.2 mol) Substanz B umgesetzt.“

Sie haben eine Säulenchromatographie durchgeführt? Die Menge an Lösemittel, die dazu notwendig war, ist unwichtig, wohl aber die Zusammensetzung sowie Art und Größe der Säule:

Die Substanz wurde durch Säulenchromatographie (80 g Kieselgel) mit Hexan/Essigester (10 : 1) in die beiden Komponenten A und B aufgetrennt.

Wenn Sie die Menge des verwendeten Kieselgels nicht kennen, geben Sie die Säulenabmessungen an:

... wurde durch Säulenchromatographie über Kieselgel (2,5 x 50 cm) mit Hexan/Essigester (10 : 1) ...

Da Sie ja wissen, was Sie tun, ist im konkreten Fall ‚Substanz A‘ und ‚Substanz B‘ durch die korrekten Bezeichnungen zu ersetzen.

Nutzen Sie auch hier Fußnoten, um die Ihnen selbst wichtigen Anmerkungen abzugrenzen. Das könnte z. B. so aussehen:

... Die organische Phase wurde drei Mal mit Wasser gewaschen.¹ ...

¹ Um zu erkennen, welche Phase die wässrige und welche die organische Phase war, wurde jeweils mit einer Pasteurpipette etwas Wasser in die Phasen pipettiert. Bei der wässrigen Phase gab es Schlieren und in der organischen Phase bildeten sich kleine Wassertröpfchen. Die wässrige Phase war in allen Fällen oben.

Salopp kann man sagen: Um Text einzusparen, ist fast jedes Mittel recht. Es geht nicht darum, dass Assistenten es leicht haben und deshalb nicht so viel in den Protokollen lesen wollen! Es geht vielmehr darum, Sie darin zu schulen, dass Ihre (späteren) Texte Beachtung finden! Das tun sie nur, wenn sie knapp, präzise und logisch wohlgeordnet sind.

- Schreiben Sie trotzdem vollständige Sätze! Verfallen Sie nicht in einen Kleinanzeigenstil!

Für die Bearbeitung der theoretischen Aspekte planen sie bitte pro Reaktion etwa ½ bis 1 Seite reinen Text ein. Da in der Regel Formelschemata hinzukommen, ist der tatsächliche Umfang entsprechend größer. Bei den Versuchen 1-1 und 1-2 werden Sie mehr Text schreiben (müssen).

2.4 Ehrlich oder schön?

Sie sollten nicht jedes kleine Missgeschick protokollieren. Wenn Ihnen aber der Kolben am Rotationsverdampfer ins Wasserbad geplumpst und die Ausbeute deswegen deutlich kleiner geworden ist, sollten Sie das vermerken. Ganz allgemein macht sich eine Erklärung für eine besonders geringe Ausbeute oder eine nachhaltig unbefriedigende Produktqualität im Protokoll gut. Das sollte dann aber auch eine schlüssige Erklärung sein und nicht etwas krampfhaft an den Haaren herbei gezogenes – nur damit irgendwas im Text steht. Findet sich keine schlüssige Erklärung, dann protokollieren Sie den Sachverhalt eben als „ungeklärt“. Es ist normal, dass Sie gefundene Literaturausbeuten in der Regel nicht erreichen. Sie üben schließlich gerade das richtige Experimentieren. Selbst ein Doktorand erreicht beim ersten ‚Nachkochen‘ einer Literaturvorschrift meist nicht die Literaturausbeute, weil in vielen Reaktionen ein ‚know how‘ steckt, was man erst erwerben muss.

Schmelzpunkte werden nicht dann abgelesen, wenn das Thermometer gerade einen Wert nahe dem Literaturwert anzeigt und umgekehrt wird aus mehreren Literaturquellen nicht systematisch der Wert herausgesucht, der dem eigenen Messwert am nächsten kommt. Gerade bei Nutzung

elektronischer Bibliotheken kann die Bandbreite gefundener Werte verlockend sein, das Ergebnis zu schönen. **Zitierfähig ist dann das, was die Mehrheit misst – und nicht das, was dem eigenen Wert zufällig am nächsten kommt.**

Es ist normal, dass in einem Grundpraktikum nicht immer alles gleich optimal klappt¹. Es ist also auch normal und kein Grund für einen Notenabzug, wenn Ihnen mal ein Missgeschick passiert und Sie dies ehrlich protokollieren. Wenn Sie hingegen trotz Missgeschick ein „hat-alles-supergeklappt“-Protokoll schreiben, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder fliegt der Schwindel nicht auf. Dann wird die Beurteilung Ihres Protokolls ungefähr so sein, als hätten Sie ein ehrliches Protokoll geschrieben. Oder der Schwindel fliegt auf: Dann stürzt nicht nur die Note, sondern auch Ihr Ruf ins Bodenlose. Übergänge vom „Beschönigen“ zum „Täuschen“ sind fließend. Über die furchtbaren Konsequenzen bei aufgeflogener Täuschung erfahren Sie mehr in Kapitel 2.10.1.

Zusammenfassung: Mit geschönten oder gemogelten Protokollen können Sie nur verlieren, aber nichts gewinnen.

2.5 Präsens oder Imperfekt?

Sie sollten sich generell daran gewöhnen, das Imperfekt für alles zu verwenden, was Sie selbst gemacht haben und das Präsens für alle Aussagen, die Allgemeingültigkeit haben. Auf diese Weise können Sie sehr seriös eigene Leistungen und zitierte Sachverhalte auseinanderhalten. Sie schreiben also zum Beispiel: „Die Literaturausbeute der Reaktion **beträgt** 58 %“ aber „Bei der Reaktion **wurden** 43 % Ausbeute erhalten“. Welche Zeit denn nun richtig ist, ist manchmal ganz schön kompliziert. Sie schreiben: „Es **wurde** ein IR-Spektrum aufgenommen.“ Aber „Das IR-Spektrum **zeigt**, dass ...“² Da Sie im Kapitel „Versuchsdurchführung“ ausschließlich Ihre eigenen Tätigkeiten beschreiben, sollte dieses Kapitel ausschließlich im Imperfekt formuliert sein.

