

# **Leitlinien für das Fortgeschrittenenpraktikum**

## **Guidelines for the Advanced Student Labs**

Jürgen Eschner, Anna Fuchs

## **Vorbemerkung**

**Wie das gesamte Studium ist das Fortgeschrittenenpraktikum ein Teil Ihrer Vorbereitung auf Aufgaben in einer professionellen Umgebung.**

Dabei eignet sich das FP ganz besonders, um sich auf typische Situationen in der Berufspraxis vorzubereiten: Sie erarbeiten eigenständig die Grundlagen und die Evidenz, auf deren Basis Entscheidungen getroffen werden.

Daher ist insbesondere wichtig, dass Sie die Ausgangslage (bekannte Grundlagen und Methoden, frühere Resultate, verwendete Annahmen), Ihre eigenen Untersuchungen und deren Ergebnisse, und insbesondere auch die Zuverlässigkeit Ihrer Schlussfolgerungen darstellen und kritisch bewerten.

In diesem Kontext gibt es unterschiedliche Sicht- oder Herangehensweisen für die Aufgaben, Experimente und Resultate des FP. Zwei wichtige mögliche Aspekte eines FP-Experiments sind:

- Sie möchten mittels einer Ihnen gegebenen Apparatur und Methode eine unbekannte Eigenschaft oder ein Verhalten einer Probe oder eines Systems dokumentieren und quantitativ charakterisieren, z.B. die Viskosität einer Flüssigkeit, die Gitterkonstante eines Festkörpers, die Rauigkeit einer Oberfläche, etc. Dies ist die Situation einer typischen Messaufgabe.
- Sie sollen eine Apparatur oder Methode daraufhin charakterisieren, wie geeignet sie für die quantitative Vermessung einer Probe oder eines Systems ist, indem Sie Messergebnisse mit erwarteten oder bekannten Werten vergleichen. Dies ist mehr die Situation einer Kalibrierung, um später mit dem Apparat eine Messaufgabe zu bearbeiten.

Häufig haben FP-Versuche beide Aspekte, also erst die Charakterisierung der Apparatur/Methode, dann deren Anwendung für die Messung/Untersuchung eines unbekannten Systems.

In jedem Fall, sowohl bei Messergebnissen für eine unbekannte Größe als auch bei der Methodencharakterisierung, ist die Bewertung der Schlussfolgerungen im Lichte der Messunsicherheiten ein wesentlicher abschließender Schritt.

**Das Obige ist die Denkweise, mit der Sie die FP-Versuche durchführen sollen. Daraus ergeben sich auch die nachfolgenden Leitlinien.**

## **Fortgeschrittenenpraktikum - Leitlinien für das Abschlussseminar**

**Folgende Aspekte (Lernschritte, Arbeitsschritte, Kompetenzen) sollen aus dem Vortrag hervorgehen und werden bewertet:**

- Kenntnis und Verständnis der physikalischen Grundlagen  
Soweit es zutrifft: relevanter theoretischer Hintergrund, relevante Größenskalen, relevante Materialeigenschaften, wichtige Formeln (z.B. wenn diese später für Anpassungen verwendet werden)
- Verständnis des experimentellen Aufbaus  
Komponenten des Aufbaus, Funktionsprinzipien der Geräte, Vorsichtsmaßnahmen, Einfluss des Apparats auf die Messung (z.B. Apparatfunktion bei Spektrographen), Grenzen des Apparats
- Kompetente Durchführung  
Welche Experimentierschritte werden gemacht, welche Rohdaten erhält man und wie; wie wird Statistik gemacht; falls es Optionen gab: welche wurde ausgewählt und warum
- Zweckmäßige Auswertung  
Nachvollziehbare Weiterverarbeitung der Rohdaten; Begründung von Anpassungsfunktionen (Fits) aus den Grundlagen; Bedeutung der Anpassungsparameter
- Darstellung der Daten in verständlichen, sorgfältigen und informativen Diagrammen  
Große Diagramme in einheitlicher Größe, eindeutige, lesbare Achsenbeschriftungen, korrekte nachvollziehbare Einheiten, klare Zuordnung der Symbole, einheitlicher Farbcode (ggf. über mehrere Diagramme hinweg), Quellenangaben für fremde Diagramme
- Quantitativ und qualitativ überzeugende Diskussion der Messunsicherheit  
Messunsicherheiten ("Fehlerbalken") an den Datenpunkten, überzeugende Begründung der Fehlerbalken; Trennung von zufälligen und systematischen Messunsicherheiten; Fehlerfortpflanzung: wenn es geht quantitativ, sonst intelligent abgeschätzt; Zahlenangaben mit Unsicherheiten und ohne irrelevante Nachkommastellen
- Nachvollziehbare Schlussfolgerungen  
Klar formulierte Aussagen: Was kann quantitativ / qualitativ festgestellt werden, was nicht; welche Evidenz gibt es für die Aussagen; was hat das Experiment tatsächlich ergeben, welche Annahmen wurden gemacht, welche Vorinformationen oder Fremdbeiträge wurden verwendet
- **Bewertung der Zuverlässigkeit Ihrer Schlussfolgerungen in Anbetracht der Messunsicherheit und der Sicherheit der Annahmen**

