

# 1

## Vorbereitung und Planung

Wissenschaftliche Arbeit macht Spaß! Sie entdecken etwas Neues, erstellen ein mathematisches Modell, Sie erfinden ein neues Prinzip, verbessern ein bestehendes, führen Versuche durch, die vor Ihnen noch niemand gemacht hat, und gewinnen Erkenntnisse, die für die Fachwelt neu sind!

Das gelingt allerdings nur, wenn Sie ein paar Dinge bei der Themenwahl beachten:

- Suchen Sie sich zunächst ein Thema aus, für das Sie sich wirklich begeistern können. Dann werden auch Ihre Ergebnisse gut sein! Wählen Sie das Thema nicht danach aus, welches am schnellsten zu bearbeiten ist. Das Ergebnis wird sonst weder Sie noch Ihren Betreuer bzw. Ihre Betreuerin befriedigen.
- Prüfen Sie auch, ob Sie sich mit Ihrem Betreuer oder Ihrer Betreuerin gut verstehen. Wenn Sie sich nicht mögen, dann wird auch Ihr Projekt in der Regel kein Erfolg. Auch bei technischen Arbeiten muss „die Chemie stimmen“.
- Ist alles bereit, damit Sie mit Ihrem Projekt wie geplant beginnen können? Dazu zählen Literaturquellen, die Ihnen zur Verfügung gestellt werden als Einstieg in das Thema. Ist der Versuchsstand für Ihre experimentelle Arbeit in gutem Zustand und einsatzbereit und gibt es ausreichend Versuchsmaterial? Bei simulativen Arbeiten: Ist die notwendige Software installiert? Gibt es schon Versuchsdaten zur Verifikation Ihres Modells?

### ■ 1.1 Formulierung des Themas

Das Thema Ihrer Arbeit sollte klar und leicht verständlich formuliert sein. Eine gute Themenbeschreibung beginnt damit, dass Sie zunächst den größeren Zusammenhang darstellen, zu dem das Thema in Bezug steht. Dann formulieren Sie das „Defizit“, also das Problem, das Sie lösen wollen. Danach beschreiben Sie das Ziel und zum Schluss skizzieren Sie Ihren (voraussichtlichen) Lösungsweg.

**Beispiel:**

Das Auto ist das wichtigste Fortbewegungsmittel für Menschen in den Industrieländern. Dies führte in den letzten Jahren zu einer Reihe von Neuerungen im Automobilssektor (größerer Zusammenhang). So nahm z. B. der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch neuer Modelle in den letzten Jahren kontinuierlich ab (Defizit). Ziel ist es daher, dieser Entwicklung entgegenzuwirken, um der deutschen Mineralölindustrie zu größeren Umsätzen zu verhelfen (Ziel). Dies soll über eine gezielte Erhöhung des Fahrergewichts erreicht werden (Lösungsansatz). In dieser Arbeit werden daher Möglichkeiten untersucht, Fahrer:innen gezielt fettleibiger zu machen, um so das mittlere Fahrzeuggesamtgewicht und dadurch den Kraftstoffverbrauch zu erhöhen (Lösungsweg).

Wenn Sie das Thema, wie oben beschrieben, nach dem 1. Treffen selbst formulieren und Ihrer Betreuerin oder Ihrem Betreuer vorlegen, dann sehen Sie schnell, ob Sie alles richtig verstanden haben.

**Falsche Formulierungen**

Untersuchungen, Analysen und Befragungen sind nie „Ziele“.

- „Ziel ist die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Fahrergewicht und Kraftstoffverbrauch.“ Eine Untersuchung ist nie das „Ziel“, sondern immer der „Weg“. Das Ziel ist es, den gesuchten Zusammenhang in Worten oder mit einer Gleichung zu beschreiben. Wobei auch dieses Ziel nur ein Zwischenziel auf dem Lösungsweg sein kann, denn eigentlich ist das Ziel ja, der Mineralölindustrie zu helfen.
- „Ziel ist eine Befragung von 1000 übergewichtigen Autofahrern zur Ermittlung ihrer Essgewohnheiten.“ Auch das ist kein Ziel, sondern der Weg zum Ziel, das hier darin besteht, das durchschnittliche Fahrergewicht zu erhöhen. Ja, auch das kann als „Zwischenziel“ betrachtet werden.