Das Imperfekt wirkt überdies weniger anmaßend³. Sollten Sie jedoch mal auf einen Korrektor treffen, der es gern lieber im Präsens hätte, dann diskutieren Sie nicht lange, schließlich handelt es sich um eine Auftragstätigkeit. Viel schlimmer als die falsche Zeitwahl ist ein Springen zwischen den Zeiten! Auch die Vorzeitigkeit des Nebensatzes im folgenden Beispiel ist hierfür keine Entschuldigung: „Nachdem über Nacht gerührt wurde, wird die Mischung abgesaugt.“⁴

¹ Wäre es anders, wäre die Zeit im Praktikum verschwendet und man könnte Sie gleich in die Forschung stecken.

² Wenn Sie auf beide Aussagen Wert legen wäre allerdings besser, weil kürzer: „Das aufgenommene IR-Spektrum zeigt, dass ...“

³ Die Aussage: „10 g wurden in 100 ml gelöst.“ hat protokollarischen Charakter, die Aussage „10 g werden in 100 ml gelöst.“ dagegen den Wahrheitsanspruch, dass sich die 10 g auch tatsächlich auflösen.

⁴ Sie können dem Vorzeitigkeitsproblem aus dem Wege gehen mit: „Nach Rühren über Nacht wurde die Mischung abgesaugt.“

2.6 *Abbildungen und Tabellen*

Auf Abbildungen und Tabellen muss im Text mindestens einmal Bezug genommen werden – sonst sind diese ja sinnlos. Im einfachsten Fall formulieren Sie z.B.: „Der Aldehyd reagiert nach folgendem Mechanismus:“ Aufwändiger – im komplexeren Ergebnisberichten aber dafür unumgänglich – ist die Nummerierung dieser Elemente. Die Verankerung im Text würde jetzt lauten: „Der Aldehyd reagiert nach dem in Abbildung *n* angegebenen Mechanismus.“ Die Abbildung **muss** jetzt eine Beschriftung bekommen, die wie folgt formatiert ist:

Abbildung n: Reaktion des Aldehyds

Textprogramme wie WORD stellen für solche Beschriftungen ebenfalls Formatvorlagen zur Verfügung.

Lernen Sie, solche Formatvorlagen zu nutzen!

Hier wie auch bei den Überschriften besteht der Vorteil darin, dass das Textprogramm automatisch das Durchnummerieren übernimmt und also automatisch die Nummerierung korrigiert, wenn Sie ein weiteres Element einfügen oder ein Element löschen. Auch im Text bleibt alles korrekt, wenn Sie Bezüge nicht per Hand eintippen, sondern als „Querverweis“¹ einfügen. Schreiben Sie also nicht: „Der Aldehyd reagiert nach dem in Abbildung *n* angegebenen Mechanismus.“ sondern fügen Sie für „n“ einen Querverweis – in diesem Fall auf die Abbildung – ein. Sie können auch auf andere Dinge, wie z.B. Kapitel oder Fußnoten verweisen.

Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung von Formatvorlagen besteht darin, dass das Textprogramm auf Knopfdruck Inhalts- oder Abbildungsverzeichnisse erzeugen kann, die niemals von Hand nachkorrigiert werden müssen und deshalb frei von Fehlern sind.

2.7 *Bewertung des Versuchsergebnisses*

Seien Sie kritisch mit der Bewertung Ihres Versuchsergebnisses. Behaupten Sie nicht, ein hochschmelzendes Produkt sei rein, wenn statt der Kristalle eine marzipanartige Masse erhalten wurde – auch dann nicht, wenn das Dünnschichtchromatogramm keinen Hinweis auf Verunreinigungen gibt. Durch die hilfswise Auswertung einer Spektrenkopie wird eine Struktursicherung nur simuliert, nicht aber vollzogen! Wenn sich die Brechungsindices von Edukt und Produkt nur in der dritten oder vierten Nachkommastelle unterscheiden, oder das gleiche für verschiedene mögliche Produkte gilt, ist der korrekte Brechungsindex kein Beweis, dass die gewünschte Struktur entstanden ist. Es kann sein, dass unter Praktikumsbedingungen die Identität eines Stoffes nicht zwei-

¹ WORD: Menü „Verweise“ -> Beschriftungen

felsfrei festgestellt werden kann und die erhaltenen Daten nur kompatibel mit dem angenommenen Produkt sind. Stilisieren Sie diese Indizien dann nicht zum Beweis hoch!

Halten Sie sich mit Lob oder Tadel über den Erfolg Ihrer Arbeit zurück. Ihnen fehlt noch die Erfahrung zu beurteilen, ob es noch ‚gut‘ oder ‚nicht mehr so gut‘ ist, wenn Sie eine Literatursausbeute um 10 % verfehlt haben. Stellen Sie stattdessen experimentellen Wert und Literaturdaten gegenüber. Korrekt ist, wenn Sie dann schreiben, dass die Literatursausbeute um 10 % verfehlt worden ist¹. Andererseits sollten Sie sich angewöhnen, das Ergebnis Ihrer Arbeit zu kommentieren. Sie haben zum Beispiel 57 % Ausbeute einer farblosen kristallinen Substanz erhalten, deren physikalische und spektrale Daten den Literaturdaten entsprachen oder Sie haben statt der Kristalle 35 % eines grauen Pulvers erhalten, welches 7 °C zu tief aufschmolz, aber weder im DC noch im IR-Spektrum Auffälligkeiten zeigte.

