

Technische Universität Dortmund
Fakultät Statistik
Sommersemester 2021

Grundlagen der Versuchsplanung: Bericht über das 2.Experiment

Temperaturexperiment

Dozenten:

JProf. Dr. Kirsten Schorning, M.Sc. Onur Gül, B.Sc. Wiebke Dammann

Autorinnen:

Kaya Maria Bayer

Ketevan Gurtskaia

Danuscha Große-Hering

Alicia Hemmersbach

05.Juli 2021

Inhaltsverzeichnis


1	Einleitung	3
2	Problemstellung und Versuchsbedingungen	3
3	Analyse des Problems	4
4	Modell, Hypothesen und statistische Auswertungsmethoden	4
5	Versuchsplanung	6
6	Versuchsablauf	8
7	Anhang	9
A	Literatur	9
B	R-Code zum Versuchsplan	9
C	Bestimmung der Stichprobengröße	9
D	Aufgaben Verteilung	10
E	Erklärung zum Bericht	11

1 Einleitung

Ein Thermometer besitzen vermutlich die meisten Haushalte. Einige davon besitzen wahrscheinlich auch ein Thermometer, welches die Temperatur draußen und drinnen messen kann. Möglicherweise hat man sich bereits die Frage gestellt, worin der Unterschied zwischen dem Innen- und Außensensor dieser Thermometer liegt und ob dieser lediglich darin besteht, dass Außensensoren wetterfest sind, oder ob beide Sensoren, unabhängig von weiteren äußeren Einflüssen, die gleichen Temperaturen messen würden, wenn man den Innensensor nach außen und den Außensensor nach innen legt.

Genau dieser Frage wird in dem folgenden Temperaturexperiment nachgegangen. Es soll überprüft werden, ob es Unterschiede bei den Messungen der beiden Sensoren drinnen und draußen gibt. 


Dazu sollen mit 10 gleichen Thermometern einige Messungen drinnen und draußen durchgeführt werden. **Hierbei** wird dann der Unterschied der zwei gemessenen Temperaturen zwischen Innen- und Außensensor ausgewertet und mit Hilfe eines statistischen Tests **interpretiert**.

Im Folgenden wird auf die Problemstellung des Experiments und die Versuchsbedingungen, dann auf die Analyse des Problems, das zugehörige statistische Modell, die Hypothesen, die statistischen Auswertungsmethoden des Experiment und die Versuchsplanung eingegangen. 

2 Problemstellung und Versuchsbedingungen

Ziel des Experimentes ist es, herauszufinden, ob die Messungen der Innen- und Außensensoren am selben Ort bei gleicher Temperatur übereinstimmen, oder ob es Unterschiede gibt. Außerdem soll untersucht werden, ob es einen Unterschied macht, ob draußen oder drinnen gemessen wird.

Um diese beiden Fragestellungen zu beantworten, **sollen** insgesamt 6 Messungen mit jeweils 10 Thermometern, die einen Außen- und einen Innensensor haben, durchgeführt werden, sodass nach der Durchführung des Experimentes 120 Messwerte vorliegen. Dabei sollen alle Thermometer gleich alt und zudem möglichst neu sein. Außerdem dürfen die Thermometer keine sichtbaren oder bekannten Schäden haben. Die Messungen werden in 2 Zeitslots über einen Tag verteilt, an dem keine extremen Wetterbedingungen herrschen, vorgenommen. Außerdem werden die Thermometer vor jeder Messung randomisiert in 2 Gruppen mit jeweils 5 Thermometern aufgeteilt. Die eine Gruppe der Thermometer misst die Temperatur draußen und die andere Gruppe der Thermometer misst die Temperatur drinnen. **Der Raum, in welchen die Innenmessungen stattfinden, soll hierbei keine angeschaltete Heizung oder Klimaanlage haben. Außerdem sollen, falls vorhanden, alle Fenster geschlossen und soweit abgedunkelt sein, dass keine direkte Sonneneinstrahlung, zum Beispiel durch Fenster, auf die Thermometer trifft.**

Die Messungen draußen sollen an einem windgeschützten Ort ohne direkte und auch ohne gespiegelte Sonneneinstrahlung, zum Beispiel durch Wasser, stattfinden. Außerdem sollten die Thermometer an einem trockenen Ort platziert werden und es sollten andere direkte Wärmequellen mindestens 10 Meter Abstand von dem Messort haben. 