Je nach Umfang Ihrer Arbeit, kann Ihr Ziel somit auch ein Zwischenziel sein, auf dem der/die Nächste aufbauen wird.

## ■ 1.2 Zeitliche Planung

Vor Beginn der eigentlichen Arbeit sollten Sie sich Gedanken machen, wie viel Zeit Sie jede Woche für Ihr Projekt aufwenden können. Dabei sollten Sie auch externe Einflüsse berücksichtigen, z. B. ob Maschinen verfügbar sind, genug Versuchsmaterial vorhanden ist und das Prüflabor Zeit hat, ob eine geplante Umfrage zeit-

lich in die Ferien fällt oder bei einer simulativen Arbeit der erforderliche Computer zur Verfügung steht.

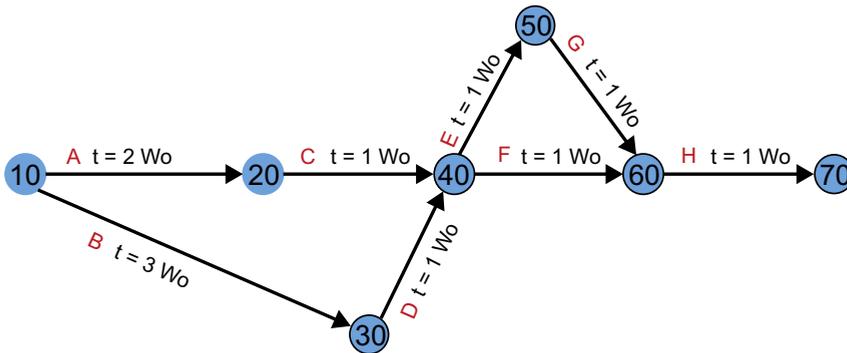
### 1.2.1 Meilensteine

Die Definition von Zwischenzielen, den sogenannten „Meilensteinen“, hilft Ihnen, Ihre Arbeit zeitlich und inhaltlich zu planen, indem Sie sie in kleinere Einheiten aufteilen. Sie erkennen so frühzeitig, zu welchem Zeitpunkt Sie welche Ressourcen brauchen und ob Sie noch im Zeitplan sind (Bild 1.2).

Formulieren Sie die Meilensteine möglichst präzise und machen Sie das Ergebnis „messbar“. Typische Beispiele für Meilensteine sind „Stand der Technik“, „Erstellung eines Versuchsplans“, „Versuche abgeschlossen“, „Auswertung der Versuche“, „grafische Darstellung der Versuchsergebnisse“, „Abschluss der Designphase“, „Erstellung der Konstruktionszeichnung“, „Erstellung der Stückliste“, „Inbetriebnahme der Maschine“, „erstes Computermodell“, „Verifikation des mathematischen Modells“, „Präsentation beim Kunden“, „Bericht fertig“.

### 1.2.2 Pert-Diagramm

Für komplexe Projekte kann es sinnvoll sein, vor der Erstellung eines konkreten Zeitplans zunächst die Verknüpfung der einzelnen Meilensteine untereinander und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten aufzuzeichnen. Dazu wird häufig ein Pert-Diagramm verwendet (Project Evaluation and Review Technique). Es wurde 1958 in den USA entwickelt und ist beispielhaft in Bild 1.1 dargestellt. Die Meilensteine werden in 10er-Schritten nummeriert, um später Zwischen-Meilensteine einfügen zu können. Der Meilenstein „10“ ist der Startpunkt des Projekts. Die Meilensteine „20“ und „30“ sind die nächsten Schritte. Die Arbeitsschritte „A“ und „B“ führen zu ihnen. Ist Meilenstein „40“ erreicht, so kann mit den Arbeitsschritten „E“ und „F“ begonnen werden, die zu den nächsten Meilensteinen führen usw. Insgesamt ist die Projektdauer in diesem Beispiel mit 7 Wochen angesetzt, wobei die Länge der Pfeile der Dauer der Arbeitsschritte entsprechen kann, um es anschaulicher zu machen.