2.8 *Versuchsdurchführung*

2.8.1 *Ansatz und Ausbeute*

Zur Berechnung von Ansatz und Ausbeute müssen Sie die Bruttoreaktionsgleichung formulieren, um zu sehen in welchem stöchiometrischen Verhältnis die Reaktanden eingesetzt werden. Der entsprechende Textbaustein der Dokumentvorlage stellt eine dazu passende Tabelle zur Verfügung. Gleichung und Tabelle sind eigentlich Dinge, die bei einem selbst konzipierten Versuchsansatz ihren Platz im Laborjournal haben, aber wir empfehlen, für die Anfertigung der Praktikumsprotokolle die Berechnung der Ausbeute auch im Protokoll transparent zu machen, weil es dann leichter ist, ev. Rechenfehler zu finden.

Die Ausbeute wird stets auf die im Unterschuss eingesetzte Komponente bezogen. Das ist zwar häufig, muss aber keineswegs immer das organische Substrat sein. Passen Sie die Rechengenauigkeit der Problematik und vor allem der Genauigkeit der Messgrößen an.

- Tippen Sie niemals das gesamte Rechnerdisplay ab, sondern überlegen Sie, wie viele Stellen gültig sind.
- Es ist Unfug, bei einem Ansatz im Gramm-Bereich die Produkt-Auswaage auf der Analysenwaage auf ein Milligramm genau auszuwiegen. Geben Sie stattdessen auch die Auswaage in Gramm mit einer Nachkommastelle an und runden Sie die damit berechnete Ausbeute auf einen ganzzahligen Wert.²

Sollen Sie hingegen ein quantitatives UV-Spektrum aufnehmen, ist ganz im Gegenteil die höchstmögliche Einwaagegenauigkeit wichtig.

¹ Das Verfehlen der Literatursausbeute ist kein Mangel! Siehe dazu Kapitel 2.4

² Bei kleinen einstelligen Ausbeuten kann auch eine Nachkommastelle sinnvoll sein.

Wählen Sie im Protokoll die Maßeinheiten so, dass der Zahlenwert zwischen 0.1 und 1000 liegt! Schreiben Sie also z. B. „34 ml“ und nicht 0.034 l“. Weichen Sie aber von dieser Regel dann ab, wenn sonst eine zu hohe Genauigkeit des Zahlenwertes vorgetäuscht würde: Wenn eine Waage nur auf 10 mg genau wiegt, sollten Sie z. B. „0.08 g“ angeben und nicht „80 mg“.

2.8.2 Versuchsvorschrift und Versuchsdurchführung

Über die Notwendigkeit der Protokollierung der Versuchsdurchführung gibt es manchmal Akzeptanzprobleme: „*Es steht doch schließlich alles schon im Skript!*“

Über die Probleme, die die meisten Praktikanten haben, eine Versuchsdurchführung knapp und präzise zu formulieren, ist im nächsten Kapitel die Rede. Hier geht es zunächst einmal darum, dass es zwischen Vorschrift und Durchführung sehr wohl Unterschiede gibt, wie die folgenden Beispiele zeigen:

| Vorschrift | Protokoll |
|---|--|
| Die Mischung wird bis zur völligen Entfärbung erhitzt | Nach 2 Stunden war die Mischung völlig entfärbt. |
| Falls die Umsetzung nach 30 Minuten noch nicht vollständig ist, werden weitere 30 mg Startreagenz hinzugefügt und weitere 30 Minuten erhitzt. | Nach 30 Minuten wurden weitere 30 mg Startreagenz hinzugefügt und weitere 30 Minuten erhitzt. –oder– Nach 30 Minuten war die Reaktion beendet. |

Vermeiden Sie in der Versuchsdurchführung Worte wie „dürfen“ oder „beachten“. Der Satz: „*Dabei durfte die Temperatur 50 °C nicht überschreiten.*“ beantwortet nicht die Frage, ob das genannte Verbot hier nun eingehalten wurde oder nicht. (Das gleiche gilt für Sätze wie: „*Dabei war zu beachten, dass ...*“ oder: „*Vorsicht! Langsam zugeben!*“) Korrekt wäre aber der Satz: „*Der Aldehyd wurde so hinzugegeben, dass die Temperatur der Mischung 50 °C nicht überschritt.*“¹

2.9 Struktursicherung

Die Dokumentvorlagen enthalten für die Auswertung der Spektren jeweils passende Textbausteine. Zeichnen Sie bei NMR-Spektren bei allen Signalen erster Ordnung die ‚Aufspaltungsbäum-‘

¹ Wie schon gesagt: Sie können ja in einer Fußnote hinzufügen, **warum** diese Temperatur nicht überschritten werden durfte.

chen‘ in das Spektrum, um Ihre Auswertung transparent zu machen¹. Die Kopplungskonstante „J“ wird auf eine Stelle nach dem Dezimalpunkt angegeben. Das „J“ wird kursiv formatiert. Die chemische Verschiebung „δ“ wird auf 2 Stellen nach dem Dezimalpunkt angegeben.

Achten Sie darauf, Spektren nicht über- und nicht unterzuinterpretieren. Gibt es z. B. im IR-Spektrum einen ‚Rasen‘ gleichmäßiger Banden im Bereich um 1450 cm⁻¹, so wird es kaum möglich sein, eine CH₂-Beugeschwingung ‚eindeutig‘ zu detektieren.

2.10 Quellen

2.10.1 Gute und schlechte Quellen

Ach wie schön ist doch das Internet! Nach 5 Minuten ‚googeln‘ hat man einen Text, der genau das beinhaltet, was man für das Protokoll braucht. Click-click-click – und schon ist der gleiche Text im Protokoll. Oder das schon testierte Protokoll vom Nachbarn. Der gleiche Versuch! Wenn der Assistent das Protokoll beim Nachbarn gut fand müsste er das doch beim eigenen Protokoll auch gut finden, oder?

Fremde Leistungen als eigene Leistungen auszugeben ist das Schlimmste, was Sie im Wissenschaftsbetrieb machen können!