Für die Messungen werden die 5 Thermometer draußen und die 5 Thermometer drinnen jeweils nebeneinander auf einen ebenen identischen Tisch gelegt. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Innen- und Außensensoren direkt nebeneinander liegen.

Es werden jeweils 3 Messungen pro Thermometer in 2 Zeitslots durchgeführt. Der erste Slot ist von 4:00 - 6:00 Uhr und der zweite Slot von 16:00 - 18:00 Uhr. Insgesamt beträgt jeder Zeitslot zwei Stunden. Zu Beginn der Zeitslots werden die Thermometer für 15 Minuten **in den Kühlschrank gelegt**. Somit wird die Temperatur von allen Thermometern gleichmäßig neutralisiert. Nach Ablauf der 15 Minuten werden die Thermometer dann von 2 Versuchsleitern aus dem Kühlschrank entnommen und auf dem dafür vorgesehenen Tisch platziert. Dabei ist ein Versuchsleiter für die Thermometer draußen und ein Versuchsleiter für die Thermometer drinnen zuständig. Die Thermometer sollen jeweils 20 Minuten auf dem Tisch liegen und sich der jeweiligen Temperatur anpassen, bevor die angezeigten Temperaturen von den anderen beiden Versuchsleitern

abgelesen und notiert werden. Nach der ersten Messung in beiden Slots kommen alle Thermometer für 15 Minuten zurück in den Kühlschrank, damit sich die Temperatur erneut neutralisieren kann. Nach Ablauf der 15 Minuten werden die Thermometer wieder von den ersten beiden Versuchsleitern auf dem Tisch platziert. Darauf hin werden die Temperaturen 20 Minuten abgelesen und notiert. Die dritte Messung in beiden Zeitslots läuft nach dem gleichen Schema so ab. Es ist zu beachten, dass das Ablesen und Notieren der Werte möglichst schnell passiert, damit alle 5 Werte jeweils zur gleichen tatsächlich herrschenden Temperatur abgelesen werden. In der möglicherweise verbleibenden Zeit der Slots und zwischen dem ersten und zweiten Slots können die Thermometer jeweils auf den Tischen liegen bleiben, wobei auch hierbei darauf zu achten ist, dass sie in der Zwischenzeit keinem Regen oder anderen Wetterextrema ausgesetzt sind.



3 Analyse des Problems

Es soll untersucht werden, ob die Messungen der Innen- und Außensensoren der Thermometer gleich sind, ist die vorliegende interessierende Variable die Temperaturdifferenz der Innen- und Außensensoren:

$$y_{\text{Differenz}} = y_{\text{Außensensor}} - y_{\text{Innensensor}}$$



Die wahre Temperatur ist eine Einflussvariable. Diese können wir jedoch nicht kontrollieren. Zudem ist auch der Ort des Thermometers eine interessierende Einflussvariable, welche wir kontrollieren können. In dem Versuch werden wir zwei feste Orte festlegen: Innerhalb und Außerhalb eines Gebäudes.

Im Folgenden werden mögliche Störvariablen genannt und inwiefern man diese kontrollieren kann. Generell haben die Wetter- bzw. die Klimabedingungen einen hohen Einfluss auf den Versuch. In geschlossenen Räumen ist dies die Nutzung einer Heizung oder Klimaanlage und die Luftfeuchtigkeit. Die Klimabedingungen im Raum werden konstant gehalten. Das bedeutet, dass sowohl die Klimaanlage, wie auch die Heizung oder Anlagen zur Regulierung der Luftfeuchtigkeit, ausgeschaltet werden. Außerhalb eines Gebäudes fällt auch die Luftfeuchtigkeit, die Sonnenbestrahlung an dem Messort, die Windstärke, wie auch Regen darunter. Auch diese Bedingungen möchten wir möglichst konstant halten. Dies wird umgesetzt, indem die Thermometer an windgeschützten und überdachten ohne direkter Sonnenbestrahlung platziert werden sollen. Neben diesen Wetterfaktoren, kann auch das Thermometer einen Einfluss haben. Zum einen können Messungenauigkeiten zwischen unterschiedlichen Gerätehersteller oder Modellen zusätzlich zu den Messungenauigkeiten der einzelnen Thermometer dazukommen. Dies würde dazu führen, dass unser Versuch komplizierter würde. Deswegen halten wir das Modell des Thermometers konstant. Zudem ist die Tageszeit bzgl. der unterschiedlichen Temperaturen am Tage eine Störvariable.