**Bild 1.1** Pert-Diagramm

Bei der Pert-Analyse wird die Zeit, die für jeden Arbeitsschritt voraussichtlich benötigt wird, nach statistischen Gesichtspunkten errechnet. Üblicherweise gilt die Gleichung:

$$t_{\text{voraussichtlich}} = \frac{t_{\text{minimal}} + 4 \cdot t_{\text{normal}} + t_{\text{maximal}}}{6}$$

Damit kann aus den Erfahrungswerten vergleichbarer Arbeitsschritte in früheren Projekten einfach abgeschätzt werden, wie lange ein bestimmter Arbeitsschritt dauert. Wenn z. B. eine Literaturrecherche für diese Art von studentischer Arbeit meist 2 Wochen dauert, minimal auch in 1,5 Wochen und maximal in 3 Wochen abgeschlossen ist, so beträgt die voraussichtliche Dauer 2,1 Wochen. Insbesondere für zeitkritische Arbeitsschritte können Sie so die folgenden Arbeitsschritte besser planen.

Sie sollten auch Pufferzeiten vorsehen. Wenn sich etwas verzögert, so führt das dann nicht automatisch zu einer zeitlichen Verzögerung des Gesamtprojekts. Ein typisches Beispiel ist eine Extrawoche für die Bestellung von Material, das für Versuche gebraucht wird.

Der Aufwand, für eine „einfache“ studentische Arbeit ein Pert-Diagramm zu erstellen, erscheint Ihnen vielleicht zunächst groß. Es ist aber ein sehr nützliches Hilfsmittel, weil Sie dadurch gezwungen werden, sich über die zeitliche Planung und die Abhängigkeiten der einzelnen Arbeitsschritte voneinander Gedanken zu machen. Gerade bei Projekten, die Sie in einem Team durchführen, in dem die einzelnen Mitglieder unterschiedliche Aufgaben haben, ist ein Pert-Diagramm sehr hilfreich, um „böse Überraschungen“ zu vermeiden, wenn ein Team-Mitglied länger für seine Aufgaben braucht als vermutet und die anderen nicht weiterarbeiten können. Ein gut strukturiertes Projekt macht viel mehr Spaß in der Durchführung als eines, das sich „irgendwie“ entwickelt, und auch die Ergebnisse sind oft besser.

## ■ 1.3 Ressourcen

Häufig sind Sie für die Durchführung Ihrer Arbeit auf die Hilfe anderer Mitarbeiter angewiesen oder Sie benötigen Versuchszeit an einer auch von anderen genutzten Maschine. Manchmal müssen Sie sich bei experimentellen Arbeiten selbst darum kümmern, dass genügend Versuchsmaterial zur Verfügung steht. Stimmen Sie daher schon zu Beginn Ihrer Arbeit mit den beteiligten Fachabteilungen und Ihren Kollegen ab, welche Ressourcen Sie zu welchem Zeitpunkt benötigen. Bestellvorgänge erfordern oft mehr Zeit als zunächst angenommen. Das sollten Sie bei der Planung berücksichtigen („slack time“). Darüber hinaus kann es passieren, dass die vorgesehene Maschine oder der Laborprüfstand kurzfristig nicht zur Verfügung stehen. Daher sollten Sie sich frühzeitig über Alternativen Gedanken machen.

## ■ 1.4 Zeitplan

Bei der Erstellung der Zeitplanung für Ihr Projekt sollten Sie daher immer auch „Pufferzeiten“ einplanen, um solche unvorhergesehenen Verzögerungen auffangen zu können. Dies gilt auch und insbesondere für das Projektende. Wenn Sie z. B. als Abgabetermin den 31.03. vereinbart haben, dann sollte Ihr Terminplan den 17.03. vorsehen. So haben Sie am Ende des Projekts noch genügend Zeit, letzte Änderungen vorzunehmen und müssen nicht in Hektik ausbrechen, wenn der Abgabetermin immer näher rückt. Häufig stellen Sie erst ganz kurz vor Fertigstellung Ihrer Arbeit noch Fehler fest. Diese können Sie noch beheben, wenn Sie einen zeitlichen Puffer eingeplant hatten.

