

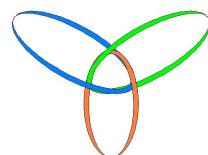
**Fachhochschule Osnabrück**  
University of Applied Sciences

Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik

# Advanced Project Management

Dozent: Prof. Dr.-Ing. L. Mardorf

## Das „Kühlhaus“-Experiment



Mechatronic Systems Engineering

## Inhaltsverzeichnis

<b>DIE ENTWICKLUNG DES PROGRAMMS (1A) ZUM KÜHLHAUS-EXPERIMENT</b>	<b>4</b>
EINLEITUNG	4
VORÜBERLEGUNGEN UND PLANUNG	4
<i>Überlegungen allgemeiner Art</i>	4
<i>Vorgaben aus dem Buch</i>	4
<i>Wünsche und Ideen des Projektteams</i>	5
DIE VORVERSION	6
<i>Lastenheft</i>	6
<i>Pflichtenheft</i>	9
<i>Wünsche</i>	9
<i>Begründung für die wichtigsten Entscheidungen</i>	9
VERBESSERUNGEN	9
DIE EINSTELLUNG DER PARAMETER	11
ANHANG A: DIE SINNGEMÄÙE WIEDERGABE DER DESIGNGRUNDSÄTZE DER BRAUN AG	12
ANHANG B: DIE PARAMETERDATEI	12
<b>DIE ENTWICKLUNG DES PROGRAMMS (1B) ZUM KÜHLHAUS-EXPERIMENT</b>	<b>14</b>
EINLEITUNG	14
ANFORDERUNGEN AN DIE SIMULATIONSUMGEBUNG	14
<i>Anforderungen nach dem Buch von Dörner</i>	14
<i>Anforderungen vom eigenen Projektteam</i>	14
<i>Verallgemeinerte Anforderungen der Programmierer</i>	15
<i>Anforderungen zu Personenbefragung</i>	16
DIE UMSETZUNG UND PROGRAMMENTWICKLUNG	17
<i>Der Simulationsalgorithmus mit der Parametereinstellung</i>	17
<i>Ablauf und Oberflächen der Simulation</i>	18
<b>DIE ENTWICKLUNG DES PROGRAMMS (2) ZUM KÜHLHAUS-EXPERIMENT</b>	<b>21</b>
EINLEITUNG	21
ANFORDERUNGEN AN DAS PROGRAMM	21
ENTWICKLUNGSUMGEBUNG	22
<i>Exceloberfläche</i>	22
<i>Programmiertechnische Umsetzung mit Alaska Xbase<sup>++</sup></i>	26
<i>Simulationsoberfläche</i>	27
<i>Zusammenfassung</i>	28
ANHANG	29
<i>Anhang A: Makros</i>	29
ANHANG B: START DATEI	31
ANHANG C: PARAMETER DATEI	32
ANHANG D: AUSZÜGE DES PROGRAMMCODES KUEHLHAUS.PRG	32

<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>34</b>
1.1 COVERSTORY	34
1.2 VERHALTEN DER TESTKANDIDATEN, DIE VIER DÖRNERTYPEN	34
1.3 DAS STUDENTENPROJEKT	36
1.4 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	36
<b>2 AUSWERTUNG ALLGEMEIN</b>	<b>38</b>
2.1 OBERFLÄCHE	38
2.2 VERSTÄNDLICHKEIT	38
2.3 SCHWIERIGKEIT	39
<b>3 AUSWERTUNG DER 1. VERSUCHSREIHE</b>	<b>42</b>
3.1 ERKENNUNG DER DÖNER-VERHALTENSWEISEN	42
3.2 ZUSAMMENFASSUNG	47
<b>4 AUSWERTUNG DER 2. VERSUCHSREIHE</b>	<b>48</b>
4.1 ERKENNUNG DER DÖNER-VERHALTENSWEISEN	48
4.2 PROZENTUALES ERREICHEN DES SOLLWERTS	49
4.3 PROZENTUALE VERTEILUNG	50
4.4 KORREKTHEIT DER SELBSTEINSCHÄTZUNG	50
4.5 KONTINUIERLICHE VERSTELLUNG DES STELLWERTS	51
4.6 ZUSAMMENFASSUNG	52
<b>5 AUSWERTUNG DES GESAMTVERSUCHES</b>	<b>53</b>
5.1 DAS ERSTMALIGE ERREICHEN DES TOLRANZBANDES	53
5.2 VERGLEICH DES EINPENDELNS DER TEMPERATUR ZWISCHEN 3,5-4,5 °C	55
5.3 ANZAHL DER VORGENOMMENEN STELLEINGRIFFE	56
5.4 ZUSAMMENFASSUNG	60
<b>6 STRATEGIEUNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEM 1. UND 2. VERSUCH</b>	<b>61</b>
6.1 KEINE STRATEGIEÄNDERUNG	61
6.2 POSITIVE STRATEGIEÄNDERUNG	62
6.3 NEGATIVE STRATEGIEÄNDERUNG	63
6.4 STATISTISCHE AUSWERTUNGEN	64
6.5 ZUSAMMENFASSUNG	66
<b>7 AUSBlick</b>	<b>67</b>
<b>8 ABILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>68</b>
<b>9 ANHANG</b>	<b>69</b>

## Die Entwicklung des Programms (1a) zum Kühlhaus-Experiment

### Einleitung

Das Projekt „Kühlhaus-Experiment“ ist Teil der Prüfungsleistung im Fach Advanced Project Management. Es kann grob in drei Phasen gegliedert werden: die Vorbereitung, die Durchführung der Experimente und deren Auswertung. Die Durchführung der Experimente besteht darin, dass Probanden auf eine im Computer simulierte Situation reagieren müssen. Die Reaktionen werden in Form der Eingaben und durch eine mündliche Befragung Aufgezeichnet. Zur Vorbereitungsphase gehört also als Teilprojekt die Erstellung eines Programms, das die Testsituation simuliert und die Eingaben des Probanden für die spätere Auswertung protokolliert. Im Folgenden soll der Entstehungsprozess dieses Programms beschrieben werden.

### Vorüberlegungen und Planung

Der erste, und wichtigste, Schritt jedes Entwicklungsprojekts ist die Planung und Festlegung dessen, was entwickelt werden soll. In der Planungsphase lässt unterscheiden sich zwischen allgemeinen, die Umsetzung betreffenden, und inhaltlichen Fragestellungen.

Die allgemeine Umsetzung ist größten Teils freigestellt. Hier zu zählt die Wahl der Programmiersprache, der Entwicklungsumgebung, der Datenformate usw. Die Projektgruppe hat alle diesbezüglichen Entscheidungen dem Softwareentwickler überlassen.

Die inhaltliche Gestaltung wird zum größten Teil durch die Aufgabenstellung festgelegt, die eine Durchführung in Anlehnung an das Experiment, wie es im Buch „Die Logik des Misslingens“ von D. Dörner beschrieben wird, verlangt. Da im Buch nicht alle Details beschrieben werden, besteht in einigen Punkten Interpretationsfreiheit. Hier müssen die gestalterischen Vorgaben von der Projektgruppe festgelegt werden.

Im Folgenden sollen die einzelnen Stadien der Planung in chronologischer Abfolge beschrieben werden.

### Überlegungen allgemeiner Art

Der Softwareentwickler stellt zunächst die folgende Liste mit Fakten und selbst gestellten Forderungen auf:

- Das Produkt ist eine Einzelanfertigung ohne Varianten.
- Qualität: Das Programm ist nach Spezifikation und Fehlerfrei (Testen!).
- Flexibilität: Änderungen können leicht und schnell vollzogen werden.
- Schnelligkeit: das Produkt ist möglichst schnell fertig. (Es reicht zum abgesprochenen Termin).
- Verlässlichkeit: Fertigstellung und Änderungen sollen zum besprochenen Zeitpunkt durchgeführt werden können.

Anhand dieser Liste wird beschlossen, das Programm in der Entwicklungsumgebung VisualStudio® in der Programmiersprache VisualBasic® zu erstellen. Damit werden alle Forderungen optimal erfüllt und dem Umstand Rechnung getragen, dass es sich um ein sehr kleines Projekt handelt. Es ist wichtig diese Entscheidung zu Beginn zu treffen, da sie die Machbarkeit und den Umsetzungsaufwand vieler inhaltlicher Fragen maßgeblich bestimmt.

### Vorgaben aus dem Buch

Die erste Quelle für die inhaltlichen Anforderungen an das Programm ist die Beschreibung des Experiments im Buch von Dörner. Die folgende Liste wird vom Softwareentwickler anhand des Textes zusammengestellt. Dabei werden noch offene Fragen aufgeführt:

- Es gibt eine Einleitende Vorgeschichte. Soll diese im Programm geschildert werden?
- Die Zeit, die im Handbetrieb überbrückt werden muss, beträgt „etliche Stunden“. Wie lange soll ein Simulationsdurchlauf dauern (es muss einen Zeitraffer geben)?
- Das Kühlhaus hat ein Stellrad und ein Thermometer. Sollen diese Bildlich oder Symbolisch dargestellt werden?
- „Hohe Stellradeinstellungen entsprechen hohen Temperaturen, niedrige Einstellungen bedeuten dagegen niedrige Temperaturen“.
- „Als Stellradeinstellungen sind Werte zwischen 0 und 200 zulässig.“
- Sollwert für die Kühlhaustemperatur ist 4 °C.
- Eine Gleichung für das dynamische Verhalten der Kühlhaustemperatur ist vorgegeben.
- Gewisse Parameter in der Formel sind frei wählbar. Wie soll die Wahl getroffen werden?
- Bei einer Stellradeinstellung von 100 soll die Kühlhaustemperatur 12°C anstreben.
- Das Experiment läuft über 100 Zeittakte. Wie lange soll ein Zeittakt in der Simulation dauern? (z.B. 1 s).
- Die primären Benutzer des Programms sind Versuchspersonen.
- Das Programm wird in einem überwachten Rahmen eingesetzt.
- Eingriffe in den Verlauf werden durch explizites Stoppen vorgenommen.
- Zur Auswertung der Ergebnisse der Versuche werden die Kühlhaustemperatur und die Stelleingriffe gemeinsam in einem Diagramm dargestellt.

### Wünsche und Ideen des Projektteams

Um den gestalterischen Freiraum zu füllen bittet der Softwareentwickler die beiden Teamkollegen zunächst getrennt voneinander ihre Wünsche und Ideen schriftlich festzuhalten. Folgend wird das editierte Ergebnis dieses Brainstormings wiedergegeben. Anmerkungen des SE sind kursiv dargestellt.

"Abgehobene" Wünsche:

- Ein großer Drehknopf zum Einstellen des Wertes (Poti)
- Störung im System (plötzliche Änderung der Temperatur ohne offensichtlichen Grund)

"normale" Wünsche:

- Verschiedene Szenarien sollen durchgespielt werden: Dabei kann die Zeitkonstante verändert werden, jeder Tester macht den Versuch zweimal (mit gleicher/unterschiedlicher Zeitkonstante).
- Dem Tester werden Tipps gegeben (die ihm helfen/schaden).
- Ein Test berücksichtigt die Aktionen des Testers nicht sondern richtet sich nach einem Zufallsgenerator.

*Weitgehende Änderbarkeit der Parameter und der Berechnungsformel.*

Es solle erfragt werden:

- Waren die Tipps hilfreich?
- Nach welchem Verfahren meint der Tester am schnellsten die Temperatur zu erreichen?
- Wie ändert sich die Temperatur im Kührraum? (nach welchem Muster).
- Alter/Geschlecht/Studienfach des Testers.

*Erfassen von Vordefinierten Daten zu jedem Versuch. Festlegen welche.*

Es soll (grafisch) ermittelt werden:

- Temperaturverlauf im Kührraum
- Reglereinstellung

Es soll erkennbar werden:

- Reaktion des Testers auf Temperaturänderung
- Zeit bis zum Erreichen des Sollwertes

Da die Tests unter Aufsicht durchgeführt werden sollen (stellt sicher das Aufgabe und die Funktion verstanden wurden und verhindert mehrfache Versuche) reicht ein Programm, das auf einen Labtop oder Notebook läuft.

Die Testperson sollte die Möglichkeit haben:

- Die aktuelle Kühlhaustemperatur an einem Display oder einem gut lesbaren Thermometer abzulesen (Ausgangstemperatur und Zieltemperatur farblich hervorgehoben).
- Änderungen an der Einstellung der Klimaanlage über ein Zahleneingabefeld (für Werte von 1 bis 200) per z.B. Tastatur vorzunehmen.
- Als Abbildung/Oberfläche für die Testperson schlage ich ein Schema des Kühlhauses wie aus der Vorlesung vor.
- Eine Anzeige des Temperaturverlaufs wäre eine Versuchsvereinfachung und realitätsfern, daher ist mit Herrn Mardorf abzustimmen, ob diese weggelassen werden darf?!