Zusammengefasst sollen die meisten Störvariablen möglichst konstant gehalten werden und somit soll dessen Einfluss nicht erfasst werden. Jedoch können wir sie Messzeiten beeinflussen.

Durch die Variation der Messzeiten ist eine Variation der Temperatur möglich. Das bedeutet genauer: Zur Zeit des Sonnenaufgangs ist es tendenziell kälter, als zur Nachmittagszeit [1]. Deswegen wird die Messzeit als Blockvariable mit zwei Stufen aufgefasst. Dabei entspricht die erste Stufe die Morgenstunden und die zweite Stufe die Nachmittagsstunden.

4 Modell, Hypothesen und statistische Auswertungsmethoden

Nach der Durchführung des Experiments liegen die Versuchsergebnisse zur Auswertung vor.

60 Messwerte der Innensensoren: $V_1^a, \dots, V_{30}^a, V_{31}^i, \dots, V_{60}^i$

60 Messwerte der Außensensoren: $W_1^a, \dots, W_{30}^a, W_{31}^i, \dots, W_{60}^i$

wobei $a \hat{=}$ Messungen außerhalb des Gebäudes, $i \hat{=}$ Messungen im Gebäude, jeweils 30 Beobachtungen für alle vier Kombinationen {Außensensor, Innensensor} \times {Draußen, Drinnen}. Stichprobenumfang n ist 60, Versuchsumfang N ist $2 \cdot n = 120$.



Da es in diesem Experiment sich um verbundene Stichproben handelt (die Paare $(V_j, W_j), j = 1, \dots, 60$ sind bivariate Zufallsvektoren von Messungen der Innen- und Außensensoren eines Thermometers), werden die

Differenzen $X_j := W_j - V_j$, mit $j = 1, \dots, 60$, unter der Voraussetzung, dass die Einzelwerte repräsentativ für die beiden Arten des Sensors sind, betrachtet (für die erste Fragestellung ist es nicht relevant, wo die Messung stattgefunden hat, deswegen werden hier die Ortindikatoren "a" und "i" weggelassen).

Die erste Fragestellung ist ob die Messungen der Innen- und Außensensoren übereinstimmen

Bevor der Haupttest durchgeführt wird, muss man die Normalverteilungsannahme ($H_0 : X_j \sim N(\mu, \sigma_1^2)$ gegen $H_1 : \text{Es liegt keine Normalverteilung vor}$) zum Niveau $\alpha = 0.05$ überprüfen. Dies geschieht mit dem Shapiro-Wilk Test in R:

```
shapiro.test(W - V)
```

Ist der P-Wert größer 5%, so spricht nichts gegen die Normalverteilung, das ist aber auch kein Beweis dafür, dass Z normal verteilt ist. Trotzdem kann man mit der Annahme weiter arbeiten.

Als nächstes wird einen weiteren Vortest, diesmal auf Varianzhomogenität gemacht. Sei σ_1^2 die Varianz von V und σ_2^2 die Varianz von W, dann ist $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ gegen $H_0 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ in R mit:

```
var.test(V, W)$p.value
```

Für die Hauptfragestellung betrachtet man die Differenz zwischen den Beiden Stichprobenmittelwerten (in der Versuchsplanung heißt diese Differenz "Effekt" [3]). $\mu = \mu_2 - \mu_1$, mit μ_1 al Mittelwert von V und μ_2 von W. Folgende Hypothesen werden getestet: $H_0 : \mu = 0$ bzw. $\mu_1 = \mu_2$ gegen $H_1 : \mu \neq 0$ bzw. $\mu_1 \neq \mu_2$. Mit $\bar{X} = n^{-1} \sum_{j=1}^n X_j$ ist die Teststatistik $T_n := \frac{\sqrt{n}\bar{X}}{\sqrt{(n-1)^{-1} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}}$. Die Ablehnung von H_0 zum Niveau α

erfolgt genau dann, wenn $|T_n| \geq t_{n-1; 1-\alpha/2}$ gilt [2]. In R verwendet man den zweiseitigen Zweistichproben-t-Test:

```
t.test(W, V, paired = TRUE, var.equal = TRUE)
```

falls die Varianzhomogenität nicht abgelehnt wurde und

```
t.test(W, V, paired = TRUE, var.equal = FALSE)
```

falls die Daten signifikant gegen die Gleichheit der Varianzen sprechen. Es ist wichtig anzugeben (mit paired = TRUE), dass es sich um gepaarte Stichproben handelt, da sonst die Ergebnisse verzerrt werden können, was zu Fehlinterpretation führen kann.