Wenn Sie dabei erwischt werden – und irgendwann werden Sie dabei erwischt! – ist Ihre Reputation im Keller – irreversibel! Im Augenblick droht Ihnen als unmittelbare Folge zwar erst mal nur eine Sanktion, indem z.B. der Versuch oder das Praktikum wiederholt werden muss, später ist es Ihr Karriereende²! Auch im Studium ist Ihr guter Ruf schon bedroht! („Das ist doch der, der damals...“). Im übrigen werden derartige Unregelmäßigkeiten in Ihrer Akte im Prüfungsbüro vermerkt. Das hat zwar außer der schon erwähnten unmittelbaren Sanktion erst mal keinerlei weiteren Folgen für Sie, aber wenn Sie bei der nächsten Unregelmäßigkeit erlappt werden, wird man auf diesen Eintrag stoßen und die dann erfolgenden Sanktionen sind härter. Die härteste Sanktion ist übrigens die Erklärung des endgültigen Nichtbestehens der Prüfung. Passiert das bei einer

¹ Sie erhalten Ihre Spektren entweder als Grafik- oder als pdf-Dateien. Auch in pdf-Dateien kann man nachträglich z.B. Linien einzeichnen. Das geht sogar mit gängigen „Kostnix-Readern“.

² Es gibt nicht nur die paar öffentlich bekanntgewordenen Politikerkarrieren, die an solchen Vorfällen abrupt gescheitert sind. Wenn im Wissenschaftsbetrieb intern so ein Vorfall aufgedeckt wird, erscheint darüber nicht mal irgendwo eine Fußnote.

Pflichtveranstaltung, haben Sie Pech: Sie können das Studium an den Nagel hängen – und zwar in ganz Deutschland!

Sie finden das ganz legitim, Texte per copy/paste zu übernehmen? Schließlich ist das doch alles im Internet frei verfügbar? Wenn Sie dabei kein schlechtes Gewissen haben, dann entwickeln Sie dafür eins! Sie gaukeln dem Assistenten damit nämlich vor, einen Text selbst geschrieben zu haben. Noch schlimmer wird es, wenn Ihr Plagiat öffentlich zugänglich ist. Neben dem Plagiatsvorwurf kann es dann nämlich sein, dass Sie zusätzlich ein teures Verfahren wegen Urheberrechtsverletzung am Hals haben¹.

Sie verstehen jetzt vielleicht, dass wir hart durchgreifen, wenn wir so etwas entdecken. Bedenken Sie: Wenn wir je nach Schwere des Falles den Versuch, das Praktikum oder sogar das ganze Modul für nicht bestanden erklären, ist das immer noch harmloser als der oben beschriebene Laufbahnabbruch!

Sie unternehmen also bitte keine copy/paste-Versuche und schreiben auch keine Texte ab! Das wäre, selbst wenn man den Betrugssachverhalt außen vor lässt, eine mangelnde Eigenleistung und also auch so schon eine „5“. Sich über etwas zu informieren ist freilich OK. Die Informationsquellen müssen Sie zitieren! Was aber müssen Sie alles zitieren?

In einem Grundpraktikum gehören die Reaktionsmechanismen zu den durchgeführten Reaktionen in der Regel zum allgemeinen chemischen Wissen und Sie müssen deshalb für Ihre Reaktionsmechanismen keine Quellen angeben. Allenfalls, wenn Sie in einem bestimmten Lehrbuch Erläuterungen finden, die es so in den anderen üblichen Lehrbüchern nicht gibt, kann das eine Zitatangabe rechtfertigen. Haben Sie Ihre Informationen aus einer Publikation, einem Fachbuch, welches kein Lehrbuch ist, oder ist es ein Hausskript, so ist dies hingegen anzugeben. Zitieren sollten Sie ferner alle Literaturquellen für die physikalischen Daten. Da Sie für Vergleichswerte der spektroskopischen Daten fast ausschließlich die beiden Quellen „Organikum“ und „Hesse, Meier, Zeeh“ benutzen, kann hier der Einfachheit halber die Quellenangabe entfallen, wenn Sie aus diesen beiden Lehrbüchern z. B. zitieren, dass Sie die Carbonylschwingung eines Esters zwischen 1750 –

¹ Denken Sie daran, dass Sie beim Weiterverkauf Ihres MP3-Players bei „ebay“ nicht mal das Originalfoto des Herstellers verwenden dürfen sondern Ihren Player schon selbst ablichten müssen, um keinen Ärger zu bekommen.

1735 cm^{-1} erwarten. Nutzen Sie hingegen andere Lehrbücher für die Spektreninterpretation, geben Sie diese bitte an.

Kann man auch Internetquellen zitieren?

An die Qualität einer zitierten Quelle sind bestimmte Anforderungen zu stellen. Dazu gehören Seriosität, Beständigkeit und klare Urheberschaft. Gerade das freie Internet zeichnet sich dadurch aus, dass es eben nicht beständig sondern flüchtig ist. Auch wenn die WEB-Seite schön aussieht, ist das kein Indiz für Seriosität. Bei Wikipedia ist nicht mal die Urheberschaft klar. Jeder kann am Text herumstricken, wenn er will. Wikipedia ist deshalb zwar eine wunderbare und unschätzbare Informationsquelle, aber zitierfähig ist es eher nicht! Seien Sie also vorsichtig mit dem Zitieren von Internetquellen und geben Sie klassischen Quellen den Vorrang. Auch „klassische Quellen“, also z.B. Publikationen in chemischen Fachzeitschriften sind heutzutage wahlweise oder sogar nur noch online zugänglich. Natürlich sind das seriöse Internetquellen.

Kann man auch Chemikalienkatalogdaten zitieren?