*Diese Hinweise gelten selbstverständlich auch für experimentelle Qualifizierungs- und Abschlussarbeiten: Laborpraktikum, Bachelor, Master, Staatsexamen, Promotion etc.*

### **Preliminary remark**

**Like your entire studies, the Advanced Student Lab (FP) is part of your preparation for tasks in a professional environment.**

The FP is particularly suitable for preparing you for typical situations in professional practice: You will independently work out the fundamentals and the evidence on which decisions are based.

It is therefore particularly important that you present and critically evaluate the initial situation (known principles and methods, previous results, assumptions used), your own investigations and their results, and in particular the reliability of your conclusions.

In this context, there are different perspectives or approaches to the tasks, experiments and results of the FP. Two important possible aspects of an FP experiment are:

- You want to document and quantitatively characterize an unknown property or behavior of a sample or system using an apparatus and method given to you, e.g. the viscosity of a liquid, the lattice constant of a solid, the roughness of a surface, etc. This is the situation of a typical measurement task.
- You want to characterize an apparatus or method in terms of how suitable it is for the quantitative measurement of a sample or system, by comparing measurement results with expected or known values. This is more the situation of a calibration in order to later perform a measurement task with the apparatus.

Often FP experiments have both aspects, i.e. first the characterization of the apparatus/method, then its application for the measurement/investigation of an unknown system.

In any case, both for measurement results for an unknown quantity and for method characterization, the evaluation of the conclusions in the light of the measurement uncertainties is an essential final step.

**The above is the mindset with which you should carry out the FP tests. The following guidelines also result from this.**

Translated with the help of DeepL.com (free version)

## **Advanced Student Labs (Fortgeschrittenenpraktikum) - Guidelines for the final seminar**

The following aspects (learning steps, work steps, competences) should emerge from the seminar presentation and will be evaluated:

- Knowledge and understanding of the physical background  
As much as it applies: relevant theoretical background, relevant scales, relevant material properties, important formulas, in particular if they are later used for fitting data
- Understanding of the experimental apparatus  
Components of the apparatus, their principles and functions, security measures, impact of the apparatus on the measurement (such as broadening in a spectrograph), limits of the apparatus
- Competent performance of the experiment  
What is the sequence of experimental steps, which raw data are obtained and how; how are statistics done; if there were options: which one was chosen and why
- Appropriate evaluation of the data  
Well-documented processing of the raw data; justification of fitting functions from the basics; physical meaning of the fitting parameters
- Presentation of data in understandable, accurate, and informative diagrams  
Large diagrams in uniform size, unambiguous and legible axis labels, correct and appropriate units, clear assignment of symbols, uniform colour code (if necessary across several diagrams), references for diagrams from other sources
- Quantitatively and qualitatively convincing discussion of measurement uncertainties  
Measurement uncertainties ("error bars") at the data points, convincing justification of the error bars; separation of random and systematic measurement uncertainties; error propagation: quantitatively if possible, otherwise intelligently estimated; numerical results with uncertainties and without irrelevant decimal places
- Comprehensible and convincing conclusions  
Clearly formulated statements: what can be concluded quantitatively and/or qualitatively, what cannot; what evidence is there for the statements; what did the experiment actually yield, what assumptions were made, what prior information or outside contributions were used
- **Assessment of the reliability of your conclusions, in view of the measurement uncertainties and the certainty of the assumptions.**

*Of course, these guidelines apply equally to other experimental projects and theses: laboratory internships, Bachelor's, Master's, state examination thesis, doctorate, etc.*