Das Programm soll für jede Testperson:

- Namen, Alter und Fachrichtung des Studiums erfassen (ermöglicht Zuordnung von Verhaltensstrukturen zu Gruppierungen).
- Den Temperaturverlauf über die Zeit aufzeichnen (für spätere Präsentationen für Beispiele Personen).
- Die Anzahl der Regulierungseingaben erfassen (für Gruppenzuordnung und Statistik).
- Den Abstand der Regulierungseingaben über die Zeit und über die Temperaturveränderung erfassen (für Gruppenzuordnung und Statistik).
- Die erreichte Endtemperatur festhalten (für Gruppenzuordnung und Statistik).
- Nach einer vorgegebenen Testzeit abbrechen.
- Der Test beginnt mit der ersten Eingabe.

Diese Daten sollen direkt in einem Exceledokument hinterlegt werden oder leicht in Excel zu importieren sein.

## **Die Vorversion**

Die Vorgaben sowie die Wünsche und Ideen der Teammitglieder werden vom SE zu einem Konzept zusammengefasst. Das Konzept wird gemeinsam diskutiert. Das Ergebnis dieser Projektsitzung ist ein Lastenheft, ein Pflichtenheft und ein Katalog der optionalen Wünsche.

## **Lastenheft**

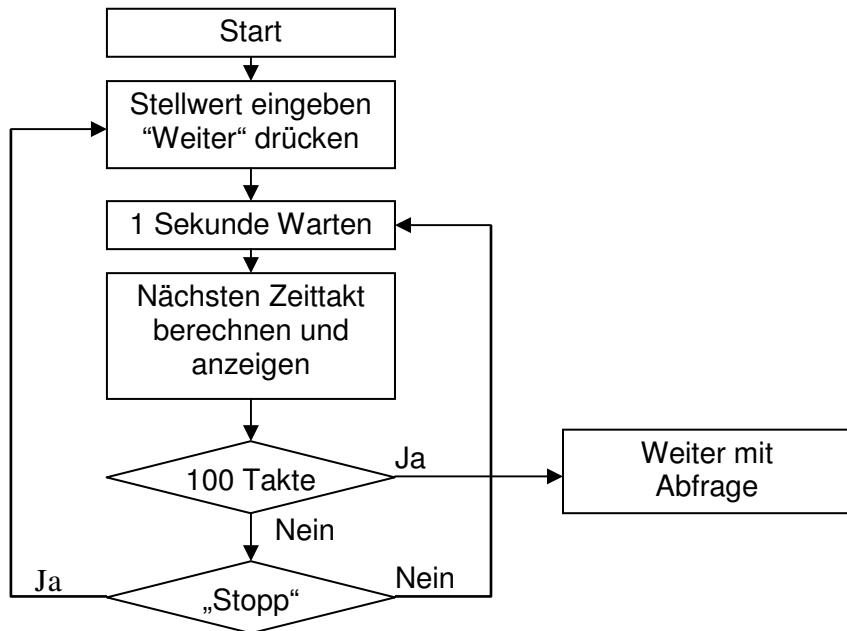
Bei der Beschreibung eines Programms unterscheidet man sinnvoller Weise zwischen dem dynamischen Ablauf (dargestellt z.B. als Flussdiagramm) und der statischen Gestaltung der einzelnen Stationen des Ablaufs. Neben der Definition der Benutzerschnittstelle ist auch der Datenaustausch mit anderen Programmen zu beschreiben.

## **Ablauf**

Hauptschleife:

1. Anzeige Daten-Fenster bis "Ok" (Weiter mit 2) oder "Schließen" (Sprung zu 5).
2. Anzeige Experiment-Fenster. Ablauf Experiment-Schleife bis Ende (Weiter mit 3) oder "Schließen" (Sprung zu 5).
3. Anzeige Daten-Fenster bis "Ok" (Weiter mit 4) oder "Schließen" (Sprung zu 5).
4. Speichern der Daten.
5. Anzeige Frage ob noch einmal. "Ja" (von vorne mit 1 anfangen, als wenn das Programm gerade gestartet wurde), "Nein" (Programm beenden).

Experiment-Schleife:



## Temperatur-Algorithmus

Die Rechenvorschrift, die den Verlauf der Temperatur in Abhängigkeit der Stellradeingaben beschreibt, wird in leicht abgewandelter Form aus Dörners Buch übernommen. Die Änderung besteht in der Einführung der Hilfsvariablen  $k$ ,  $j$  und  $\circ$ . Wählen  $k$  an die Stelle des Faktors ISO tritt und diesen um einen Skalierungsfaktor SCL erweitert, stellen  $j$  und  $\circ$  sicher, dass die Vorgabe aus dem Buch erfüllt wird ( $12^\circ\text{C}$  bei Stellrad 100) und die selbst gewählte Beziehung  $4^\circ\text{C}$  bei Stellrad 23 gilt.

```

If t < 2 Then Yold = Y0 Else Yold = Y(t - 1)
If (t - 1) < tT Then YtT = Y0 Else YtT = Y(t - tT)
  
```

```

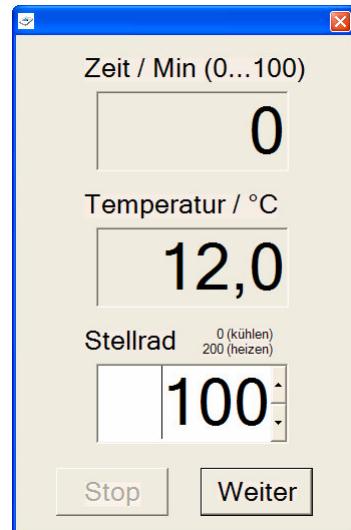
k = ISO * SCL
j = 8 * (k + ISO) / (77 * k)
o = (4 * ISO / k - 12) / j + 100
  
```

$$Y(t) = Yold + (Z - Yold) * ISO - (YtT - (W - o) * j) * k$$

## Darstellung

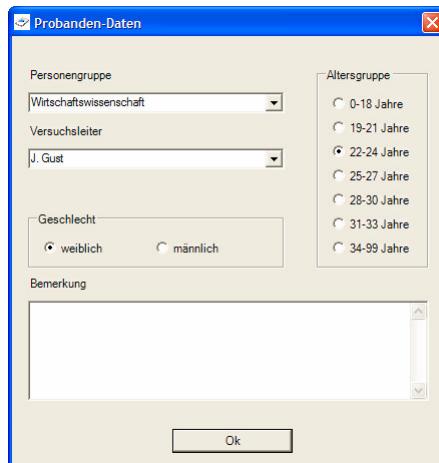
### Experiment-Fenster

- Große Zeitanzeige, digital
- Große Temperaturanzeige, digital
- Große Stellradeingabe, digital
- Stopp-Knopf
- Weiter-Knopf



## Daten-Fenster

- Fachrichtung (Freitext mit drei vordefinierten zur Auswahl: „Maschinenbau“, „Wirtschaftswissenschaften“ und „Psychologie“).
- Versuchsleiter (Freitext mit drei vordefinierten zur Auswahl: „Ch. Kamp“, „J. Gust“ und „J. Geisler“).
- Geschlecht (Auswahl vordefinierter Gruppe „männlich“ oder „weiblich“).
- Altersgruppe (Auswahl vordefinierter Gruppe „0-6“, „7-20“ usw. bis „77-83“).
- Bemerkung (Freitext).



## Daten

- Textdatei
- Jeder Versuch eine Zeile
- Datensätze mit Tab getrennt

Geschriebene Daten:

- Datum, Uhrzeit („dd.MM.yy HH:mm:ss“).
- Die 100 errechneten Temperaturen (Zahl „0.0“ mit Tab getrennt).
- Zu jedem Zeitschritt den eingegebenen Stellradwert (Zahl „0“) oder „x“, wenn keine Änderung vorgenommen wurde (mit Tab getrennt).
- Fachrichtung (String).
- Versuchsleiter (String).
- Geschlecht (Zahl 0-2 „0“. 0: keine Eingabe, 1: weiblich, 2: männlich).
- Altersgruppe (Zahl 0-12 „0“. 0: keine Eingabe, 1: 0-6 Jahre, 2: 7-13 Jahre, 3: 14-20 Jahre usw. bis 12: 77-83 Jahre).

- Bemerkung (String).

## Pflichtenheft

- Plattform: MS Windows.
- Programmiersprache: VB.
- Das Programm ist Eigenständig ausführbar.
- Verwendung der Standard-Dialogelemente.
- Die Anzeigen und Eingaben finden durch Zahlen statt.

## Wünsche

- Parameter (Wartezeit, Speicherdateiname, Starttemperatur, Störtemperatur und Formel) aus Konfigurationsdatei lesen. (Wurde später umgesetzt.)
- Einleitung, Selbsterklärung, Hilfe (genauer definieren). (Wurde nicht umgesetzt.)
- farbige Hervorhebung der Zieltemperatur in der Temperaturanzeige. (Wurde später umgesetzt.)
- Graphische Darstellung der Temperaturanzeige (Alkohol-Thermometer) und der Stellradeingabe (Drehknopf). (Wurde nicht umgesetzt.)

## Begründung für die wichtigsten Entscheidungen

Die Vorgeschichte und eine Erklärung des Programms werden nicht integriert, weil beschlossen wird, den Probanden die Cover-Story mit Hilfe von Folien zu präsentieren und ihnen eine individuelle Einführung in das Programm zu geben.

Die verstrichenen Zeittakte werden angezeigt, obwohl dies nicht in Dörners Buch erwähnt wird, weil sinnvoll scheint, dem Probanden eine Orientierung zu geben, die zunächst ein Gefühl der Sicherheit erzeugt, gegen Ende aber auch ein wenig Stress hervorrufen kann.

Auf eine graphische Darstellung des Stellrads und des Thermometers wird verzichtet, da dies einen erheblichen Programmieraufwand bedeutet. Es wird damit argumentiert, dass die Anzeige und Eingabe an modernen Kühlhäusern durchaus digital sein können.

Der Datenaustausch mit dem Auswertprogramm, Excel, findet über eine Textdatei statt, da ein Import in Excel quasi keinen zusätzlichen Aufwand bedeutet, und die Ausgabe in diesem Format am leichtesten zu programmieren ist.

## Verbesserungen

Nach der Vorstellung und einigen Tests der Vorversion werden noch fünf Änderungspakete beschlossen, bevor das Programm in der endgültigen Form vorliegt. Hierbei erweist sich die Entscheidung, VB® als Programmiersprache zu verwenden als sehr vorteilhaft. Die Änderungen können jedes Mal schnell, sicher und sauber umgesetzt werden.

Der erste Änderungswunsch erwächst aus einer Gruppenbesprechung (14.04.05) mit allen drei Projektgruppen. Die Anzeige der Solltemperatur im Programm der Gruppe Thiel/Tölke wird positiv bewertet und beschlossen diese in alle Programme zu integrieren. Bei dieser Gelegenheit wird auch die Parametrisierbarkeit aller wichtigen Einstellungen über eine Konfigurationsdatei umgesetzt, da dies der wichtigste offene Punkt auf der Wunschliste ist und dem SE als unverzichtbar erscheint. Der Aufbau und eine Erklärung der Konfigurationsdatei ist im Anhang beigefügt.

In der erwähnten Gruppenbesprechung ergeht auch die Bitte an die SEs der drei Gruppen, sich auf weitere Angleichungsmaßnahmen zu verständigen. Das Ergebnis dieser Sitzung sind die folgenden vier Änderungen:

1. Die zwei Schalter, „Stop“ und „Weiter“, sollen durch einen Schalter mit zwei Zuständen („Stoppen“ und „Weiter“) ersetzt werden. Da sich das Programm zu Beginn im Pause-

Zustand befindet, soll der Schalter hier nicht die Aufschrift „Weiter“, sondern „Start“ tragen.

2. Um dem Probanden die Unterscheidung, ob sich das Programm im Pause- oder im Ablauf-Zustand befindet, soll die Zeitanzeige im Pause-Zustand blinken (in Anlehnung an viele technische Geräte).
3. Die Zeitanzeige soll nicht von 0 bis 100 aufwärts zählen, sondern im Count-down von 100 bis 0. Dadurch soll ein wenig mehr Stress erzeugt werden.
4. Um den Stress noch zu steigern, sollen während der letzten 15 Zeittakte die Ziffern der Anzeige nicht schwarz sondern rot dargestellt werden.