Wird mit dem Shapiro-Wilk Test die Normalverteilungsannahme abgelehnt, so wird ein Lage-Vergleichstest durchgeführt. Mit dem zweiseitigen Zweistichproben-Wilcoxon-Rang-Test werden dann die Hypothesen $H_0 : med_i = med_a$ bzw. $med_a - med_i = 0$ gegen $H_1 : med_i \neq med_a$ bzw. $med_a - med_i \neq 0$ zum Niveau $\alpha = 0.05$ getestet. In R mit:

```
wilcox.test(W-V)$p.value
```

Ist der P-Wert des Haupttests kleiner 5%, so liegt einen signifikanten Unterschied zwischen den Messungen der Innen- und Außensensoren vor. Falls aber der P-Wert größer 0.05 ist, kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden, nichts spricht gegen die Annahme, dass die Messwerte von den beiden Sensoren übereinstimmen.

Die zweite Fragestellung des Experiments ist, ob es einen Unterschied gibt, wenn Messungen im Gebäude und außerhalb des Gebäudes durchgeführt werden. Diese Frage wird mittels einfacher Varianzanalyse beantwortet. Hier betrachtet man der Einfluss nur eines qualitativen Faktors A, also die einfache Varianzanalyse. Außerdem hat der Faktor A genau 2 Stufen (Drinne und Draußen) und es liegt ein Modell mit festen Effekten vor [5]. Interessierende Beobachtungen sind die Differenzen zwischen den Innen- und Außensensoren $X_{11} := W_1^a - V_1^a, \dots, X_{130} := W_{30}^a - V_{30}^a$ und $X_{21} := W_{31}^i - V_{31}^i, \dots, X_{230} := W_{60}^i - V_{60}^i$.

Die Modellgleichung hat die Form: $X_{ij} = \mu + a_i + e_{ij}$ mit $i = 1, 2, j = 1, \dots, 30$. a_i sind die Hauptwirkungen der Faktorstufen A_i wobei $A_1 \hat{=}$ Messungen außerhalb des Gebäudes, $A_2 \hat{=}$ Messungen im Gebäude. Das Modell wird durch die folgenden Nebenbedingungen vervollständigt; Die Fehler (e_{ij} sind voneinander unabhängig mit Erwartungswert $E(e_{ij}) = 0$ und Varianz $var(e_{ij}) = \sigma^2$, die Summe der a_i ist gleich 0 [5]. Um die einfache Varianzanalyse durchzuführen, muss man zwei Voraussetzungen überprüfen. Die Messungen X_{ij} müssen

Normalverteilung für jede Stufe $i = 1, 2$ besitzen. Das kann wie für den t-Test mit dem Shapiro-Wilk-Test für X_1 und X_2 getan werden. $X_1 := (X_{11}, \dots, X_{130})^T$, $X_2 := (X_{21}, \dots, X_{230})^T$ und $X := (X_1 X_2)^T$. Die zweite Voraussetzung ist die Gleichheit der Varianzen. Falls eine Normalverteilung für jede Stufe angenommen werden kann, kann die Homogenität der Varianzen mittels des Bartlett-Tests getestet werden [4]. Sei $\text{Ort} := (1, \dots, 1, 2, \dots, 2)^T$, dann ist der Test in R:

```
bartlett.test(X ~ Ort)
```

Die Hypothesen für die Hauptfragestellung sind: $H_0 : a_1 = a_2 = 0$ bzw. Faktor A hat keinen Einfluss auf die Variable X vs. $H_1 : a_1 \neq a_2$ bzw. Faktor A hat Einfluss auf die Variable X. Sind beide Voraussetzungen erfüllt, so kann man der ANOVA-Test anwenden:

```
anova(lm(X~Ort))
```

Ist die Hypothese der Normalverteilung bei allen Stufen abgelehnt worden oder die Hypothese der Gleichheit der Varianzen wird abgelehnt, so kann der ANOVA-Test nicht benutzt werden. Als Alternative wird der verteilungsfreie Kruskal-Wallis-Test, welcher den Wilcoxon-Rang-Summen-Test verallgemeinert, verwendet [4].

```
kruskal.test(lm(X~Ort))
```

Ist der P-Wert des ANOVA- bzw. Kruskal-Wallis-Tests kleiner als 0.05, so kann man schließen, dass der Ort der Messungen einen signifikanten Einfluss auf die Differenzen zwischen den Messwerte der Außen- und Innensensoren haben. Ist der P-Wert aber größer als 0.05, so kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden, was aber kein Beweis dafür ist, dass es keinen Einfluss des Faktors auf die Beobachtungen gibt, eventuell liegen zu wenig Daten vor.