Das Argument, das sei unwissenschaftlich, ist Unsinn! Gerade Chemikalienzulieferer haben auf dem Markt nur eine Chance, wenn sie unter streng zertifizierten Bedingungen arbeiten und die bereitgestellten Daten eine hohe Zuverlässigkeit haben.¹ An der Universität gibt es keinen Zwang zu Qualitätskontrollen, die Betriebsanleitung eines Gerätes ist oft schnell futsch und für die regelmäßige Wartung kein Geld da. Es kann dann vorkommen, dass jemand sich für kompetent in der Bedienung eines Geräts erklärt, wenn er den Power-on-Knopf gefunden hat und irgendein Messergebnis angezeigt wird. Selbst das Messen von Schmelzpunkten ist nicht trivial und kann falsche Ergebnisse liefern, wofür die Bandbreite der bei einer Literaturrecherche gefundenen Schmelzpunkte ein manchmal sehr erschütternder Beleg für diese Aussage ist. Böse formuliert: Eigentlich sollte man **vorzugsweise** die Katalogdaten zitieren!

Allerdings gibt es noch einen anderen Aspekt. Im Augenblick haben Sie nämlich noch Glück: Sie stellen zu Übungszwecken Standardverbindungen her, die man oft auch kaufen kann. Schön bequem, wenn man dann gleich im Katalog die Daten findet. Im Forschungspraktikum oder bei der Promotion werden Sie Daten nur noch aus wissenschaftlichen Literaturquellen bekommen können. Es geht also auch darum zu **lernen**, wie man Informationen aus solchen Quellen bekommt. Wenn

der Assistent Ihnen den Gebrauch von Katalogen wegen der damit verbundenen Bequemlichkeit untersagt, kann das also wohlbegründet sein.

2.10.2 Richtiges und falsches Zitieren

Derzeit gibt es (noch) keine einheitliche Zitierweise. Folgende Dinge sollten Sie aber unbedingt beachten:

- Halten Sie sich an eine der gängigen Zitierweisen und erfinden Sie nicht Ihre eigene!
- Halten Sie sich strikt an das Schema der einmal gewählten Zitierweise! Geben Sie also nicht jeden Literaturbeleg auf eine andere Art und Weise an!

Folgende Dinge sind anzugeben:

- **Alle Autoren inklusive Anfangsbuchstabe des Vornamens.**
- **Name der Zeitschrift oder der Monographie²**

Für den Namen von Zeitschriften sind Abkürzungen zu verwenden, die ebenfalls standardisiert sind. Durchgesetzt hat sich dabei das CASSI-System (Chemical Abstracts Service, Source Index). Eine in beiden Richtungen recherchierbare Datenbank für die Korrelation „Zeitschrift-Titel <-> Abkürzung“ finden Sie unter:

<http://cassi.cas.org/search.jsp>

- **Jahrgang und Jahr bei Zeitschriften, Jahr bei einer Monographie**

Die dabei zwangsläufig entstehende Redundanz (bei Angabe einer Zeitschrift würde „eigentlich“ entweder Jahr oder Jahrgangsangabe reichen) sichert, dass auch bei Tippfehlern (z. B. „Zahlendreher“) das Zitat noch recherchierbar bleibt.

- **Seitenzahl(en)**

Geben Sie die richtige Zitiertiefe an! Darunter versteht man die genaue Angabe der zitierten Textstellen. Beispiele: Wenn Sie den Literaturwert für einen Schmelzpunkt zitieren, so geben Sie die Seite an, auf der dieser Literaturwert zu finden ist und nicht etwa den Anfang des möglicherweise 50-seitigen Artikels!³ Wollen Sie dagegen den ganzen Artikel zitieren, z. B. weil es sich um einen Review-Artikel über die von Ihnen durchgeführte Reaktion handelt, so geben Sie den gesamten Seitenumfang – also erste bis letzte Seite an.⁴ Handelt es sich um eine Reaktionsvorschrift, die in diesem Artikel 2 Seiten ein-

¹ Haben Sie an einer Universität schon mal jemanden gesehen, der ein Schmelzpunktsgerät überprüft, ob es richtige Werte misst?

² „Monographie“ ist der Fachausdruck für das, was Sie umgangssprachlich ein „Buch“ nennen.

³ Sie würden es ja auch selbst als Zumutung empfinden, diesen Artikel nach der einen Schmelzpunktsangabe durchsuchen zu müssen.

⁴ In diesem Fall geht es um eine heutzutage übliche Service-Funktion: Der Leser soll gleich wissen, was ihn bei der Recherche des Artikels erwartet.

nimmt, so zitieren Sie genau diese zwei Seiten, usf. Lassen Sie sich nicht davon beeindrucken, dass dies in früheren Publikationen so noch nicht üblich war!

Nachstehend sind einige Beispiele für das Zitieren von Literaturquellen gegeben. Die Zitierweise folgt hier bei den beiden ersten Beispielen den Richtlinien der *American Chemical Society*. Dieser Standard hat im Bereich der Chemie weite Verbreitung. Andere Standards sind z. B. die *Vancouver-Konvention*, die *CBE-Richtlinien* (Council of Biology Editors) oder die DIN-Norm 1505 T 2 (1984). Beachten Sie, dass Art des Layouts und der Interpunktion genau festgelegt sind!