Denken Sie daran, dass Sie freie Zeiten für die Prüfungsvorbereitung etc. berücksichtigen. Sprechen Sie darüber schon zu Beginn der Arbeit mit Ihrem Betreuer bzw. Ihrer Betreuerin und halten Sie die Vereinbarung im Zeitplan fest.

Last but not least: Ihr Zeitplan sollte von Ihnen und Ihrer Betreuerin/Ihrem Betreuer unterschrieben sein. Nur so ist er für alle Beteiligten bindend.

## ■ 1.5 Gantt-Diagramm

Mit diesen Überlegungen erstellen Sie nun den Zeitplan für Ihr Projekt, z. B. in Form eines Gantt-Diagramms (Bild 1.2). Es wurde vom amerikanischen Unterneh-

mentberater Henry L. Gantt (1861–1919) entwickelt. Dabei wird die zeitliche Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte eines Projektes in Form von Balken auf einer Zeitachse dargestellt. Die Arbeitsschritte werden oft als „Arbeitspaket“ (AP) bezeichnet und können beliebig detailliert untergliedert werden. Für studentische Arbeiten bietet sich eine tage- oder wochenweise Einteilung an.

		Kalenderwoche									
AP	Thema	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	Arbeitsplan, Zeitplan, Ziele										
2	Literaturrecherche										
3	Marktstudie zu Pkws in Deutschland										
4	Befragung von Autofahrenden										
4.1	Im persönlichen Umfeld										
4.2	Im Stau auf der A44										
5	Auswertung der Befragung										
5.1	Statistische Analyse										
5.2	Andere Erkenntnisse										
6	Bericht										
7	Kolloquiumsvortrag										

**Bild 1.2** Gantt-Diagramm

Bei Bedarf können Sie am Ende jedes APs den jeweiligen Meilenstein einfügen, für die meisten Projekte wird ein einfaches Tabellenblatt genügen.

Sollten Sie Ihre Arbeit in „Teilzeit“ durchführen, parallel also Vorlesungen und Übungen besuchen, dann empfiehlt es sich, „Buch zu führen“ über die Zeiten, in denen Sie an Ihrem Projekt arbeiten. Dies hilft Ihnen sowohl beim aktuellen Projekt, ihre Zeit zu planen, als auch bei späteren Projekten, wenn Sie abschätzen wollen, wie lange bestimmte Tätigkeiten dauern, z. B. wenn Sie ein Pert-Diagramm erstellen möchten.

## ■ 1.6 Hilfsmittel

Es gibt eine Reihe von softwarebasierten Hilfsmitteln, die Sie bei der Planung Ihres Projekts unterstützen. Für viele Fälle genügt bereits eine einfache Tabelle, die Sie z. B. mit Excel® erstellen können. Beispiele für professionellere Lösungen, die mehr bieten, allerdings auch aufwändiger sind, finden Sie hier:

- <http://dotproject.net/>
- <http://www.ganttproject.biz/>
- <http://taskjuggler.org/> (für Linux und Unix)

Bevor Sie mit der eigentlichen Arbeit an Ihrem Projekt beginnen, sollten Sie sich zunächst einen Überblick über den Stand der Forschung (engl.: state of the art) zu Ihrem Thema verschaffen. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Häufig wurden schon Vorarbeiten durchgeführt, auf deren Ergebnissen Ihre Arbeit aufbaut. Die entsprechenden Berichte sollten Sie intensiv studieren, um die Probleme und Schwierigkeiten zu vermeiden, die schon bekannt sind. Im Kapitel „Ausblick“ dieser Arbeiten erhalten Sie oft wertvolle Hinweise, wie Sie an Ihre Aufgabenstellung herangehen sollten.
- Eine Literaturrecherche in den einschlägigen Datenbanken. Damit erhalten Sie einen schnellen Einblick in die Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen. Zwei der bekanntesten Datenbanken sind ResearchGate und das Web of Science, die Sie kostenlos nutzen können. Auch Google Scholar kann Ihnen wertvolle Literaturquellen liefern. Viele Lehrstühle haben kostenlosen Zugang zu weiteren Datenbanken, Informationen dazu hat Ihr Betreuer/Ihre Betreuerin.
- Die Lektüre der Standardliteratur zu Ihrem Thema kann Ihnen helfen, sich schnell einzuarbeiten. Normalerweise sollten solche Bücher oder die entsprechenden bibliografischen Angaben von Ihrem Betreuer/Ihrer Betreuerin zur Verfügung gestellt werden.
- Eine gute Quelle sind auch Doktorarbeiten. Darin finden Sie neben allgemeinen Erkenntnissen und einer guten Gesamtdarstellung der Zusammenhänge häufig auch umfangreiche Literaturlisten.