In der nächsten Gruppensitzung (28.04.05) werden zwei weitere Änderungen beschlossen:

1. Die Bedenkzeit, die der Proband bei jedem Eingriff in Anspruch nimmt, soll vom Programm gemessen und zur späteren Auswertung gespeichert werden. Dies ist eine Erweiterung der von Dörner ausgewerteten Daten, ist jedoch eine logische Konsequenz, um das Reaktionsprofil des Probanden abzurunden. Damit wird die Datenzeile in der Ausgabedatei um 100 Werte verlängert. Sie umfasst nun über 300 Werte. In Excel können jedoch nur 256 pro Zeile importiert werden. Um die Daten eines Probanden nicht auf zwei Zeilen verteilen zu müssen, wird auf die Ausgabe des Temperaturverlaufs verzichtet. Stattdessen werden nur die Parameter für den Algorithmus,  $Y_0$ ,  $Z$ , ISO, SCL und  $t_T$ , gespeichert. Damit kann der Temperaturverlauf anhand der gespeicherten Stellradwerte in Excel rekonstruiert werden.
2. Um mehr Klarheit zu schaffen, wird der Text über der Stellradeingabe von „0 (kühlen), 200 (heizen)“ in „0 (kälter), 200 (wärmer)“ geändert.

Die Vorletzte Änderung betrifft die Daten, die vom Probanden nach dem Experiment abgefragt werden. Eine Liste dieser Daten wird von den Gruppenmitgliedern, die mit der Durchführung und Auswertung des Experiments beraut sind angefertigt. Der Dialog enthält nun die folgenden Felder:

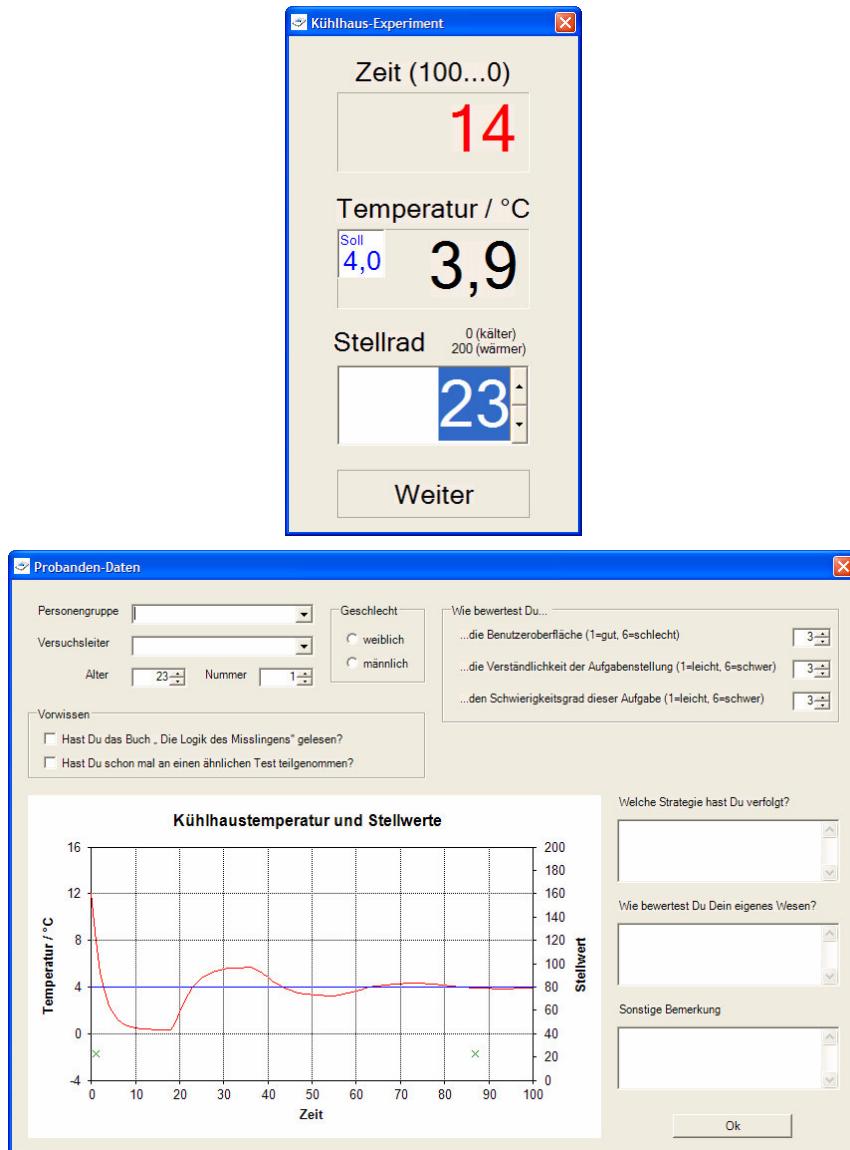
- Personengruppe (Freitext mit Auswahl dreier vordefinierter Gruppen).
- Versuchsleiter (Freitext mit Auswahl dreier vordefinierter Leiter).
- Alter (Ganzzahl 0 bis 99).
- Nummer (Ganzzahl 0 bis 1000, Zuordnung der Probanden zwischen den einzelnen Tests).
- Geschlecht (Auswahl „weiblich“, „männlich“).
- „Hast Du das Buch „Die Logik des Misslingens“ gelesen?“ (Ankreuzen).
- „Hast Du schon mal an einem ähnlichen Test teilgenommen?“ (Ankreuzen).
- „Wie bewertest Du die Benutzeroberfläche?“ (Ganzzahl 1 bis 6, Schulnote).
- „Wie bewertest Du die Verständlichkeit der Aufgabenstellung?“ (Ganzzahl 1 bis 6, Schulnote).
- „Wie bewertest Du die Schwierigkeit dieser Aufgabe?“ (Ganzzahl 1 bis 6, Schulnote).
- „Welche Strategie hast Du verfolgt?“ (Freitext).
- „Wie bewertest Du dein eigenes Wesen?“ (Freitext).
- „Sonstige Bemerkungen“ (Freitext).

Außerdem wird beschlossen, dem Probanden das Ergebnis des Tests in Form eines Diagrams mit dem Verlauf der Temperatur und den Stelleingriffen zu zeigen. Dies soll die Beantwortung der Fragen unterstützen. Das Diagramm soll im gleichen Fenster, wie die Befragung, dargestellt werden. Der Befragungsdialog wird jetzt nur noch einmal, nach dem Test, angezeigt.

Nach der ersten Versuchsreihe bittet der Versuchleiter J. Gust den SE das Programm so zu ändern, dass der Text in der Stellradeingabe bei Drücken der „Stoppen“-Taste markiert wird, damit er direkt überschrieben wird, wenn der Proband eine Zahlentaste drückt. Er hat

beobachtet, dass es aufgrund des bisherigen Verhaltens des Programms öfter zu Fehleingaben gekommen ist.

Folgend sind die Benutzeroberfläche des Experiments und der anschließenden Befragung der endgültigen Version des Programms abgebildet:



## Die Einstellung der Parameter

Neben der Erstellung des eigentlichen Programms, ist es auch Aufgabe des SE, geeignete Werte für die Parameter des Temperatur-Algorithmus zu finden. Mit den Parametern werden das Temperaturverhalten der Simulation und damit der Schwierigkeitsgrad eingestellt. Es soll eine Einstellung gefunden werden, die eine breite Streuung der Ergebnisse erzielt. Sie darf nicht zu schwer und nicht zu leicht sein. Die Stellwerte werden ermittelt mit einer visuellen Bewertung der Sprungantwort des Stellwertes von 100 auf 23 und durch Selbstversuche. Eigentlich wäre ein Probendurchlauf mit verschiedenen, zufällig gewählten, Probanden geeigneter, dies ist jedoch aus Zeitgründen nicht möglich. Die Gefundenen Parameter lauten wie folgt. Es erweist sich in den Versuchen, dass sie den Anforderungen gerecht werden.

- ISO = 0,35
- SCL = 0,46
- tT = 18

Als weiterer Parameter ist die Zeit, die das Programm zwischen zwei Zeittakten wartet, zu bestimmen. Während der gesamten Testphase beginnend mit der Vorversion rechnen alle Programme mit 1 s. Dies wird als angenehm und passend empfunden und damit beibehalten.

### **Anhang A: die sinngemäße Wiedergabe der Designgrundsätze der Braun AG**

(aus „Operations Management“, Slack, N. et al.)

1. Gebrauchswert, Funktionalität: Form ordnet sich Funktion unter.  
(Thermometer und Stellrad sind groß und stehen im Mittelpunkt.)
2. Qualität: alle wichtigen Funktionen sind vorhanden;  
die Funktionen sind wohl ausgewählt und definiert;  
ausgiebige Test stellen Fehlerfreiheit sicher;  
moderne Programmierung macht Änderungen und Wartung leicht.
3. Einfache Handhabung: Informationsdarstellung und –Eingabe sind stehen im Mittelpunkt.
4. Einfachheit: Beschränkung auf das wesentliche. Z.B. keine Menüs. Min-Max-Prinzip.
5. Klarheit: die Bedienung ist selbsterklärend und übersichtlich.
6. Aufgeräumtheit: jedes Element hat seinen sinnvollen Platz.
7. Natürlichkeit: kein überflüssiges Dekor.
8. Ästhetik: Harmonie im Layout.
9. Innovation: Neuerungen haben den Zweck lange und andauernde Verbesserungen zu erzielen.
10. Wahrheit: „nur ehrliches Design gutes Design sein“. Jeder Versuch mit den Emotionen und Schwächen des Kunden zu spielen wird vermieden.

### **Anhang B: die Parameterdatei**

Das Programm lässt sich über eine Datei im XML-Format konfigurieren. Sie trägt den Namen der Programmdatei gefolgt von „.config“ und muss im selben Verzeichnis stehen. Ihr Aufbau ist folgend dargestellt. Dabei haben die einzelnen Parameter diese Bedeutung:

StepTime	Die Zeit in Millisekunden, die das Programm zwischen zwei Zeittakten wartet.
QuickStep	Die Zeit in Millisekunden, die das Programm wartet, nach dem der Benutzer „Weiter“ gedrückt hat, bis zur Berechnung des nächsten Zeittaktes.
BlinkTime	Die Zeit in Millisekunden, die die Zeitanzeige im Pause-Zustand angezeigt bzw. nicht angezeigt wird.
fn	Der Name der Datei, in die die Daten gespeicher werden.
Y0	Die Temperatur, die zu Beginn im Kühlhaus herrscht.
Z	Die Außentemperatur.
ISO	Parameter des Temperatur-Algorithmus, der Isolationsfaktor.
SCL	Parameter des Temperatur-Algorithmus, der Skalierungsfaktor.
tT	Parameter des Temperatur-Algorithmus, die Totzeit.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<configuration>
    <appSettings>
        <add key="StepTime" value="1000" />
        <add key="QuickStep" value="200" />
        <add key="BlinkTime" value="500" />
        <add key="fn" value="kuehldat.txt" />
        <add key="Y0" value="12" />
        <add key="Z" value="16" />
        <add key="ISO" value="0, 35" />
        <add key="SCL" value="0, 46" />
        <add key="tT" value="18" />
    </appSettings>
</configuration>
```

## Die Entwicklung des Programms (1b) zum Kühlhaus-Experiment

### Einleitung

Das Projekt „Kühlhaus Experiment“ wurde im Rahmen der Vorlesung Advanced Project Management durchgeführt. Als Grundlage für das „Kühlhaus Experiment“ diente das Buch „Die Logik des Misslingens“ von Dietrich Dörner. In dem Projekt wurde das strategische Verhalten von verschiedenen Versuchspersonen mit der Simulation eines Kühlhauses untersucht. Nachdem den Versuchspersonen eine Coverstory erzählt wurde, mussten diese die Temperatur in einem simulierten Kühlhaus regeln. Die Reaktionen und einige persönliche Daten wurden dabei abgespeichert und dienten für die anschließende Auswertung. Ein Teilprojekt war zunächst die Entwicklung der Simulationssoftware. Diese wurde von drei Projektmitgliedern in drei verschiedenen Versionen entwickelt. In diesem Kapitel wird eine Version der Simulationsumgebung beschrieben.

### Anforderungen an die Simulationsumgebung

Die Simulationsumgebung sollte von jeder Projektgruppe als eigenständiges Programm ohne Varianten entwickelt werden. Die Anforderungen wurden zum Großteil in dem Buch von Herrn Dörner festgelegt, was als Vorlage des Experiments diente. In mehreren Projektsitzungen wurde der Anforderungskatalog vervollständigt.

### Anforderungen nach dem Buch von Dörner

Viele Anforderungen an die Simulationsumgebung konnten aus dem Buch von Dörner entnommen werden und sind im Folgenden aufgelistet:

- Es gibt eine Einleitende Vorgeschichte.
- Die Zeit, die im Handbetrieb überbrückt werden muss, beträgt „etliche Stunden“.
- Das Kühlhaus hat ein Stellrad und ein Thermometer.
- „Hohe Stellradeinstellungen entsprechen hohen Temperaturen, niedrige Einstellungen bedeuten dagegen niedrige Temperaturen.“
- „Als Stellradeinstellungen sind Werte zwischen 0 und 200 zulässig.“
- Sollwert für die Kühlhaustemperatur ist  $4^{\circ}\text{C}$ .
- Eine Gleichung für das dynamische Verhalten der Kühlhaustemperatur ist vorgegeben.
- Gewisse Parameter in der Formel sind frei wählbar.
- Bei einer Stellradeinstellung von 100 soll die Kühlhaustemperatur  $12^{\circ}\text{C}$  anstreben.
- Das Experiment läuft über 100 Zeittakte.
- Die primären Benutzer des Programms sind Versuchspersonen.
- Das Programm wird in einem überwachten Rahmen eingesetzt.
- Eingriffe in den Verlauf werden durch explizites Stoppen vorgenommen.
- Zur Auswertung der Ergebnisse der Versuche werden die Kühlhaustemperatur und die Stelleingriffe gemeinsam in einem Diagramm dargestellt.

### Anforderungen vom eigenen Projektteam

Da bei der Anforderungsliste nach Dörner noch einige offene Fragen entstanden, wurden weitere Anforderungen in einer Projektsitzung festgelegt und den anderen Projektgruppen folgendermaßen Präsentiert:

- einfache und unmissverständliche Oberfläche
- Anzeige der Außen- und Innentemperatur
  - digital
  - Auflösung ~0,1 °C
- Eingabe des Stellwertes
  - Simulation dazu mit einem Button anhalten
  - Eingabe über ein bewegliches Steuerelement
  - zusätzliche digitale Anzeige des Steuerwertes
- Anzeige der simulierten Zeit
- Dauer der Simulation ca 1-2 min
- simulierter Zeitraum ca 1-2 Std
- Daten in Datei speichern
  - Stellwertverlauf
  - Temperaturverlauf

Die grafische Oberfläche der Simulationsumgebung hatte sich die Projektgruppe wie in Abbildung 1 links vorgestellt. Nach der Simulation sollte der Temperaturverlauf und die Stellwerteingabe wie in der rechten Abbildung dargestellt werden.

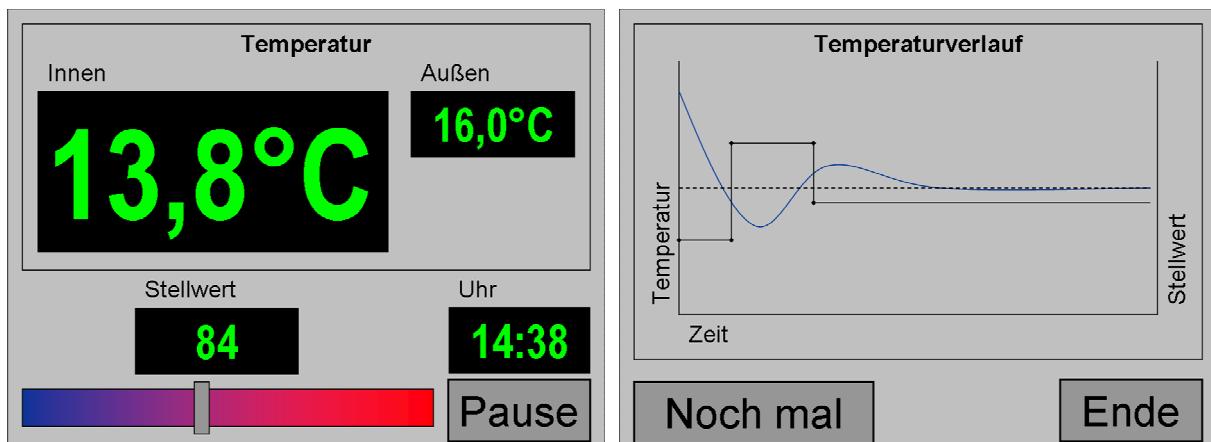


Abbildung 1(1b): Vorstellung der grafischen Oberfläche

Außerdem wurden noch folgende Wünsche innerhalb der Projektgruppe geäußert und festgehalten:

- Konfigurationsmenü
- Eingabe zur Versuchsperson
- Bildschirm zur Erklärung

### **Verallgemeinerte Anforderungen der Programmierer**

In einer weiteren Sitzung der einzelnen Programmierer aller Projektgruppen wurden die einzelnen Anforderungen und Wünsche der Gruppen besprochen. Um die drei unterschiedlichen Simulationsprogramme für die Versuchspersonen zu verallgemeinern, wurden folgende Anforderungen für alle Programme festgelegt:

- jeder der 100 Schritte soll jeweils 1 Sekunde dauern

- Die Schritte sollen von 100 bis 0 herunter laufen
- die letzten 15 Schritte sollen rot dargestellt werden.
- Die Anzeige der Schritte soll bei einer Unterbrechung blinken
- Der Button soll zu Beginn die Beschriftung „START“ besitzen
- nach dem Start soll der Button mit „ANHALTEN“ beschriftet sein
- Während einer Unterbrechung soll auf dem Button „WEITER“ stehen
- Die Solltemperatur soll mit in der Temperaturanzeige klein und blau dargestellt werden

Auf eine Erklärung der Coverstory vor jeder Simulation wurde aus Zeitgründen verzichtet. Sie wird einmalig in einer Präsentation der gesamten Versuchsgruppe erzählt. So kann die Zeit genutzt werden, jeder Versuchsperson die jeweilige Programmversion zu erklären.

Um der Versuchsperson eine Orientierung für die Zeitschritte zu geben, werden diese mit angezeigt. Dadurch dass sie herunter laufen, sieht die Versuchsperson genau wann Schluss ist. Durch eine rote Darstellung der Zeitschritte soll das nahende Ende der Simulation noch verdeutlicht werden.

Nach der Durchführung der Simulation sollen der Temperaturverlauf und die Stelleingriffe gespeichert werden. Hierfür wurde der Weg über eine Textdatei gewählt, da es für den Programmierer schnell umzusetzen ist und zur Auswertung einfach in Excel importiert werden kann.

Der Temperaturverlauf und die Stelleingriffe sollen außerdem in einem Diagramm dargestellt werden und der Versuchsperson erläutert werden.

## Anforderungen zu Personenbefragung

Nach der Simulation sollte jede Versuchsperson noch interviewt werden. Die persönlichen Daten und Antworten sollten in dem Programm mit aufgenommen und abgespeichert werden. In einer Projektsitzung der Versuchsleiter wurden die einzelnen Fragen wie folgt festgelegt:

- Personengruppe (Freitext mit Auswahl dreier vordefinierter Gruppen).
- Alter (Schieber von Ganzzahlen von 10 bis 50).
- Nummer (Ganzzahl 0 bis 99, Zuordnung der Probanden zwischen den einzelnen Tests).
- Geschlecht (Auswahl „weiblich“, „männlich“).
- „Hast Du das Buch „Die Logik des Misslingens“ gelesen?“ (Ankreuzen).
- „Hast Du schon mal an einem ähnlichen Test teilgenommen?“ (Ankreuzen).
- „Wie bewertest Du die Benutzeroberfläche?“ (Ganzzahl 1 bis 6, Schulnote).
- „Wie bewertest Du die Verständlichkeit der Aufgabenstellung?“ (Ganzzahl 1 bis 6, Schulnote).
- „Wie bewertest Du die Schwierigkeit dieser Aufgabe?“ (Ganzzahl 1 bis 6, Schulnote).
- „Wie schätzt du die selbst ein?“ (Freitext mit Auswahl dreier vordefinierter Typen).
- „Welche Strategie hast Du verfolgt?“ (Freitext).
- „Begründung des Anfangswertes“ (Freitext).

Auch die persönlichen Daten und Antworten der Versuchspersonen sollen in einer Textdatei nach dem Interview gespeichert werden.

## Die Umsetzung und Programmentwicklung

Die Anforderungen an das Simulationsprogramm wurden in der Entwicklungsumgebung LabVIEW® umgesetzt, weil mit LabVIEW sehr gut grafische Oberflächen gestaltet werden können. LabVIEW wird hauptsächlich zur Visualisierung und Steuerung von Prozessen eingesetzt. Dabei programmiert man nicht mit einer Sprache, sondern man erstellt aus Elementen eine grafische Oberfläche und verknüpft die einzelnen Elemente in sog. Blockschaltbild. Dafür steht eine umfangreiche Bibliothek von Funktionen und Bedienelementen zur Verfügung, wie in Abbildung 2 zu sehen ist.

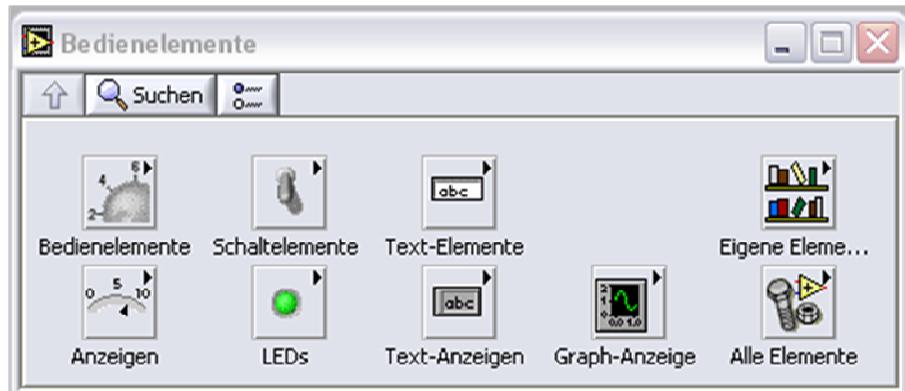


Abbildung 2(1b): Bibliothek der LabVIEW-Elemente

Außerdem bietet LabVIEW die Möglichkeit, die Oberflächen und die dazugehörigen Blockschaltbilder in eine eigenständig ausführbare Anwendung zu kompilieren. Für die erforderliche Runtime erzeugt LabVIEW bei der Kompilierung eine Installationsdatei. Dadurch kann die Simulation nach der Installation der Runtime auf jedem PC mit dem Betriebssystem Windows durchgeführt werden.

## Der Simulationsalgorithmus mit der Parametereinstellung

Das dynamische Verhalten des Kühlhauses ist in dem Buch von Dörner folgendermaßen beschrieben:

$$(1) \quad \text{regel}_i = \text{regel}_{i-1} + (\text{stoerr}_i - \text{regel}_{i-1}) \times \text{tempo} - \text{steuer}_{i-1}$$

$$(2) \quad \text{steuer}_i = (\text{regel}_{i-v} - \text{stell}) \times \text{regelfaktor}$$

wobei  $\text{regel}$  die Innentemperatur und  $\text{stoerr}$  die Außentemperatur zu dem Zeitschritt sind, welcher im Indize angegeben ist, u. Der Indize  $v$  bedeutet eine variable Totzeit. Die Gleichungen etwas umgesetzt sehen mathematisch so aus:

$$T_{i+1} = T_i + (T_{\text{außen}} - T_i) \cdot ISO - (T_{\text{Tot}} - (STW - 100)) \cdot REG$$

Die Isolation ISO, der Regelfaktor REG und die Totzeit sind frei wählbare Parameter. Allerdings wird in dem Buch von Dörner eine Außentemperatur von 16°C vorgegeben und bei einem Stellwert von 100 soll die Temperatur im Kühlhaus gegen 12°C laufen. Um diese Randbedingung zu erfüllen, muss folgender Wert für den Regelfaktor eingestellt werden:

$$REG = \frac{1}{3} \cdot ISO$$

Das Blockschaltbild für das dynamische Verhalten der Kühlhaustemperatur ist in Abbildung 3 dargestellt. Das Ergebnis des Formelblockes ist die Temperatur des nächsten

Rechenschrittes. In dem Block ist die Formel  $T + (TAU - T) * ISO - (TTOT - (STW - 100)) * (ISO / 3)$  implementiert.

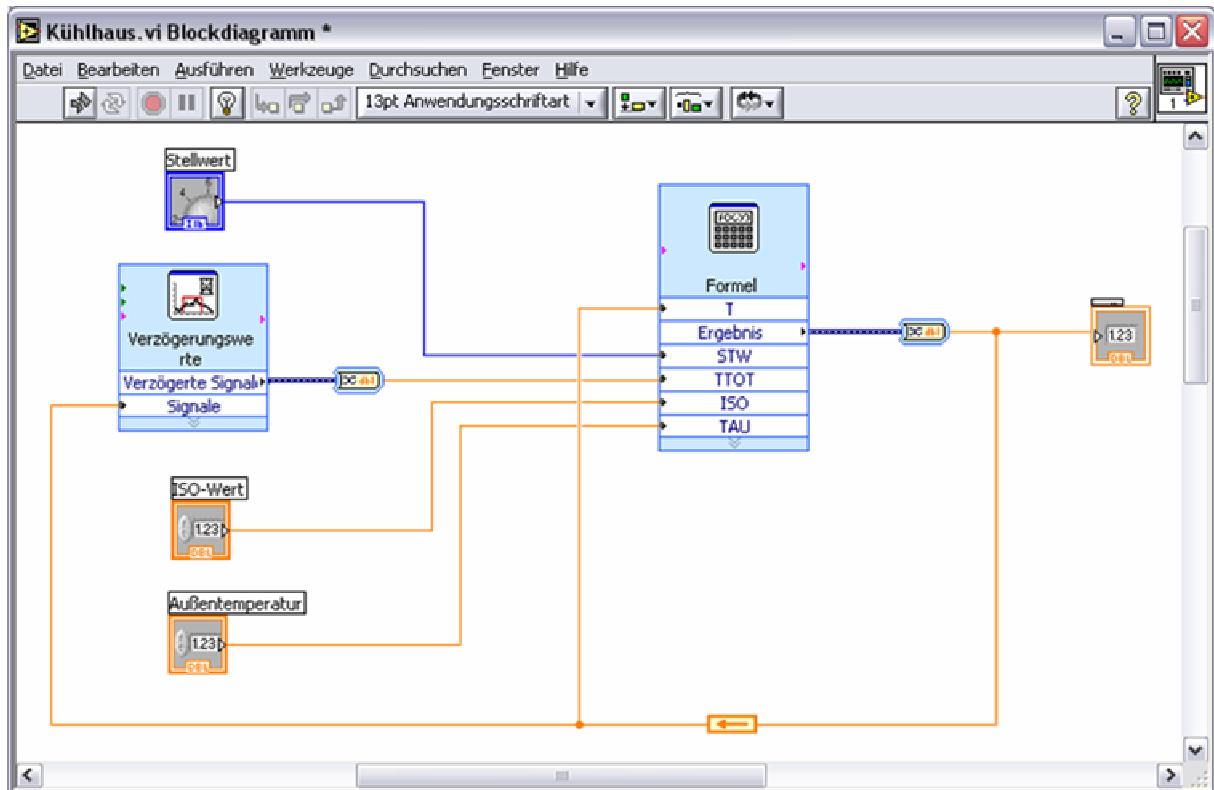


Abbildung 3(1b): Blockschaltbild der Simulation

Mit dem Parameter ISO und der Totzeit kann die Schwierigkeit der Simulation eingestellt werden. Sie wurden in einer Versuchsreihe unterschiedlich variiert und in Selbstversuchen getestet. Dabei wurde ein Verhalten gewählt, welches etwas überschwingt, aber trotzdem ein sicheres Erreichen des Sollwertes ermöglicht:

$$ISO = 0,08$$

$$\text{Totzeit} = 19 \text{ Schritte}$$

Die einzelnen Programmparameter und Anfangswerte können nach der Kompilierung nicht mehr geändert werden. Hierfür muss die Entwicklungsumgebung LabVIEW installiert sein.

### Ablauf und Oberflächen der Simulation

Nach der Installation der Runtime für LabVIEW kann die Anwendung „Kühlhaus.exe“ gestartet werden. Es öffnet sich das Hauptfenster (Abbildung 4) der Simulation.

Das Fenster ist in drei Teile gegliedert. Unten befindet sich der Button für die Steuerung der Simulation. Zu Beginn trägt er die Beschriftung „START“. Oben links befindet sich ein Drehknauf für den Stellwert, welcher darunter zusätzlich digital dargestellt ist. Der Drehknauf ist anfangs nach oben ausgerichtet und hat den Anfangswert 100. Die Skala geht von 0 bis 200 und mit dem Farbverlauf macht den Effekt „kälter“ bzw. „wärmer“ visuell deutlich. Der Drehknauf kann durch festhalten der Maustaste mit dem Cursor gedreht werden. Auf der rechten Seite werden oben die noch vorhandenen Zeitschritte angezeigt. Direkt darunter befindet sich die Anzeigeanzeige. Sie zeigt zum einen die aktuelle Temperatur mit einer Nachkommastelle und zum anderen die Solltemperatur an.

Nach einem Mausklick auf den Button „START“ zählen die Zeitschritte von 100 herunter. Die Anfangstemperatur von 16 °C beginnt sich auch je nach Stellwert zu ändern. Während der Simulation kann der Drehknauf nicht bewegt werden. Dazu muss die Simulation mit dem

Button „ANHALTEN“ unterbrechen. Während der Pause blickt die Anzeige der Restzeit. Um die Simulation wieder fort zu setzen, muss der Button „WEITER“ geklickt werden.



Abbildung 4(1b): Hauptfenster der Simulation

Die letzten 15 Zeitschritte wird die Restzeit rot dargestellt. Nachdem die Zeitschritte abgelaufen sind, werden sofort der Temperaturverlauf und die Stellwerteingriffe in einem Grafen über den Zeitschritten wie in Abbildung 5 dargestellt. Der Verlauf und das Verhalten werden mit der Versuchsperson besprochen.

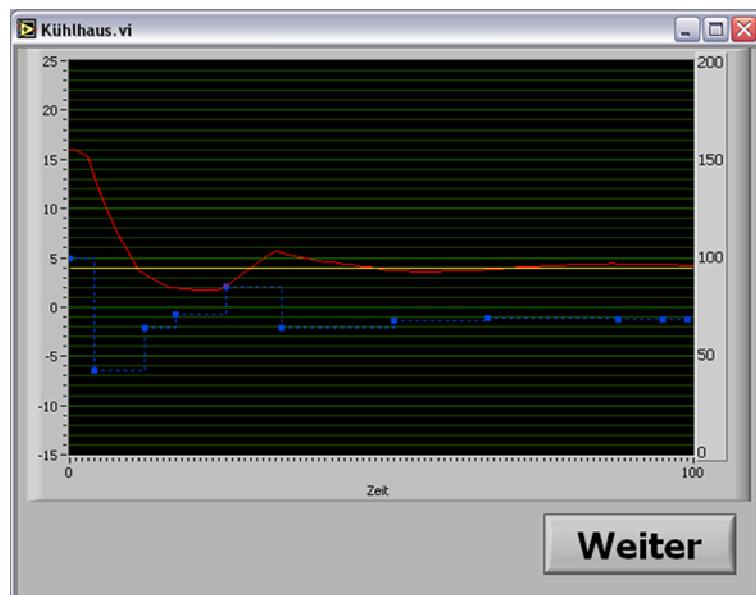


Abbildung 5(1b): Darstellungsfenster des Temperaturverlauf mit Stelleingriffen

Nach einem Klick auf den Button „Weiter“ folgt das Formularfenster für das Interview, wie es in Abbildung 6 zu sehen ist. Jede Versuchsperson hat eine Nummer. Zu dieser Nummer werden die persönlichen Daten wie Alter und Geschlecht erfasst. Da die Personenkreise, die untersucht werden, schon bekannt sind, sind diese schon in einer Liste vordefiniert. Es kann aber auch ein neuer Personenkreis eingegeben werden. Genauso bei der Selbsteinschätzung. Hier sind drei Typen vordefiniert oder es kann auch ein individueller Typ eingegeben werden. Die Begründung der Versuchsperson zu seiner Strategie und der Wahl des Anfangswertes werden in den Textfeldern festgehalten. Zuletzt soll die Versuchsperson

die Benutzeroberfläche, die Verständlichkeit und die Schwierigkeit der Simulation mit einer Zahl von 1 bis 6 nach dem Schulnotensystem beurteilen.

**Abbildung 6(1b): Formularfenster für das Interview**

Nachdem das Interview abgeschlossen ist, werden die Daten mit einem Klick auf den Button „Fertig“ gespeichert und das Programm beendet.

Der Temperaturverlauf mit den Stelleingriffen wird in der Datei „c:\temp\kühlhaus\_XXX.txt“ gespeichert, wobei XXX eine laufende Nummer ist. Die Textdatei hat vier mit Tabstopps getrennte Spalten mit folgendem Inhalt:

%Programmlaufzeit% %Temperatur% %Programmlaufzeit% %Stellwert%

Insgesamt besteht die Datei aus 100 Datensätzen, wobei jeder Datensatz einem Simulationsschritt entspricht. Dadurch, dass die Programmlaufzeit mit gespeichert wird, kann auch die Dauer aller Pausen berechnet werden, auch wenn der Stellwert nicht verändert wurde.

Die Antworten aus dem Interview werden in der Datei „c:\temp\kommentar\_XXX.txt“ abgespeichert. In ihr werden die einzelnen Antworten in Variablen mit einem Semikolon in folgender Reihenfolge getrennt:

```
0 0 ; %Geschlecht%; %Alter%; %Personenkreis%; %Kommentar%; %Buch%;  
%Experiment%; %Personentyp%; %Benutzeroberfläche%; %Verständlichkeit%;  
%Schwierigkeit%; %Anfangswert%; %Laufnummer%;
```

Einige Variablen müssen dabei folgendermaßen interpretiert werden:

Geschlecht:      0 := weiblich  
                      1 := männlich

Buch:              0 := nicht gelesen  
                      1 := gelesen

Experiment:        0 := noch nie teilgenommen  
                      1 := schon mal an einem ähnlichen Experiment teilgenommen

## Die Entwicklung des Programms (2) zum Kühlhaus-Experiment

### ***Einleitung***

Das Programm Kühlhaus gehört zu dem Projekt „Experiment Kühlhaus“, welches im Rahmen der Veranstaltung Advanced Project Management durchgeführt wurde. In dem Projekt ging es darum verschiedene Personengruppen mit einer Simulation am Computer zu testen und diese durch Ihre Reaktionen in der Simulation und einigen Persönlichen fragen nachher einschätzen zu können. Das Projekt war in drei Phasen aufgeteilt. In der ersten Phase musste die Software entwickelt werden, an denen die Versuchspersonen getestet werden sollten und die Befragung durchgeführt wurde. Nachdem die Software fertig gestellt war, wurden die Tests mit 3 verschiedenen Personengruppen durchgeführt. Die dritte Phase befasste sich dann mit der Auswertung der gesammelten Daten. In diesem Teil des Berichtes wird nur auf das fertig entwickelte Softwaretool eingegangen.

### ***Anforderungen an das Programm***

Die ersten Anforderungen des Programms wurden aus dem Buch „Die Logik des Missslingens“ von Friedrich Dörner abgeleitet. Das ganze Projekt stammt ebenfalls aus diesem Buch. In diesem Buch werden auch schon etliche Randbedingungen festgelegt.

- Die Zeit, die im Handbetrieb überbrückt werden muss, beträgt „etliche Stunden“. Wie lange soll ein Simulationsdurchlauf dauern (es muss einen Zeitraffer geben)?
- Das Kühlhaus hat ein Stellrad und ein Thermometer. Sollen diese Bildlich oder Symbolisch dargestellt werden?
- „Hohe Stellradeinstellungen entsprechen hohen Temperaturen, niedrige Einstellungen bedeuten dagegen niedrige Temperaturen“.
- „Als Stellradeinstellungen sind Werte zwischen 0 und 200 zulässig.“
- Sollwert für die Kühlhaustemperatur ist  $4^{\circ}\text{C}$ .
- Eine Gleichung für das dynamische Verhalten der Kühlhaustemperatur ist vorgegeben.
- Gewisse Parameter in der Formel sind frei wählbar. Wie soll die Wahl getroffen werden?
- Bei einer Stellradeinstellung von 100 soll die Kühlhaustemperatur  $12^{\circ}\text{C}$  anstreben.
- Das Experiment läuft über 100 Zeittakte. Wie lange soll ein Zeittakt in der Simulation dauern? (z.B. 1 s).
- Die primären Benutzer des Programms sind Versuchspersonen.
- Das Programm wird in einem überwachten Rahmen eingesetzt.
- Zur Auswertung der Ergebnisse der Versuche werden die Kühlhaustemperatur und die Stelleingriffe gemeinsam in einem Diagramm dargestellt.

Dies sind alles Vorgaben die aus dem Buch von den Dörner geschlossen werden konnten. Weiter Wünsche und Vorgaben für das Programm war noch eine einheitliche Befragung für die Versuchspersonen sowie eine einfache Bedienung für das Programm.

## **Entwicklungsumgebung**

Als Entwicklungsumgebung wurden zwei Verschiedene Programme benutzt. Zum ersten wurde die oben angesprochene Befragung in Excel durchgeführt. Excel wird auch als Hauptprogramm genutzt, welches das eigentliche Simulationsprogramm über einen Button laden kann. Das Simulationsprogramm wurde mit der Programmiersprache Alaska Xbase<sup>++</sup> programmiert. Alaska Xbase<sup>++</sup> ist von Alaska Software Publishing, a division of Alaska Software GmbH hergestellt worden. Die Hauptentwicklungen, die mit diesem Softwaretool gemacht werden, liegen im Bereich von komplexen Datenbankanwendungen. Dieses Tool wurde für die Entwicklung genommen, da es einen Graphischen Editor besitzt mit dem sich Oberflächen zusammenbauen lassen.

## **Exceloberfläche**

Excel dient als Steuerzentrale für die komplette Simulationsumgebung. In dem abgebildeten Ausschnitt des Excel Programms (siehe Abbildung 7) sind zuerst ein paar allgemeine Angaben zu machen. Es muss jeder Versuchsperson eine Nummer zugewiesen bekommen haben, diese wird in das Feld „ProbandenNummer“ eingetragen. Dies ist sehr wichtig, da das Programm die Daten unter dieser Nummer abspeichert. Des Weiteren können noch Angaben über den Fachbereich, bei Studenten, das Alter, das Geschlecht, wer den Versuch geleitet hat und ob Vorwissen schon vorhanden ist angegeben werden. Wenn diese Angaben alle gemacht worden sind kann die eigentliche Simulationsumgebung geladen werden. Der Start der Simulation erfolgt über den Button „Programm starten“.

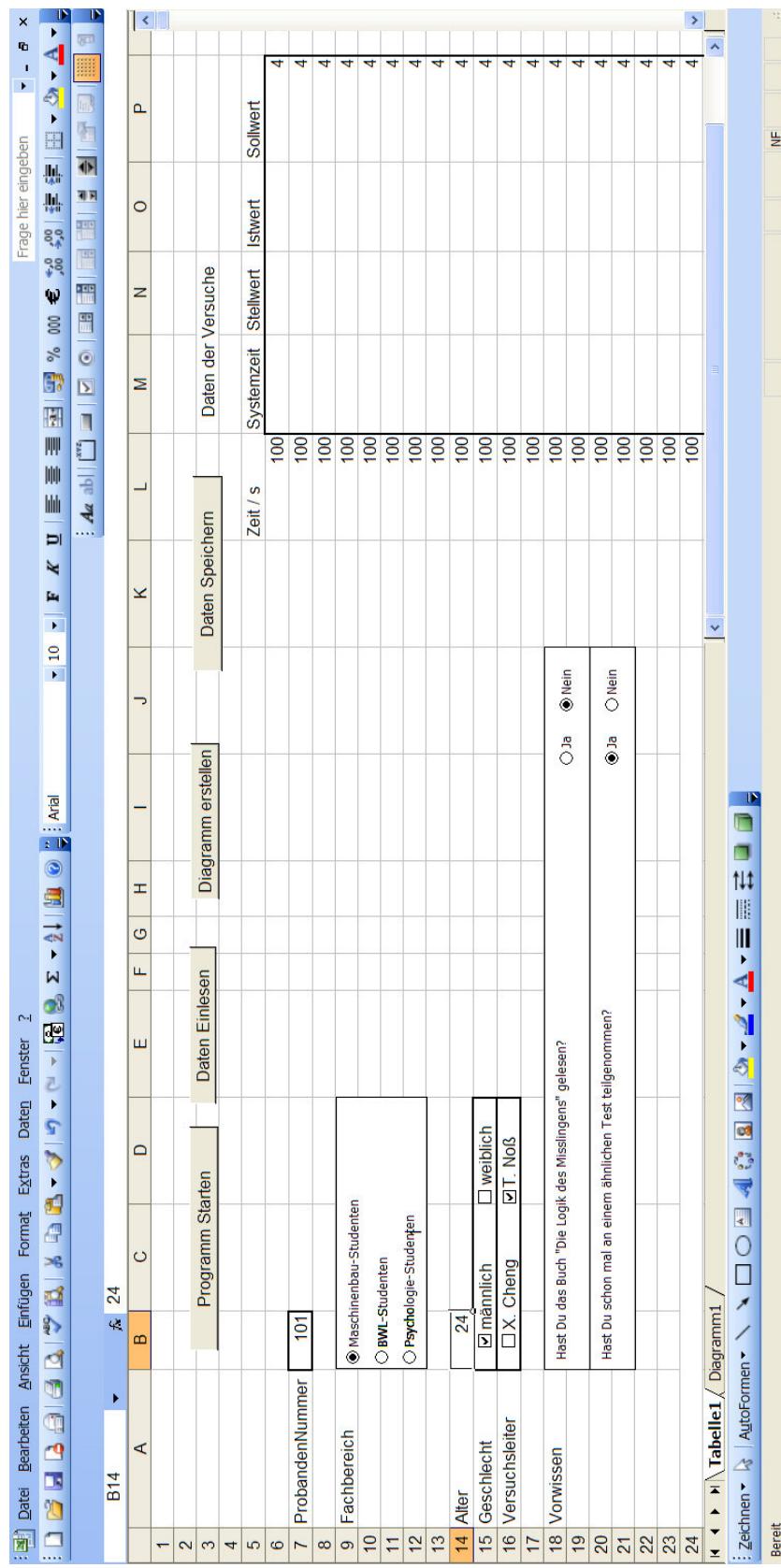


Abbildung 7(2): Excel Programmbedienung

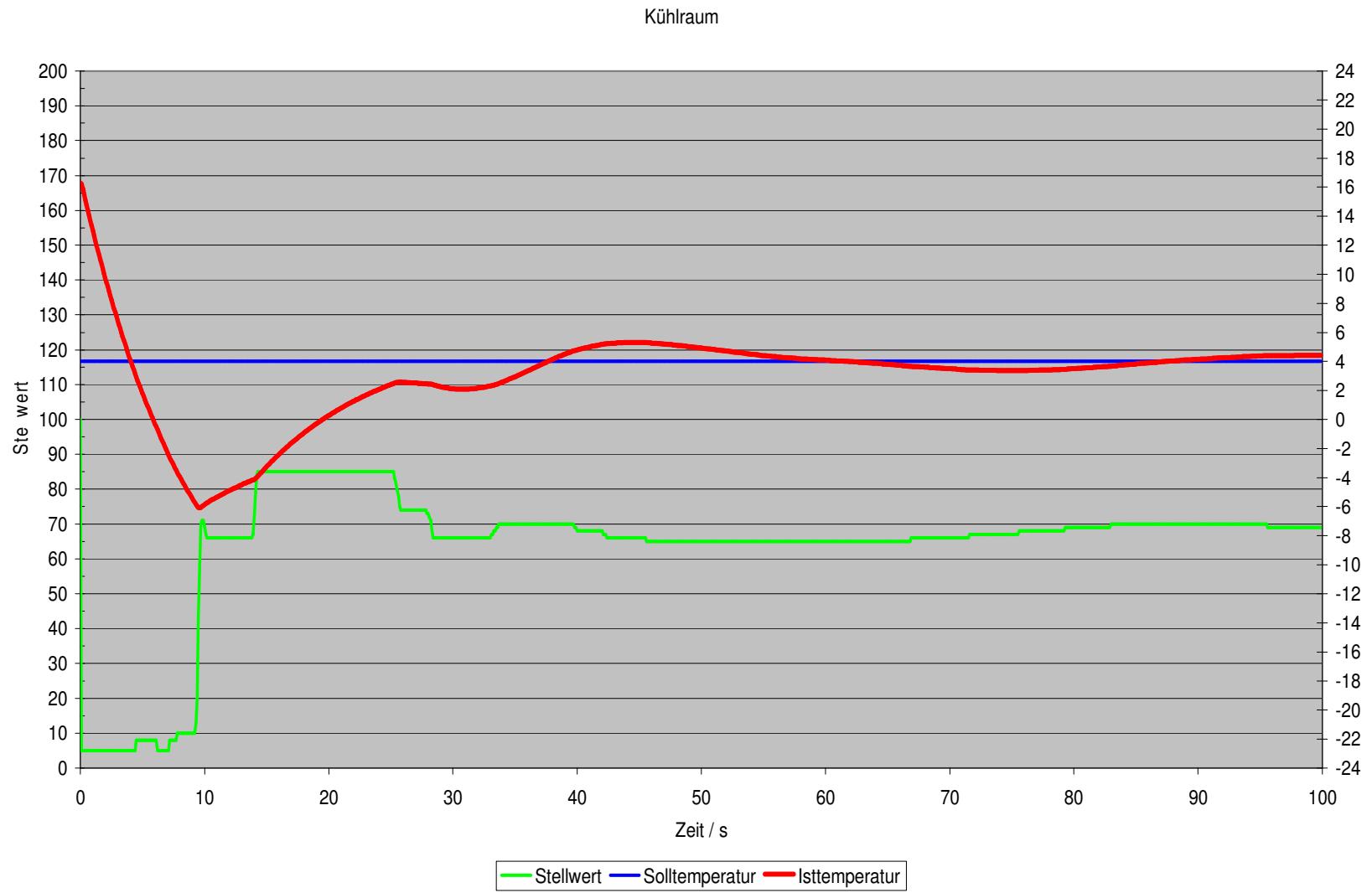
Hinten diesem Button verbirgt sich ein Makro, welches eine Batchdatei aufruft, welche dann wiederum das eigentliche Programm startet. Dieser Umweg war nötig, da in dem Programm sonst die Grafiken nicht korrekt geladen und angezeigt wurde. Der Inhalt des Makros in Anhang A nachzulesen. In diesem Anhang werden alle verwendeten Makros aufgelistet, so dass kein weiterer Verweis daraufhin gegeben wird.

Nach Beendigung der Simulation wird wieder auf die Exceloberfläche zurückgekehrt. Um die Daten weiterverarbeiten zu können müssen diese erst einmal in Excel importiert werden, da das Programm, diese in einer Semikolon getrennte Textdatei ablegt. Das Einlesen und umwandeln der Daten erfolgt vollautomatisch über den Button „Daten einlesen“. Die Daten werden dann anschließend in dem Bereich „Daten der Versuche“ angezeigt.

Die Diagramme werden automatisch beim einlesen der Daten erstellt und können über den Button „Diagramme erstellen“ aufgerufen werden. Es wird dann jeweils ein Diagramm wie in der Abbildung 8 erstellt. Welches den Stellwert, die Isttemperatur und die Solltemperatur enthält. Anhand dieses Diagramms wird dann die Befragung der Probanden durchgeführt. Zuerst kommen noch ein paar allgemeine Fragen zur Oberfläche, dem Schwierigkeitsgrad und der Verständlichkeit der Aufgabe. Da der Versuch mit diesem Programm immer als zweites durchgeführt wurde war hier auch immer interessant zu sehen ob die Probanden den Versuch leichter oder schwieriger als beim ersten Mal fanden. Danach wurden die Probanden noch nach ihrer verwendeten Strategie befragt. Hier war es von Bedeutung ob sich genauso oder anders vorgegangen sind, als beim Versuch zuvor und wenn ja wieso. Die Versuchspersonen sollten sich noch selber beurteilen und es ist noch ein Feld für besondere Bemerkungen. Hier wurde meist etwas eingetragen, wenn was Auffälliges in dem Diagramm zusehen war. Zu Auffälligkeiten zählte, zum Beispiel ein verstellen des Schieberreglers in eine komplett falsche Richtung. Solche Anomalien sollte der Proband immer noch einmal konkret begründen wieso er dies gemacht hat.