Buch (mit einem oder mehreren Autoren)

Tietze, L.-F.; Eicher, T. *Reaktionen und Synthesen im organisch-chemischen Praktikum*; Thieme: Stuttgart, **1981**; Kapitel 5

Zeitschrift

Gennes, P. G. *J. Chem. Phys.* **1971**, *55*, 572-573

Katalogangaben

Für die Zitierweise von Katalogdaten gibt es keine festgelegten Regeln. Geben Sie auf jeden Fall die Bestellnummer, ferner Seite (Redundanz!) und Jahr an. Ein entsprechendes Zitat könnte also lauten:

Merck, **2011**, 841005, S. 294

Internet

Auch für das Zitieren von Internetquellen gibt es noch keine festgelegten Regeln. Wegen der Flüchtigkeit des Mediums muss aber neben dem URL auch das Zugriffsdatum angegeben werden, also z. B.:

<http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/ressourcen/laborpraxis/>
(23.2.2012)¹

2.11 Abschlusskorrektur

Fertigen Sie Protokolle gleich an und schieben Sie die Anfertigung nicht auf die lange Bank! Das unverzüglich angefertigte Protokoll eröffnet Ihnen überdies die Möglichkeit, das fertige Elaborat einfach mal ein paar Tage liegen zu lassen, ohne die Abgabefrist zu überschreiten. Wenn Sie einen Text intensiv bearbeiten, lesen Sie nämlich immer wieder über Ihre Fehler hinweg! Wenn Sie hingegen den Text nach ein paar Tagen noch einmal lesen (können), werden Ihnen selbst Unzulänglichkeiten auffallen, die sonst Missfallen der Assistenten erzeugen.

¹ Bei Online-Zeitschriften muss natürlich kein Zugriffsdatum angegeben werden, sondern es wird zitiert wie oben beschrieben.

3 Gebrauch der Sprache

3.1 Textfluss

Achten Sie auf einen konsequent logischen Aufbau. Es darf nichts plötzlich ‚vom Himmel fallen‘, wie es der Tropftrichter im folgenden Beispiel tut. Statt

„In einem Rundkolben wurde 150 ml Substanz A gegeben. Durch den Tropftrichter wurde 10 ml Substanz B hinzugegropft.“

muss es richtig heißen:

„In einem Dreihalskolben mit aufgesetztem Tropftrichter und Rückflusskühler wurden 150 ml der Substanz A vorgelegt und durch den Tropftrichter 10 ml der Substanz B hinzugegropft.“¹

Verwenden Sie eingeführte Fachbegriffe konsequent und gebrauchen Sie keine Synonyme – auch wenn Ihnen der Text dadurch langweilig erscheint! Sofern Fachbegriffe von Ihnen definiert oder sonstwie erläutert werden, achten Sie darauf, dass dies bei der erstmaligen Nennung dieses Begriffes erfolgt und nicht erst später!

3.2 Wahre Kompetenz und Wichtigtuerei

Verwenden Sie statt gestelzter Substantive die einfachen Verben. Beispiele:

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| zur Kristallisation bringen | -> kristallisieren |
| den Nachweis erbringen | -> nachweisen |
| eine Filtration durchführen | -> filtrieren |

Wenn sich eine substantivierte Verbform nicht vermeiden lässt: Geben Sie dem Gerundium Vorrang vor der „ung“-Form, also:

Bei der Umsetzung von ... -> Beim Umsetzen von ...

Kontrollieren Sie, ob Sie nicht "Technik" meinen, wenn Sie "Technologie" schreiben! Dies gilt auch für alle anderen "Ologie"-Wörter. "Izitäts"-Wörter sind häufig falsche Kunstformen. Statt "Hydrophobizität" heißt es schlicht "Hydrophobie".

Vermeiden Sie unnötige Füllwörter wie „außerordentlich“, „grundsätzlich“, „sehr“, „natürlich“, „selbstverständlich“ oder gar „ja“, „übrigens“, „irgendwie“ oder „ziemlich“. Eine Vielzahl muss nicht „reiche Vielzahl“ genannt werden, damit klar ist, dass hier eine große Anzahl gemeint ist und eine „genaue Analyse“ ist auch als bloße „Analyse“ exakt.

Neben unnötigen Füllwörtern gibt es auch unnötige Füllsilben. Beispiele:

| | |
|------------|--------------|
| vorgeplant | -> geplant |
| beinhalten | -> enthalten |
| abändern | -> ändern |

Oder wie klingt der folgende Text: „Die mit dem Arbeitsgruppenleiter vorgeplante Synthese beinhaltete gegenüber der Originalvorschrift die folgenden Abänderungen...“

Unsinnige Steigerungen sind ebenfalls höchstens in der Umgangssprache tolerabel, nicht aber in einem wissenschaftlichen Text. Beispiele:

| | |
|--------------|---------------|
| zuallererst | -> zuerst |
| weitgehendst | -> weitgehend |

Vermeiden Sie Sprachschwulst. Beispiel: „Substanz A stellt den Precursor von Substanz B dar.“ (Substanz A ist kein Schauspieler! Vielmehr ist sie der Precursor – oder viel besser noch: Die „Vorstufe“ von Substanz A. Precursor ist ein vermeidbarer Anglizismus!) Weitere Beispiele: Eine Substanz wird nicht „generiert“ sondern „her-“ oder „dargestellt“, „synthetisiert“ oder einfach „erhalten“.

Gebrauchen Sie eine möglichst einfache Sprache und verstecken Sie sich nicht unnötig hinter fachchinesischen Kunstwörtern! Es klingt gestelzt, wenn Sie eine Trimethylsilylgruppe in eine „Halogenfunktionalität“ statt einfach in die Halogenverbindung überführen. Ungeeignete Wortwahl kann auch leicht albern wirken: Wenn Ihre Reaktion „tadellos“ angesprungen ist, so sieht dies aus, als hätten Sie sich selbst darüber gewundert.

Praktikanten „**verzichten**“ gern auf die Durchführung einer Laboroperation, was so klingt, als wäre es mit seelischen Schmerzen verbunden, dies nicht tun zu dürfen. In Wirklichkeit waren die Praktikanten doch heilsfroh, weil sie das nicht machen mussten oder meinten, dies nicht machen zu müssen! Wenn Sie eine im Skript vorgesehene Laboroperation im konkreten Fall für nicht notwendig erachtet haben, dann schreiben Sie einfach, dass das nicht notwendig war oder dass die Substanz bereits nach 2 Minuten aus dem Reaktionsgemisch in schönen langen Kristallnadeln dünnschichtchromatographisch einheitlich und mit Literaturschmelzpunkt ausfiel und also nicht mehr chromatographiert und umkristallisiert werden musste - aber verzichten Sie auf das Wort „verzichten“!

