

Schritt für Schritt durch die Maturaarbeit: Von der Fragestellung zur Statistik.

Einleitung

Immer mehr Maturaarbeiten basieren heutzutage auf Resultaten von kleinen Umfragen oder Untersuchungen/Studien im Feld.

Die Qualität dieser Untersuchungen und folglich die Zuverlässigkeit von deren Schlussfolgerungen hängen in erster Linie von den «wissenschaftlichen Kriterien» während der Untersuchung ab.

Dieses kleine Handout richtet sich sowohl an Schülerinnen und Schüler, welche eine Maturaarbeit schreiben, als auch an Lehrpersonen, welche eine Maturaarbeit betreuen. Es dient als Leitfaden, um forschungsmethodische Fehler und/oder Fehler in der Datenanalyse zu vermeiden, welche die Qualität der gesamten Maturaarbeit beeinflussen können. Gleichzeitig soll der Leitfaden helfen, der Untersuchungsphase einen wissenschaftlichen Charakter zu verleihen und somit auch die Validität der Schlussfolgerungen zu erhöhen. In diesem Leitfaden werden keine Informationen zu den mathematisch-statischen Grundlagen der Datenanalyse vorgestellt. Diese können in unterschiedlichen Lehrbüchern zum Thema Statistik nachgeschlagen werden. Unter anderem schlagen wir folgende Literatur vor:

- Ludwig, Martin, and Hartmeier, Georges. *Forschen, Aber Wie? : Wissenschaftliche Methoden Für Schriftliche Arbeiten*. 1. Auflage ed. Bern: Hep Der Bildungsverlag, 2019. Print.
- Frenzel, Eva, Glötzner, Fabian, Künsch, Hansruedi, Mylonas, Nora, Stocker, Hansjürg, and Verein Schweizerischer Mathematik- Und Physiklehrer. *Deutschschweizerische Mathematikkommission. Stochastik : Theorie Und Aufgaben Für Die Sekundarstufe II*. 1. Auflage ed. Zürich: Orell Füssli Verlag, 2018. Print.

Für weiterführende Fragen und eine persönliche Beratung steht die Beratungsstelle statistik@kfr.ch zur Verfügung.

Um in einer Maturaarbeit eine Frage zu beantworten oder eine Hypothese zu überprüfen, werden häufig Untersuchungen/Studien im Feld eingesetzt. Damit die Resultate valide sind und Hypothesen bestätigt/widerlegt werden können, ist es notwendig, dass alle Phasen der Untersuchung/Studie wissenschaftlichen Kriterien genügen. Es gibt die Phasen: Fragestellung, Datenerhebung, Datenanalyse und Interpretation. Im Folgenden werden zu jeder Phase die notwendigen wissenschaftlichen Kriterien dargestellt und es wird aufgezeigt, welche Fehler es zu vermeiden gilt. Jede Beschreibung wird durch Beispiele ergänzt, die der Illustration dienen.

1) Wichtigkeit der Fragestellung

Grundlegende Voraussetzung jeder qualitativ hochwertigen statistischen Analyse ist eine klare, strukturierte Formulierung der Fragestellung/en, welche durch die Datenanalyse beantwortet werden soll/en. Ein häufiger Fehler besteht darin, zu früh mit der Datenerhebung zu beginnen, ohne eine klare Vorstellung davon zu haben, was genau gezeigt werden soll und wie die Daten analysiert werden sollen. Es ist deshalb essentiell, genügend Zeit in die korrekte Formulierung der Fragestellung zu investieren, weil sich diese sonst als lückenhaft erweisen könnte. Dies könnte den Erfolg der gesamten Untersuchung gefährden.

Im Folgenden werden grundlegende Regeln dargestellt, die es einzuhalten gilt, um typische Fehler bei der Formulierung der Fragestellung zu vermeiden.

- Klare Formulierung der Fragestellung:

Die Formulierung der Fragestellung/en, die beantwortet werden soll/en oder durch die man etwas zu beschreiben versucht, muss mathematisch klar definiert werden. Dies bedeutet, dass alle Konzepte/Begriffe, die in der Fragestellung enthalten sind, wissenschaftlich definiert werden und messbar sein müssen.