5 Versuchsplanung

Bei dem Versuchsplan handelt es sich um einen vollständig randomisierten 2^3 Plan mit einer Blockvariablen. Es werden insgesamt sechs Messungen durchgeführt, welche gleichmäßig auf zwei Zeitblöcke aufgeteilt werden. Innerhalb dieser beiden Zeitblöcke werden jeweils drei aufeinander folgende Messungen mit jeweils 10 Thermometern durchgeführt, welche durch Randomisierung gleichmäßig auf die Messorte verteilt werden. Der Messort dient als Einflussfaktor mit zwei Stufen, die im Plan als **inside und outside** codiert wurden. Zur Erstellung des Plans wird jede Messung als eigener Einflussfaktor mit jeweils zwei Stufen betrachtet und somit für jede Durchführung neu randomisiert. Es ergibt sich somit für die beiden Zeitblöcke (4-6 Uhr bzw. 16-18 Uhr) jeweils ein vollständig randomisierter 2^3 Plan. Dabei handelt es sich nicht um einen vollständigen Versuchsplan, da nicht zwingend jede Stufenkombination gleich häufig auftreten soll. Die Maximierung der Primärvariation soll durch die Randomisierung der Messorte der einzelnen Thermometer und die gleichmäßige Aufteilung der Thermometer über die Blöcke sowie über die Faktorstufen erreicht werden.

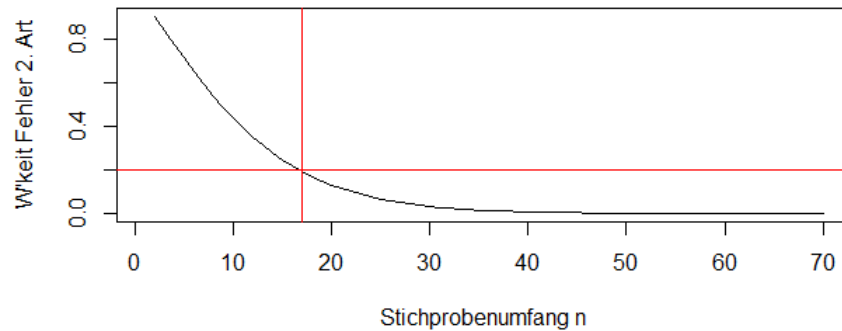
Die Einteilung der Messungen in zwei Zeitblöcke dient der Kontrolle der Sekundärvariation, indem der Einfluss möglicher größerer Schwankungen der Außentemperatur auf die Qualität der Messergebnisse berücksichtigt wird. Die Messungen sollen jeweils um die für gewöhnlich kühlsste (4 bis 6 Uhr früh), beziehungsweise wärmste Tageszeit (16-18 Uhr) eines Tages durchgeführt werden und so eventuelle Schwankungen möglichst vollständig abdecken.

Des weiteren sollten zuvor genannte äußere Einflüsse, die mögliche Störvariablen darstellen, so gut wie möglich konstant gehalten, beziehungsweise stärkere Einflüsse wie zum Beispiel Regen und direkte Sonneneinstrahlung eliminiert werden. Innerhalb jeder Messrunde ist außerdem eine Konstanzhaltung äußerer Einflüsse durch die zeitgleiche Platzierung der Thermometer am selben Ort gegeben. Die Platzierung der Thermometer im Kühlschrank vor jeder Messung sowie die Einhaltung der Wartezeit von 20 Minuten sorgen ebenfalls für eine Konstanzhaltung der Startbedingungen bei den verschiedenen Messdurchgängen.