Nachdem alle Daten erfasst wurden musste diese über den Button „Daten Speichern“ gespeichert werden. Nach der Betätigung des Buttons werden alle Daten gespeichert und automatisch wieder ein neuer Startbildschirm geöffnet, so dass sofort mit einem neuen Probanden der Versuch durchgeführt werden kann.

## Das „Kühlhaus“-Experiment



## Programmiertechnische Umsetzung mit Alaska Xbase<sup>++</sup>

Im Dörner wurde eine Formel vorgegeben die mit der Programmiersprache umgesetzt werden mussten. Die Originalformel lautet:

$ar\_tk[i] := ar\_tk[i-1] + (taus - ar\_tk[i-1]) * iso - ar\_bw[i-1]$

$ar\_bw[i] := (ar\_tk[i-tot] - (ar\_sw[i]-100)) * reg$

$$Tk_i = Tk_{i-1} + (Taus - Tk_{i-1}) \cdot ISO - Bw_{i-1}$$

$$Bw_i = (Tk_{i-tot} - SW_i) \cdot reg$$

In dieser Formel sind die Faktoren  $ISO$ ,  $reg$  und  $tot$  frei wählbar. Hier muss nur darauf geachtet werden, dass sich stationären Zustand und einem Schiebereglerstellwert ( $SW$ ) von 100 sich eine Temperatur von  $12^\circ$  einstellt. Über diese Bedingung sind die beiden Faktoren  $ISO$  und  $reg$  miteinander verknüpft. Die Totzeit ( $tot$ ) bringt das ganz System zum schwingen. Es muss darauf geachtet werden, dass die Aufgabe auch in 100 Sekunden gelöst werden kann. In der Programmiersprache wurde die Formel etwas anders implementiert um die obigen Bedingungen alle erfüllen zu können.

$ar\_tk[i] := ar\_tk[i-1] + (taus - ar\_tk[i-1]) * iso - ar\_bw[i-1]$

$ar\_bw[i] := (ar\_tk[i-tot] - (ar\_sw[i]-100)) * reg$

Um die Bedingung des stationären Endwertes zu erfüllen muss der aktuelle Stellwert mit 100 Subtrahiert werden. Der Regelungsfaktor ( $reg$ ) wird aus der Formel

$$reg = (4 * iso / 12)$$

errechnet, damit die Bedingung von  $12^\circ$  bei einem Stellwert von 100 immer gehalten wird. Damit sind nur noch die Totzeit und der Isolationsfaktor frei zu wählen. Für diese beiden Werte wurden bei allen hier gemachten Test folgende Werte eingestellt:

$$iso = 0.01$$

$$tot = 250$$

Alle Werte werden in einem Parameterfile hinterlegt. Dieses File ist im Anhang näher beschrieben.

Für die Zeitliche abfolge wurden 100 Sekunden in der Simulation vorgesehen und laut Dörner sollten diese in 100 Zeitschritte eingeteilt werden. Dieses ist bei allen drei Programmen gleich. Bei diesem Programm wurde aber beschlossen eine kontinuierliche Steuerung vorzusehen. Bei allen andern Programmen muss das Programm gestoppt werden um einen neuen Stellwert einzustellen zu können. Um eine kontinuierliche Steuerung realisieren zu können, musste 1000 anstatt 100 Zeitschritte vorgenommen werden. Dies ermöglicht eine kontinuierlich Steuerung, da der Stellwert 10-mal pro Sekunde neu eingelesen wird und auch eine neue Berechnung der Temperaturen stattfindet. Mit dieser Einstellung ist es für die Versuchsperson aber wesentlich einfacher den Sollwert einzustellen, da ebenfalls auch eine kontinuierliche Anzeige der Temperatur vorhanden ist. Um wieder auf die Vorgaben von 100 Zeitschritten zu kommen, wurde die Zeitanzeige nur jede Sekunde aktualisiert. Mit diesem Kompromiss zwischen Kontinuierlicher Steuerung und Schrittweiser Anzeige konnten die verschiedenen Programme wieder miteinander verglichen werden. Die Rechenschrittweite kann im Programmcode verändert werden (siehe Anhang C Start Button)

Die Umsetzung des Stellwertgebers wurde mit einem Graphischen Plug-In realisiert. Es wird als Stellwertgeber ein Schieberegler, wie er in Windows oft eingesetzt wird, benutzt. Der Regler hat Stellwerte von 0...200, wobei ebenfalls wie gefordert kleine Stellwerte niedrige Temperaturen und hohe Stellwerte hohe Temperaturen bedeuten. Um dieses noch einmal zu

verdeutlichen wurde unter dem Schieber eine Farbskala und über dem Schieber eine Skalierung, für bessere Einstellmöglichkeiten, vorgenommen. Der Programmcode, wo Änderungen des Schiebers, wie Stellwerte oder Breite etc. Vorgenommen werden können ist im Anhang noch einmal aufgeführt worden.

Diese Beiden Programmcodes wurden nur exemplarisch im Anhang behandelt. Um den Programmieren einen kleinen Einblick in die Programmiersprache Alaska Xbase<sup>++</sup> zu gewähren.

### Simulationsoberfläche

Die Simulationsoberfläche soll ein virtuelles Bedienpult für die Kühlanlage in einem Supermarkt darstellen. Zu den Anzeigen an einer Kühlanlage wurde nur noch die Zeitanzeige eingefügt, wie lange die Versuchsperson noch hat um die Solltemperatur einzuregeln. Sonst sind wie an jedem Kühlhaus eine Solltemperatur und die aktuelle Kühlraumtemperatur abzulesen. Sowie auch der aktuelle Stellwert des Reglers. Der Regler wird über den Schieber im unteren Bereich eingestellt. Hierzu muss der Schieber mit der Maus gefangen werden und dann auf den gewünschten Wert gestellt werden. Wie oben schon erwähnt geschieht dies in simultan mit der Verschiebung des Reglers. Mit den beiden Pfeilen am Regler kann der Stellwert immer um einen Wert nach oben oder unten verstellt werden.

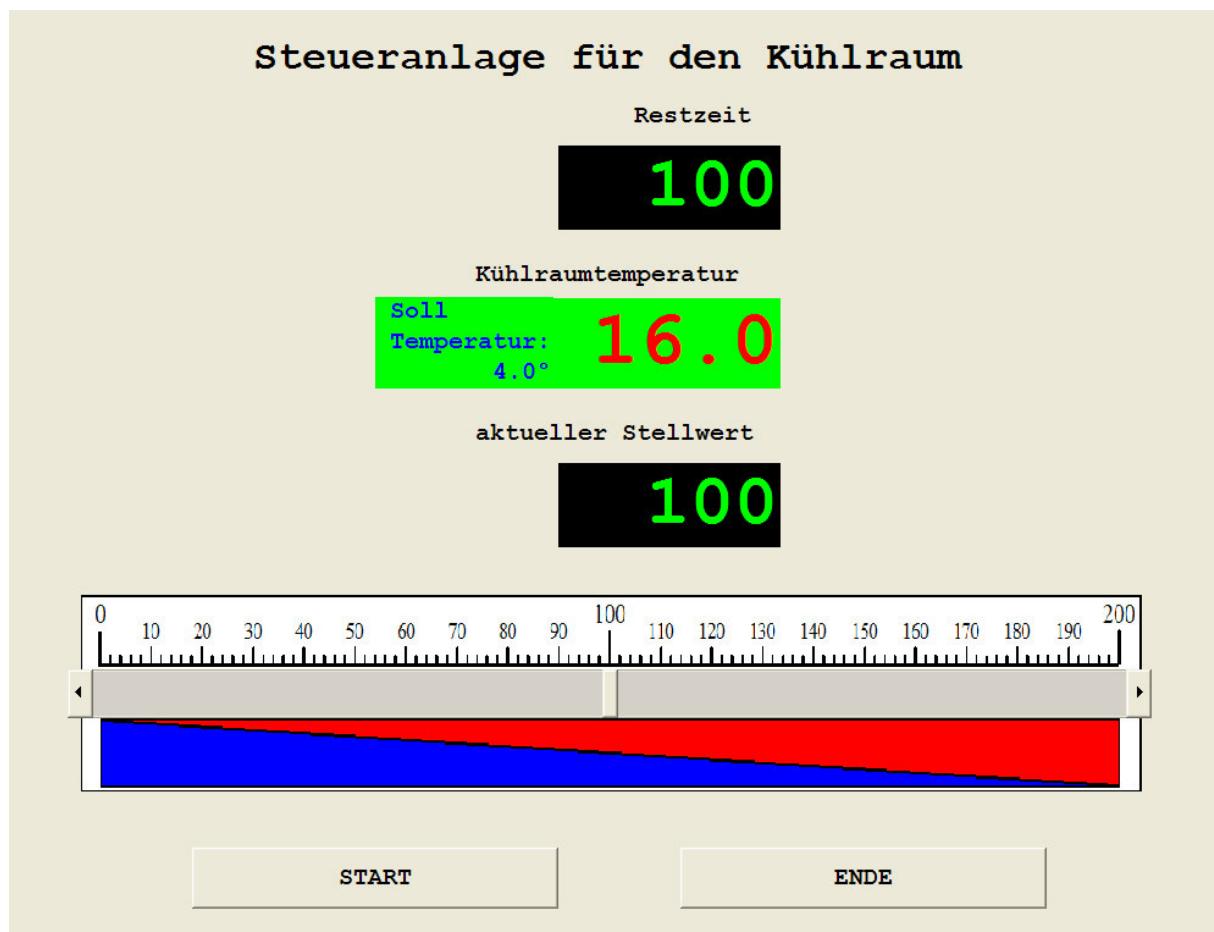


Abbildung 9(2): Bedienoberfläche des Simulationsprogramms

Die Simulation wird über den „Start“ Button gestartet und läuft dann automatisch bis Null durch. Nachdem die Null erreicht ist stoppt die Simulation. Um wieder zur Excel Umgebung zurückzukehren muss das Programm mit dem „Ende“ Button beendet werden.

## Zusammenfassung

Um mit dem Programm arbeiten zu können muss bis auf die Änderungen, die im Anhang beschrieben sind, nichts vorgenommen werden. Zum Start des ganzen Programms wird einfach die Datei *Start Kuehlschrank.xls* gestartet. Die weitere Bedienung wurde oben in den beiden Kapiteln 0 und 0 schon erklärt.

## Anhang

Im Anhang werden alle verwendeten Makros und 2 Programmcode Teilstücke aufgelistet.

Um das Programm nutzen zu können, muss das Archiv *Programm.rar* entpackt werden. Am besten und am unkompliziertesten geschieht dies in einem Root-Verzeichnis der Festplatte. Es sind aber auch alle anderen Unterverzeichnisse möglich. Hier ist dann nur die Pfadanpassung etwas umständlicher. Wie der Progammpfad im Programm geändert werden kann ist im weitern noch beschrieben.

Das Archiv enthält:

Start Kuehlhaus.xls	Excel Bedienoberfläche
Kuehlhaus.exe	Simulationsprogramm
Start.bat	Startprogramm für das Simulationsprogramm
Parameter.txt	Parameterdatei
Rohdaten.txt	Speicherort für die Daten aus der Simulation. ACHTUNG: diese Datei wird bei jedem Neustart der Simulation geleert. Also die Daten immer nach jeder Simulation in Excel einladen. Sonst sind diese unwiderruflich verloren.
Skaler1.bmp	Skala und Farbskala des Schiebereglers
Kuehlhaus.prg	Programmcode
Kuehlhaus_TUES.bat	Wird zum kompilieren des Programmes benötigt. Hierfür ist das Programm Alaska Xbase <sup>++</sup> und Blinker nötig.
*.dll	Objektdateien, die das Programm benötigt. Diese sind von Alaska mitgeliefert worden und dürfen mit dem Programm verteilt werden
\Probanden	Hier werden die Ergebnisse abgespeichert

Alle anderen Programme sind noch von der Programmerstellung übrig.

## Anhang A: Makros

### Programm Starten

---