- Beispiel problematischer Fall: «Diese Arbeit soll zeigen, dass eine gesunde Ernährung, die Gesundheit verbessert». Dieser Satz ist zwar geeignet für die Einleitung einer Arbeit, jedoch genügt sie den wissenschaftlichen Kriterien nicht, die es für eine Fragestellung braucht. Sie enthält vage Begriffe wie «gesunde Ernährung» und «Gesundheit», für welche die Messmethode gänzlich fehlt. Alternativ könnte die Fragestellung folgendermassen lauten: «[...], dass die tägliche Aufnahme von Vitamin C das Risiko senkt, an einem grippalen Infekt zu erkranken».
- **Definition der Messgrössen:**
Es ist notwendig die zu messenden Grössen wissenschaftlich zu definieren. Zudem sollen objektive Messmethoden subjektiven vorgezogen werden (sofern möglich, gegeben den technischen und ökonomischen Ressourcen).
 - Beispiel problematischer Fall: Personen einen Fragebogen mit folgenden Fragen ausfüllen lassen: «ich nehme täglich 0-10, 10-20, ...mg Vitamin C zu mir» oder «ich nehme täglich wenig, mittel, viel Vitamin C zu mir». Die Antworten auf solche Fragen sind subjektiv und ausserdem ist es für Personen im ersten Fall schwierig die exakte Menge an Vitamin C zu schätzen, welche sie zu sich nehmen. Viel besser geeignet ist die Messung der Vitamin C-Aufnahme durch objektive Kriterien (z.B. Bestimmung eines Blutwertes). Eine andere valide Alternative, welche einfacher umgesetzt werden kann, ist die Kontrolle der Vitamin C-Aufnahme der Versuchspersonen durch die Verabreichung von Vitamintabletten. So weiss man exakt, wie viel Vitamin C eine bestimmte Versuchsperson zu sich genommen hat. Die Kontrolle der Experimentalbedingungen ist, wenn immer möglich, die einfachste Variante objektive Messungen zu erhalten.

Bemerkung: Für manche Konzepte (z.B. Dyslexie/Lese-Rechtschreibstörung) gibt es bereits wissenschaftliche Definitionen und erprobte Methoden zur Messung. Wenn immer möglich, sollten die vorhandenen Definitionen sowie Messmethoden verwendet werden.
- **Beeinflussende Faktoren:** Die Bedingungen, unter welchen das Experiment durchgeführt wird, sollten für alle Versuchspersonen möglichst gleich sein.
 - Beispiel: Die Versuchspersonen nehmen jeden Tag, von November bis März, eine Tablette Vitamin C (der Marke X) zu sich. Die Tablette wird täglich ca. um 09:00 Uhr eingenommen. Die Versuchspersonen nehmen während dieser Zeit keine anderen Vitaminpräparate.
- **Kontrollgruppe:** Wörter wie «senken», «verbessern», ... implizieren stets einen Vergleich. Dieser Vergleich kann durch die Teilnahme einer «Kontrollgruppe» geboten werden.
 - Beispiel (Fortsetzung): Die Versuchspersonen werden in zwei (oder drei) Gruppen eingeteilt: Die erste Gruppe von Personen nimmt keinerlei Vitaminpräparate zu sich (Kontrollgruppe). Die zweite Gruppe von Personen nimmt eine Tablette Vitamin C täglich zu sich (und die dritte Gruppe zwei Tabletten) (Experimentalgruppen). Nur so kann ein Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe gemacht werden, der es erlaubt, Schlüsse darüber zu ziehen, ob die Einnahme der Vitamintablette das Risiko eines grippalen Infekts senkt. Es ist zudem sehr wichtig, dass die Gruppeneinteilung zufällig geschieht (**Randomisierung**).
- **Latente Variablen und systematische Fehler:** Noch bevor ein Experiment im Feld durchgeführt wird, sollte man über andere mögliche Faktoren nachdenken, die das Resultat beeinflussen könnten. Solche Faktoren nennt man latente Variablen.
Nota bene: Nicht alle Faktoren können bedacht/kontrolliert werden. Dank der Randomisierung, die oben beschrieben wurde, bleiben die wissenschaftlichen Schlussfolgerungen valide, auch wenn latente Variablen vorhanden sind, solange diese keine systematischen Fehler erzeugen.

Trotz der Randomisierung, ist es wichtig latente Variablen zu untersuchen und betrachten, denn dies erhöht die Chancen, die gewünschten Zusammenhänge zwischen den Variablen (Vitamin C -> Gesund) zeigen zu können.

- Beispiel: Das Geimpftsein gegen die Grippe ist eine latente Variable. In diesem Fall könnte man nur Personen in die Gruppen einschliessen, welche ungeimpft sind.
- Beispiel (Korrelation): Nicht alle Mitglieder der gleichen Familie in dieselbe Gruppe einteilen (es wäre wahrscheinlich, dass alle gleichzeitig krank werden oder gesund bleiben, weil sie unter einem Dach leben).
- Beispiel (systematischer Fehler): Nicht nur eine bestimmte Gruppe von Personen in die Experimentalgruppe einteilen (z.B. nur Personen unter 50 Jahren). In diesem Fall wäre nicht klar, ob das geringere Risiko zu erkranken auf das Vitamin C zurückzuführen ist oder auf das Alter der Versuchspersonen.