¹ Diese umfängliche Art der Versuchsbeschreibung werden Sie sich ohnehin möglichst bald abgewöhnen müssen. In einer „richtigen“, also z. B. in einer publizierten Versuchsvorschrift würde es heißen. „Zu 150 ml der Substanz A wurden 10 ml Substanz B hinzugegropft.“

3.3 Geschriebenes und Gemeintes

Achten Sie auf korrekte Bezüge! Weil es so viele Fallen gibt, in die Sie hineintappen können, folgt hier eine Sammlung von Beispielen:

- Statt „*Im Gegensatz zum Edukt ist die Aldehydbande jetzt verschwunden.*“ muss es korrekt heißen: „*Im Gegensatz zum Spektrum des Edukts ist die Aldehydbande jetzt verschwunden.*“
- „*Überschüssiges Butyllithium wird mit Wasser zersetzt, mit Ether extrahiert und nach dem Trocknen mit Magnesiumsulfat abgedampft.*“ bedeutet, dass zum Schluss das Butyllithium abgedampft wurde. Gemeint war etwas völlig anderes, nämlich: „*Überschüssiges Butyllithium wurde mit Wasser zersetzt. Die erhaltene zweiphasige Mischung wurde mit Ether extrahiert und die vereinigten organischen Phasen nach dem Trocknen über Magnesiumsulfat abgedampft.*“
- „*In einem 500-ml-Kolben wurde die Substanz unter Feuchtigkeitsausschluss mittels Trockenrohr 2 Stunden gerührt, nachdem sie sich vollständig aufgelöst hatte.*“ Die Mehrdeutigkeit, ob der Feuchtigkeitsausschluss mittels Trockenrohr erfolgte oder ob 2 Stunden mit dem Trockenrohr gerührt wurde, kann man durch Mitdenken beim Lesen noch zugunsten der erstgenannten Möglichkeit entscheiden. Sicher eindeutig falsch ist aber die Aussage, dass mit dem Rühren erst begonnen wurde, nachdem die Substanz sich aufgelöst hatte. (Gemeint war statt dessen, dass unter Rühren gelöst und nach dem vollständigen Auflösen noch weitere 2 Stunden gerührt wurde. Im Übrigen ist die Angabe des Trockenrohres eine Trivialität, auf die besser verzichtet worden wäre.)
- Es gibt keinen „*eluierten Peak*“ sondern nur eine „*eluierte Substanz*“.
- „*Zu der rührenden Suspension wurden 30 ml Eisessig hinzugegropft.*“ klingt rührselig. In Wirklichkeit handelt es sich um eine gerührte Suspension.

Manches hat sich im Sprachgebrauch wohl schon so eingegraben, dass niemand mehr Anstoß daran nimmt. So ist die „*fraktionierte*“ Destillation in Wirklichkeit eine „*fraktionierende*“ Destillation, denn nicht der Arbeitsvorgang wird hier in einzelne Fraktionen getrennt, sondern die Substanz, die dieser Operation unterworfen wird.

- Jetzt eine Übungsaufgabe: Was ist falsch an folgender Aussage: „*Die vereinigten Phasen wurden mit Wasser gewaschen. Anschließend wurde sie mit Magnesiumsulfat getrocknet.*“ (Auflösung am Ende dieses Textes)

Beachten Sie die richtige Verknüpfung von Nebensätzen. Der Satz „*Die Temperatur stieg an, um gleich darauf wieder abzufallen.*“ soll eigentlich eine rein zeitliche Abfolge schildern. Der Infinitiv „um ... zu“ beschreibt jedoch einen Zweck! Korrekt gelesen wollte in diesem Satz die Temperatur also ansteigen, damit sie danach wieder abfallen konnte.

3.4 Weitere Fehler

Vermeiden Sie Anglizismen: Wenn es im Englischen heißt: „*...was stirred for 30 minutes.*“ dürfen Sie daraus im Deutschen nicht: „*...wurde für 30 Minuten gerührt.*“ machen.

Ein vereinzelter Anglizismus hat sich in deutschen Fachzeitschriften allerdings auf breiter Front durchgesetzt: Sofern dort überhaupt noch in deutscher Sprache publiziert wird, wird das Dezimalkomma durch den Dezimalpunkt ersetzt. Wenn Sie insgesamt 3 Gramm und 230 Milligramm eingewogen haben, so sollten auch Sie dafür also schreiben „3,23 g“.¹

Schieben Sie Nebensätze nicht unnötig in andere Sätze ein! Beispiel: „*Es wurde, nachdem über Nacht gerührt wurde, am nächsten Tag noch einmal mit der gleichen Menge des Eduktes versetzt.*“ klingt holpriger als „*Nachdem über Nacht gerührt wurde, wurde am nächsten Tag noch einmal mit der gleichen Menge des Edukts versetzt.*“ Wie von selbst fließt übrigens beim Lesen des letztgenannten Satzes die beste Lösung aus der Feder: „*Nach Rühren über Nacht wurde erneut mit der gleichen Menge des Edukts versetzt.*“

Verwenden Sie Worte, für die es mehrere Schreibweisen gibt, immer einheitlich. („*Reagentier*“ <- > „*Reagenzier*“).

Übertragen Sie keinen „Laborslang“ ins Protokoll. Beispiele:

- Eine Mischung wird nicht „*rückflussgekocht*“ sondern „*unter Rückfluss gekocht*“ oder „*zum Sieden erhitzt*“.
- Statt „*abnutscheri*“ muss es „*absaugen*“ heißen
- Statt „*einrotieren*“ muss es entweder „*einengen*“ oder „*abdampfen*“ heißen.
- Die „*gesäulte*“ Substanz ist in Wirklichkeit „*säulenchromatographisch gereinigt*“ worden.