Die Beantwortung der Hauptfragestellung soll, wie zuvor dargestellt, mit einem beidseitigen Zweistichproben-t-Test erfolgen. Für das Testniveau $\alpha=0.05$ und $\delta=1$, ergibt sich die im Folgenden dargestellte Abhängigkeit zwischen der Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 2. Art und dem Stichprobenumfang n [C] :



Zweiseitiger Zweistichproben t-Test



Bei sechs Messungen mit jeweils 10 Thermometern ergibt sich ein Stichprobenumfang von $N=60$, für welchen die Wahrscheinlichkeit für einen Beta-Fehler deutlich unter dem Wert von 0.2 liegt und welcher somit gerechtfertigt ist.

Der Erstellung des Plans [B] erfolgte mit der Funktion `design.crd()` aus dem R-Paket „agricolae“. Für jede der sechs Messungen wurde ein vollständig randomisierter Plan erstellt, wobei, wie oben beschrieben, jeweils 10 Thermometer auf die zwei Faktorstufen „inside“ und „outside“ aufgeteilt wurden. Für jede Durchführung wurde ein anderer Seed gesetzt und die sechs resultierenden Pläne schließlich der Reihenfolge nach auf die zwei Zeitblöcke aufgeteilt.



Tabelle 1: Versuchsplan Temperaturexperiment

4-6 Uhr	Thermometer	1. Messung	2. Messung	3. Messung
	1	in	in	in
	2	out	out	out
	3	out	in	out
	4	out	in	in
	5	in	in	out
	6	in	out	out
	7	in	in	out
	8	in	out	in
	9	out	out	in
	10	out	out	in
16-18 Uhr				
	1	out	in	in
	2	out	in	out
	3	in	out	in
	4	in	in	out
	5	out	out	out
	6	in	out	in
	7	in	in	in
	8	in	out	in
	9	out	out	out
	10	out	in	out



6 Versuchsablauf

Zunächst muss bestimmt werden, welche Personen Innen/Außen die Thermometer aufstellen und die Messungen ablesen und dokumentieren. D

Uhrzeit	Beschreibung	Versuchsleiterin
03:30 Uhr	Vorbereitung der Messorte	alle
03:55 Uhr	Aufstellen der Thermometer	D.Grosse-Hering/K.Bayer
04:00 Uhr	Beginn der 1.Messung	
04:20 Uhr	Ende der 1.Messung: dokumentieren, Zwischenlagerung	A.Hemmersbach/K.Gurtskaia
04:40 Uhr	Aufstellen der Thermometer	D.Grosse-Hering/K.Bayer
04:45 Uhr	Beginn der 2.Messung	
05:05 Uhr	Ende der 2.Messung: dokumentieren, Zwischenlagerung	A.Hemmersbach/K.Gurtskaia
05:25 Uhr	Aufstellen der Thermometer	D.Grosse-Hering/K.Bayer
05:40 Uhr	Beginn der 3.Messung	
06:00 Uhr	Ende der 3.Messung: dokumentieren, Zwischenlagerung	A.Hemmersbach/K.Gurtskaia
06:20 Uhr	Pause	alle
15:55 Uhr	Aufstellen der Thermometer	A.Hemmersbach/D.Grosse-Hering
16:00 Uhr	Beginn der 1.Messung	
16:20 Uhr	Ende der 1.Messung: dokumentieren, Zwischenlagerung	K.Bayer/K.Gurtskaia
16:40 Uhr	Aufstellen der Thermometer	A.Hemmersbach/D.Grosse-Hering
16:45 Uhr	Beginn der 2.Messung	K.Bayer/K.Gurtskaia
17:05 Uhr	Ende der 2.Messung: dokumentieren, Zwischenlagerung	
17:25 Uhr	Aufstellen der Thermometer	A.Hemmersbach/D.Grosse-Hering
17:40 Uhr	Beginn der 3.Messung	
18:00 Uhr	Ende der 3.Messung: dokumentieren, Zwischenlagerung	K.Bayer/K.Gurtskaia
18:20 Uhr	Nachbesprechung	alle
18:50 Uhr	Digitalisierung der Messdaten	A.Hemmersbach



7 Anhang

A Literatur

- [1] *Am späten Nachmittag ist es wärmer als am Mittag.*
URL: <https://wetterkanal.kachelmannwetter.com/am-spaeten-nachmittag-ist-es-waermer-als-am-mittag/>.
- [2] Norbert Henze.
Stochastik: Eine Einführung mit Grundzügen der Maßtheorie.
Springer Spektrum, Springer-Verlag GmbH, 2019.
- [3] Wilhelm Kleppman.
Versuchsplanung: Produkte und Prozesse optimieren.
Carl Hanser Verlag, 2020.
- [4] Prof. Dr. Christine Müller.
„Schätzen und Testen“.
Technische Universität Dortmund.
2020/2021.
- [5] Dieter Rasch, L.Rob Verdooren und Jim I.Gowers.
Planung und Auswertung von Versuchen und Erhebungen.
Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2007.