Planen Sie für eine Literaturrecherche zum Stand der Technik genügend Zeit ein. Üblicherweise dauert sie mindestens zwei Wochen. Viele hochwertige Veröffentlichungen erhalten Sie leicht und oft kostenlos online. Dazu zählen insbesondere die sogenannten peer-reviewed Veröffentlichungen, die vor der Publikation von ausgewiesenen Expert:innen geprüft wurden. Erst nach einer positiven Begutachtung werden sie veröffentlicht. Im Gegensatz dazu sollten Sie Quellen, die nur aus der Adresse einer Internetseite bestehen, nicht zu häufig zitieren. Ob die dort enthaltenen Informationen überhaupt richtig sind, ist nicht sicher. Dazu zählen auch

Seiten auf Wikipedia, die zwar oft geprüft sind, aber dennoch fehlerhafte Angaben enthalten können. Dort finden Sie allerdings oft gute Abbildungen, die Sie - mit Quellenangabe, je nach Lizenz - in Ihrer Arbeit verwenden dürfen. Anders verhält es sich mit den Websites von Unternehmen, die Daten zu ihren Produkten bereitstellen. Diese Angaben sind zwar oft optimistisch, aber selten total falsch.

Wenn es keine anderen Vorgaben gibt, wie Sie die gefundenen Quellen zitieren sollen, dann gibt Ihnen die DIN ISO 690 viele nützliche Hinweise.

# Index

## Symbole

- 95%-Toleranzbereich 33
- 99%-Toleranzbereich 33

## A

- Arbeit
  - experimentell 9
  - konstruktiv 10
  - Literaturrecherche 17
  - simulative 14

## D

- Design of Experiments. *Siehe* Faktorenversuchsplan
- Diagramm
  - gute und schlechte 93
  - sinnlos 90
  - Strichstärke 98

## F

- Faktorenversuchsplan 55
  - Beseitigung von Störeinflüssen 73
  - Effekt 64
  - Interpretation 71
  - Streuung der Effekte 76
  - Versuchsumfang 79
  - Wechselwirkung 68
- Flussdiagramm 16
- Formatvorlage 105

- Fotos 104
- F-Test 37

## G

- Gantt-Diagramm 5
- Gütwert 11
  - Bewertungsmatrix 13, 14

## L

- Literaturverzeichnis 114

## M

- Meilenstein 3
- Morphologischer Kasten 13
- Mutungsintervall 34

## N

- Nachkommastelle 112

## P

- Pareto-Diagramm 72
- Pert-Diagramm 3

## R

- Regressionsanalyse 43

**S**

Signifikanz-Test 35  
Stand der Technik 109  
Summenfunktion 29

**T**

Tabelle 103  
Teilfaktorenversuchsplan 81  
Titel 106

**U**

Umfragen 18  
Ursache-Wirkungs-Diagramm 10

**V**

Versuchsauswertung 21, 57  
Verteilungen 23  
- Binomial 23  
- Normal 28  
- Poisson 26  
- Weibull 38  
Vortrag 117  
- Folien und Bilder 120  
- Fragen 131  
- Gliederung 118  
- Körperhaltung 127  
- Titel 117  
- Vorbereitung 126  
- Zuhörer ansprechen 130

**W**

Wahrscheinlichkeitsdichte 28  
Wahrscheinlichkeitsnetz 39