```
Sub Programm_Starten()
    '
    ' Programm_Starten Makro
    ' Startet das Programm start.bat

    ChDir "E:\Programm"      ' wechselt in das Verzeichnis
    Shell ("E:\Programm\start.bat") ' Aufruf des Programms start.bat

End Sub
```

---

Um das Programm auf anderen System zum laufen zu bekommen muss das Makro umgeschrieben werden. Es muss der Pfad so geändert werden, wo das Programm installiert worden ist.

## Daten einlesen

```
Sub Daten_Einlesen()
    ' Daten_Einlesen Makro
    ' Daten aus der Textdatei, die das Kuehhausprogramm erstellt, in Excel importieren

    ' With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:= _
    "TEXT;E:\Programm\ROHDATENLISTE.TXT", _
    Destination:=Range("M6:O106"))
    .Name = "TOBI_20050414_74484"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = False
    .SaveData = True
    .AdjustColumnWidth = False
    .RefreshPeriod = 0
    .TextFilePromptOnRefresh = False
    '.TextFilePlatform = 850
    .TextFileStartRow = 1
    .TextFileParseType = xlDelimited
    .TextFileTextQualifier = xlTextQualifierDoubleQuote
    .TextFileConsecutiveDelimiter = False
    .TextFileTabDelimiter = False
    .TextFileSemicolonDelimiter = True
    .TextFileCommaDelimiter = False
    .TextFileSpaceDelimiter = False
    .TextFileColumnDataTypes = Array(1, 1, 1, 1, 9)
    .TextFileDecimalSeparator = "."
    .TextFileThousandsSeparator = " "
    '.TextFileTrailingMinusNumbers = True
    .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With
End Sub
```

Beim Daten einlesen muss nur eine Zeile verändert werden. Es ist die erste Zeile nach dem Befehl with.

„TEXT; E:\Programm\Rohdatenliste.TXT“, \_

Der rote Teil muss ebenfalls wieder durch den neuen Pfad geändert werden.

## Diagramm erstellen

```
End Sub
Sub Aufruf_Diagramm()
    ' Aufruf_Diagramm Makro
    ' Diagrammblatt wird geöffnet
    ' Sheets("Diagramm1").Select
End Sub
```

Bei der Diagrammerstellung muss nicht geändert werden.

## Daten Speichern