B R-Code zum Versuchsplan

```
library(agricolae)

#nur jeder Versuch einmal:
morgens <- design.crd(c("in","out"),serie=3,c(5,5), seed = 2)$book
abends <- design.crd(c("in","out"),serie=0,c(5,5), seed = 3)$book

#jeder Versuch dreimal pro Zeitblock:

vormittags <- design.crd(c("in","out"),serie=0,c(5,5), seed = 2)$book
vormittags$zwei <- design.crd(c("in","out"),serie=0,c(5,5), seed = 4)$book[,3]
vormittags$drei <- design.crd(c("in","out"),serie=0,c(5,5), seed = 6)$book[,3]

nachmittags <- design.crd(c("in","out"),serie=0,c(5,5), seed = 8)$book
nachmittags$zwei <- design.crd(c("in","out"),serie=0,c(5,5), seed = 3)$book[,3]
nachmittags$drei <- design.crd(c("in","out"),serie=0,c(5,5), seed = 1)$book[,3]

versuchsplan <- list(vormittags=vormittags,nachmittags=nachmittags)
```

C Bestimmung der Stichprobengröße

```
#Bestimmung der Stichprobengroesse fuer zweistichproben t Test:
alpha <- 0.05
f1 <- function(x){
  p1 <- pt(q=qt(df=2*(x-1),p=0.975),df=2*(x-1),ncp=sqrt(x/2))
  p2 <- pt(q=-qt(df=2*(x-1),p=0.975),df=2*(x-1),ncp=sqrt(x/2))
  p1-p2
}
plot(f1(1:70),ylab = "W'keit_Fehler_2_Art",xlab="Stichprobenumfang_n",
      main = "Zweiseitiger_Zweistichproben_t-Test",type = "l")
abline(h=0.2,col="red")
abline(v=17,col="red")
```

D Aufgaben Verteilung

```
Versuchsleiterin <- c("K.Bayer","A.Hemmersbach","D.Grosse-Hering","K.Gurtskaia")

set.seed(1539)

#Morgens Innen
sample(Versuchsleiterin,2)
## "D.Grosse-Hering" "A.Hemmersbach"

#Morgens Aussen
##"K.Bayer" "K.Gurtskaia"

set.seed(1540)

#Nachmittags Innen
sample(Versuchsleiterin,2)
##"A.Hemmersbach" "K.Bayer"

#Nachmittags Aussen
## "D.Grosse-Hering" "K.Gurtskaia"

set.seed(1540)
#Digitalisierung der Daten
sample(Versuchsleiterin,1)
##"A.Hemmersbach"
```

Die Erstgenannte Person wird für die Aufstellung der Thermometer und die zweitgenannte Person ist für die Dokumentierung der Messdaten zuständig.



E Erklärung zum Bericht

Erklärung zum Bericht von Gruppe 2

Die Einleitung wurde geschrieben von Kaya Maria Bayer

Die Problemstellung und die Versuchsbedingungen wurden beschrieben von Kaya Maria Bayer

Das Problem wurde analysiert von Danuscha Große-Hering

Das Modell und die Hypothesen wurden aufgestellt von Ketevan Gurtskaia

Die statistische Auswertungsmethode wurde bestimmt von Ketevan Gurtskaia


Die Versuchsplanung wurde vorgenommen von Alicia Hemmersbach

Der Versuchsplan wurde dokumentiert von Alicia Hemmersbach

Das Versuchsprotokoll wurde geschrieben von Danuscha Große-Hering

Die Literatur wurde herausgesucht von der gesamten Gruppe.

Der Bericht wurde endgültig zusammengestellt von Danuscha Große-Hering

Datum	Vor- und Nachname in Klartext	Unterschrift
04.Juli.2021	Kaya Maria Bayer	
04.Juli.2021	Alicia Hemmersbach	A. Hemmersbach
04.Juli.2021	Ketevan Gurtskaia	K. Gurtskaia
04.Juli.2021	Danuscha Große-Hering	D. Große-Hering