2) Datenerhebung:

Es ist wichtig, eine repräsentative Stichprobe zu wählen.

- Beispiel problematischer Fall: Die Frage «Wie oft besuchst du den Unterricht?» taucht häufig in Fragebogen zur Evaluation an Universitäten auf, ist dafür aber nicht geeignet, denn wer den Unterricht nie oder selten besucht, kann den Fragebogen, der im Unterricht verteilt wird, auch nicht ausfüllen. Dies führt zu einer Verfälschung der Daten.

Denken Sie daran, darauf zu achten, dass die Messgrößen präzise und objektiv gewählt werden.

3) Statistische Analyse der Daten und Interpretation der Resultate:

Wenn die Daten erhoben sind, werden sie aufbereitet und mit statistischen Methoden ausgewertet. Diese Methoden können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- **Deskriptive Statistik:** Die deskriptive Statistik beschreibt die Daten in objektiver und visueller Art und Weise, ohne Rückschlüsse zu ziehen. Zu den deskriptiven Statistiken gehören: Mittelwert, Median, Varianz, Quantile und diverse grafische Darstellungen der Daten.
- **Beurteilende Statistik:** Die beurteilende Statistik zieht Rückschlüsse über die Daten, und ermöglicht es Fragen wie «Senkt die Aufnahme von Vitamin C das Grippeisiko?» zu beantworten. Zu den beurteilenden Statistiken gehören: Tests (für Fragen, die mit ja oder nein beantwortet werden können), lineare Regressionen (um Zusammenhänge zwischen Variablen zu überprüfen) und andere Methoden.

Bemerkung: Die Universität Zürich bietet eine detailliertere Beschreibung der diversen Methoden und eine Anleitung an, welche Methoden, wann eingesetzt werden sollen. Der interaktive Online-Entscheidungsassistent findet man hier:

https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/entscheidassistent.html

Nota bene: Es ist essentiell die passende Methode zu den erhobenen Daten und der Fragestellung zu verwenden.

Klassische Interpretationsfehler, die es zu vermeiden gilt.

Statistische Resultate werden häufig fehlinterpretiert und unpräzise Schlüsse daraus gezogen. Im Folgenden finden Sie eine Liste mit typischen Interpretationsfehlern.

- **Deskriptive Statistiken erlauben keine Schlussfolgerungen:** «Die Aufnahme von Vitamin C hat das Risiko an Grippe zu erkranken (in der untersuchten Stichprobe) um 10% gesenkt, nämlich von einem Risiko von 50% auf ein Risiko von 40%. Daraus schliessen wir, dass die Aufnahme von Vitamin C das Grippeisiko senkt». Letztere Schlussfolgerung kann nie aufgrund einer deskriptiven Statistik (prozentuale Anteile) gemacht werden. Es bedarf immer eines Tests (beurteilende Statistik)! Der Unterschied zwischen den prozentualen Anteilen, welcher sich aus der deskriptiven Statistik ergibt, könnte auch durch Zufall entstanden sein.

- **Ein negativer Test lässt keine Schlüsse zu:**
Die Frage «Senkt die Aufnahme von Vitamin C das Grippeerisiko» muss immer mit einem statistischen Test beantwortet werden. In der Statistik ist es jedoch nur möglich zu zeigen, dass ein Unterschied/Zusammenhang existiert (Test ist positiv: Antwort «Ja»), jedoch nicht, dass er nicht existiert. Die korrekte Antwort auf einen negativen Test lautet: «Es war nicht möglich zu zeigen, dass die Aufnahme von Vitamin C das Grippeerisiko senkt».
- **Keine Daten manipulieren:** In die Kategorie der Datenmanipulation fallen folgende Dinge: Ein Experiment immer wieder, mit dem gewünschten Resultat im Kopf, zu wiederholen (bis das Resultat erreicht wird); Messungen löschen, welche die Daten «ruinieren». Datenmanipulation ist in jedem Fall unzulässig.
- **Resultate nicht in einem anderen Kontext übergeneralisieren:** «Die Einnahme einer Tablette Vitamin C senkt das Grippeerisiko um 10 % und die Einnahme von 2 Tabletten senkt das Grippeerisiko um 20%». Wir können nun die Aussage machen, dass die Einnahme von 1.5 Tabletten das Grippeerisiko um 15% senkt, jedoch nicht, dass 9 Tabletten das Risiko um 90% senken, weil wir in unserem Experiment keinen Daten darüber erhoben haben, was mit Personen passiert, die ca. 9 Tabletten eingenommen haben.