„*Weiß*“ ist die umgangssprachliche Umschreibung dessen, was der Wissenschaftler „*farblos*“ nennt.

„*Exikator*“ mag vielleicht der Hauptdarsteller in einem Horrorfilm sein. Das Gerät, mit dem im Labor Festsubstanzen getrocknet werden können, heißt „*Exsikkator*“.

3.5 Formeln und Abkürzungen

Die Verwendung von Summenformeln im Text ist zu vermeiden. Zulässig sind dagegen Abkürzungen. (Beispiel: „THF“ = Tetrahydrofuran) Folgende Abkürzungen dürfen Sie ohne Erläuterung verwenden:

¹ Vielleicht ist es Ihnen ja auch schon selbst aufgefallen, dass auch in diesem Skript durchgängig der Dezimalpunkt verwendet wird.

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------|
| Abbildung | Abb. | Molekülmasse, relative | Molmasse |
| absolut | abs. | Molprozent | mol-% |
| Ausbeute | Ausb. | prozentig | proz. |
| Dünnschicht- chromatogramm | DC | Raumtemperatur | Raumtemp. |
| Gewichtsprozent im Vakuum | Gew.-% i.Vak. | Schmelzpunkt | Schmp. / Fp. |
| Infrarot | IR | Siedepunkt | Sdp. / Kp. |
| kernmagnetische Resonanz | 1-H-NMR ¹ H-NMR | stündig | stdg. |
| | dito f. and. Kerne | Tabelle | Tab. |
| konzentriert | konz. | Ultraviolett | UV |
| Literatur | Lit. | Vakuum | Vak. |
| Massenspektrum | MS | verdünnt | verd. |
| Maximum | Max. | Volumen | Vol. |
| Temperatur | Temp. | Volumenprozent | Vol.-% |
| Minimum | Min. | Zersetzung | Zers. |
| Mischschmelzpunkt | Misch.-Schmp. | Zersetzungspunkt | Zers.-P. / Fp.(Z) |
| Molekulargewicht | s. Molekülmasse | | |

Wollen Sie andere Abürzungen verwenden, müssen Sie das bitte im Text erläutern.

Einheiten werden wie folgt abgekürzt:

| | | | |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Bar | <i>bar</i> | Milligramm | <i>mg</i> |
| Grad Celsius | °C | Millimol | <i>mmol</i> (nicht <i>mMol</i>) |
| Grad Kelvin | <i>K</i> (nicht °K) | Mikroliter | <i>μl</i> oder <i>μL</i> |
| Gramm | <i>g</i> | Millimeter Quecksilbersäule | in <i>mbar</i> umrechnen |
| Joule | <i>J</i> | Minute | <i>min</i> (nicht <i>Min</i>) |
| Hektopascal | <i>hPa</i> | Mol | <i>mol</i> (nicht <i>Mol</i>) |
| Kalorie | <i>cal</i> | Nanometer | <i>nm</i> (nicht <i>mμ</i>) |
| Liter | <i>l</i> oder <i>L</i> ¹ | Sekunde | <i>s</i> |
| Millibar | <i>mbar</i> | Stunde | <i>h</i> |

Zwischen Wert und Einheit gehört ein Leerzeichen! Ausnahme: °C. Setzen Sie Größensymbole kursiv!

¹ Beide Formen sind möglich. Motivation für „L“ ist, dass „l“ leicht mit „1“ verwechselt werden kann.

Bei Indices stehen Subscripte vor Superskripten. Beispiel:

Brechungsindex n_D^{20}

Bei der Darstellung von chemischen Formeln oder Reaktionsgleichungen können Substituenten, die unverändert bleiben, wie folgt abgekürzt werden:

| | | | |
|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Acetyl | Ac | Heteroatom | X |
| Aryl | Ar | Ligand | L |
| Benzoyl | Bz | Metall | M |
| Benzyl | Bn | Methyl | Me |
| Butyl | Bu | Phenyl | Ph |
| iso-Butyl | <i>i</i> Bu | Propyl | Pr |
| sec-Butyl | <i>s</i> Bu | iso-Propyl | <i>i</i> Pr |
| tert-Butyl | <i>t</i> Bu | Rest | R |
| Ethyl | Et | Tosyl | Tos |
| Halogen | Hal | | |

Vermeiden Sie möglichst die veralteten Bezeichnungen „*sec*“, „*iso*“ und „*tert*“! Geben Sie verschiedenen Resten auch verschiedene Indices. Formatieren Sie diese im Superskript, also:

R¹, R² oder R¹; R¹ und nicht R₁, R₂

Auch bei Summenformeln stehen Subscripts vor Superscripts, also SO₄²⁻ und nicht SO²⁻₄.

4 Anhang

Das Beispiel ist vertrackter, als dies auf den ersten Blick erscheint. Der offensichtliche Fehler ist, dass der zweite Satz nicht im Plural anschließt: „Die vereinigten Phasen wurden mit Wasser gewaschen. Anschließend wurden sie über Magnesiumsulfat getrocknet.“ Logisch ist aber der Plural unsinnig, denn nach dem Vereinigen liegt ja nur noch eine einzige Phase vor, die getrocknet wird. Es bleibt also schematisch zunächst nichts übrig als mit einem neuen Subjekt fortzufahren: „Die vereinigten Phasen wurden mit Wasser gewaschen. Anschließend wurde die erhaltene Mischung mit Magnesiumsulfat getrocknet.“ Oder man nutzt die im Passiv gegebene Möglichkeit aus, dies ganz wegzulassen: „Die vereinigten Phasen wurden mit Wasser gewaschen. Anschließend wurde mit Magnesiumsulfat getrocknet.“ Auch hier lohnt aber die Überlegung, ob der Sachverhalt nicht ohne Verlust an Aussagekraft auch knapper formuliert werden kann: „Die vereinigten Phasen wurden mit Wasser gewaschen und mit Magnesiumsulfat getrocknet.“