```
Sub Daten_Speichern()
    '
    ' Daten_Speichern Makro
    ' Speichern der Daten unter einem neuen Namen
    '

    '

    ' Abfrage ob die Bewertung schon vorgenommen wurde
    ' Wenn nicht gibt es eine Fehlermeldung mit dem Hinweis dies bitte zu tun

    If (ActiveWorkbook.Worksheets("Tabelle1").Cells(28, 6) = 0) Or _
        (ActiveWorkbook.Worksheets("Tabelle1").Cells(29, 6) = 0) Or _
        (ActiveWorkbook.Worksheets("Tabelle1").Cells(30, 6) = 0) _
    Then
        MsgBox "Bitte zuerst die Bewertung vornehmen!"
        Range("F28").Select
        Exit Sub
    End If

    ChDir "E:\Programm"
    'Angabe des Speicherortes wo die Daten gespeichert werden sollen
    'Die Daten werden immer als ProbandXXX gespeichert, wobei XXX die Zahl bei der ProbandenNummer ist
    Speicherort = "E:\Programm\Probanden\Proband" + Str(ActiveWorkbook.Worksheets("Tabelle1").Range("B7")) + ".xls"
    ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=Speicherort

    ' Neue Arbeitsmappe Kuehlhaus wird geöffnet wird wieder geöffnet
    Workbooks.Open Filename:="E:\Programm\Start Kuehlschrank.xls", UpdateLinks :=
        :=3

End Sub
```

In diesem File müssen drei Zeilen geändert werden.

Chdir „**E:\Programm**“

Wieder den aktuellen Pfad einfügen

Speicherort = „**E:\Programm\Probanden\Proband**“ + Str(Active....) + „.xls“

Ebenfalls wieder Pfad ändern.

Workbooks.Open Filename:="E:\Programm\start Kuehlschrank.xls", UpdateLinks \_

Nochmals Pfad ändern

### Anhang B: Start Datei

Da es in Excel nicht möglich war, dass Kühlhausprogramm in seinem eigenen Verzeichnis laufen zulassen, musste diese Datei erstellt werden. Die Batchdatei ruft das Programm Kühlhaus auf und übergibt diesem Parameter, die enthalten wo das Programm liegt und ausgeführt werden soll. Dies ist wichtig, da sonst die Skalierung für den Schieberegler nicht korrekt geladen wird,

cd\

e:

cd\programm

**e:\programm\kuehlhaus.exe E:\programm E:\programm**

Der Programmcode der Batchdatei ist oben aufgeführt. Wenn das Programm auf einem anderen Laufwerk und in einem anderen Pfad installiert ist muss dies, in dieser Datei, alles geändert werden.

### Anhang C: Parameter Datei

In der Datei Parameter.txt können alle Parameter geändert werden. Es ist aber ganz wichtig, dass die Datei unter keinen Umständen in ihrer Form geändert wird, da sonst falsche Werte eingelesen werden. Falls dies doch einmal passiert ist muss die Datei einfach gelöscht werden. Das Programm erzeugt sich diese dann wieder selber mit den Standard Werten, wie sie oben schon erwähnt wurden.

Variable	:Bezeichnung	= Wert	n	:
zeit	:Laufzeit	= 1000		:
x_step	:Taktung	= 10		:
tkstart	:space() anh„ngen	= 16		:
taus	:taus	= 16		:
tsoll	:Sollwert	= 4		:
iso	:iso	= 0.01		:
bw	:bw	= 0		:
tot	:Totzeit	= 280		:
scr_n	:Schieber Start	= 100		:

Es sollte aber die Laufzeit sowie die Taktung nicht unbedingt geändert werden, da dies noch zu Problemen in der Programmstruktur führen kann. Wobei das Verändern alleine von der Laufzeit keine Probleme hervorheben sollte.

### Anhang D: Auszüge des Programmcodes Kuehlhaus.prg

Der Programmcode ist in der Datei Kuehlhaus.prg wieder zu finden. Dieser kann sich am besten mit einem Editor wie PsPad oder ähnlichen angeschaut werden. Der Editor ist als Freeware zu bekommen und hat schon fast die komplette Syntax von Alaska vorbereitet. Das File muss als „Foxpro File“ geöffnet werden, um ein vernünftiges Syntax Highlighting zu bekommen. Ein wichtig unterschied zu C-Code Programmen ist, dass hinter jeder Zeile kein Semikolon geschrieben wird außer wenn die Befehlszeile in der nächsten Zeile fortgesetzt wird.

#### Programmcode: Startbutton mit Rechenschrittweite

```

oXbp := XbpPushButton():new( drawingArea, , {150, 24}, {300,50},;
                           { { XBP_PP_BGCLR, XBP_SYSCLR_BUTTONMIDDLE },;
                             { XBP_PP_FGCLR, -58 } } )

oXbp:caption := "START"
oXbp:tabStop := .T.
oXbp:create()
oXbp:activate := ;
{|| if( zeit > 0 ,;
      eval({||settimerevent( 1 , {||rechne()},) ) ,) )
}

```

In den ersten 3 Programmzeilen wird ein neuer Button definiert und positioniert. In der 4 Zeile kommt die Beschriftung. In der 7 bis 9 Zeile wird die Aktion definiert, die durchgeführt wird wenn der Button betätigt wird. Die in Rot gekennzeichnete 1 gibt die Rechengeschwindigkeit an. Wobei eine die eine entspricht 1/10 Sekunde, die 10 würde einer Sekunde entsprechen und die 100 würde 10 Sekunden entsprechen.

## Programmcode: Schieberegler

```
***** Schieber
oScr := XbpScrollbar():new( drawingArea, ,;
    {48,180}, {888,40},;
    { { XBP_PP_BGCLR, GRA_CLR_RED } ,;
      { XBP_PP_FGCLR, GRA_CLR_CYAN } ,;
      { XBP_PP_COMPOUNDNAME, "16.Courier" } } )

oScr:range      := {0,200}           // von - bis
oScr:scrollBoxSize := 3              // Breite Schieber
oScr:create()
oScr:setData( 100 )                // Startpos Schieber
```

# 1 Einleitung

Dietrich Dörner beschreibt in seinem Buch “Die Logik des Misslingens”, Strategisches Denken in komplexen Situationen, in einem Kapitel die Besonderheiten und Problematiken von Zeitaläufen. Wesen leben und handeln in einer vierdimensionalen Umgebung. Davon fallen drei Dimensionen auf den Raum, die vierte stellt den Verlauf der Zeit in Richtung Zukunft dar. Betrachtungen des Raums können so oft wie gewünscht wiederholt werden, Betrachtungen eines Augenblicks jedoch nicht. Der Zeitpunkt ist verstrichen und kann nicht noch einmal „erlebt“ werden.

Personen fällt es schwer sich über zeitliche Abläufe eine richtige Vorstellung zu machen, vor allem dann, wenn sich das System nicht nach einem einfachen Muster verhält. Weist die Entwicklung über den Zeitverlauf zum Beispiel eine Richtungsänderung auf oder fängt das System sogar an zu schwingen so können die Reaktionen von Personen sehr unterschiedlich sein. Dazu wurde von Reichert im Jahr 1988 das Kühlhausexperiment durchgeführt, welches die Schwierigkeiten der Testpersonen verdeutlichen soll.

## 1.1 Coverstory

Den Testkandidaten wurde folgende Coverstory präsentiert:

„Stellen Sie sich vor, Sie seien Leiter eines Supermarktes. Eines Nachts ruft Sie der Hausmeister an und teilt Ihnen mit, dass im Kühlraum für Molkereiprodukte anscheinend die Kühlanlage ausgefallen sei. Große Mengen von Milch und Milchprodukten sind vom Verderben bedroht. Sie eilen sofort zum Markt – dort teilt Ihnen der Hausmeister mit, er habe bereits die Zentrale informiert. Diese werden Lastwagen mit Kühleinrichtung schicken, um die verderbliche Ware aufzunehmen. Bis zu deren Eintreffen vergehen aber noch etliche Stunden. Bis dahin muss die Ware vor dem Verderben geschützt werden.“

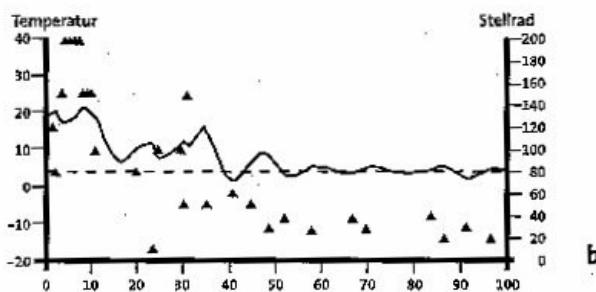
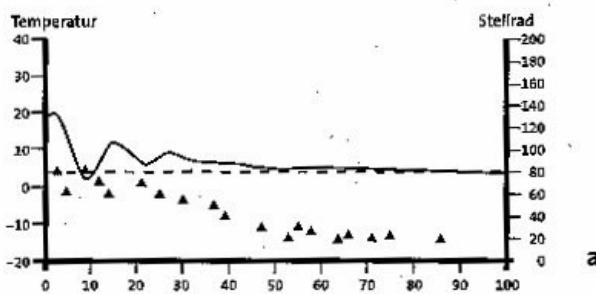
Sie finden nun an der defekten Klimaanlage ein Stellrad und ein Thermometer vor. Mithilfe des Stellrades lässt sich die Temperatur im Kühlraum beeinflussen. Diese Steuerung funktioniert auf jeden Fall. Die Zahlen auf dem Stellrad entsprechen allerdings nicht genau den Temperaturen. Allgemein bedeuten hohe Stellradeinstellungen hohe Temperaturen, niedrige Einstellungen bedeuten dagegen niedrige Temperaturen. Die genauen Beziehungen zwischen dem Stellrad und dem Kühlsystem sind allerdings unbekannt und man muss sie herausfinden. Als Stellradeinstellungen sind Werte zwischen 0 und 200 zulässig.“

Die Aufgabe für die Versuchspersonen bestand darin, die Temperatur im Kühlraum mithilfe des Stellrades auf 4° Celsius zu bringen und dort auch zu halten. Zunächst war es dazu notwendig herauszufinden, wie sich die Einstellungen des Stellrades auf die Temperatur auswirken.

## 1.2 Verhalten der Testkandidaten, die vier Dörnertypen

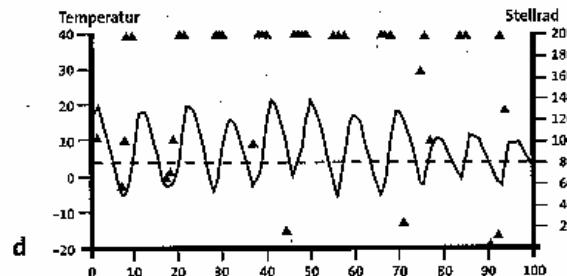
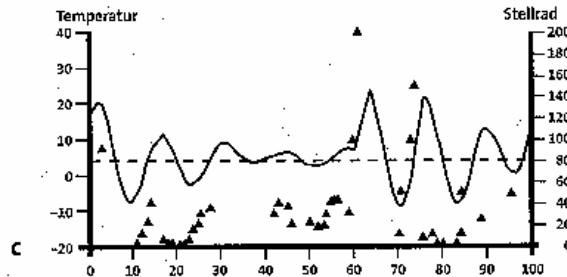
Dörner unterscheidet bei diesem Versuch vier verschiedene Verhaltensmuster. Der Graph a zeigt das Verhalten einer guten Versuchsperson. Diese entwickelt ein Gefühl für das System, hat es vielleicht sogar verstanden und kann so relativ gezielte Stellradeingriffe vornehmen. Das Ziel die Temperatur im Kühlraum auf 4°C zu bringen und zu halten wird erreicht.

Der Graph b zeigt eine Person, die das System am Anfang noch nicht durchschaut hat. Nach 40 Sekunden sind die Eingriffe aber schon gezielter und die Aufgabe kann auch erfüllt werden.



Das Verhalten, wie in Graph c gezeigt, beschreibt eine Person, die das System nicht durchschaut hat. Ist die Temperatur zu hoch werden viele Stellradeingriffe vorgenommen, die dicht hintereinander liege. Dörner beschreibt dies als Girlandenverhalten. Die Aufgabe die 4°C zu erreichen wird in der Regel nicht erfüllt.

Ein Extrem zeigt der Graph d. Diese Testperson arbeitet fast nur nach der Methode das Stellrad auf seine Maximalen Werte und fast minimalen Werte einzustellen. Ist die Temperatur zu hoch stellt sie auf kühlen, ist die Temperatur zu niedrig stellt sie auf heizen, fast ohne Zwischenwerte. Dieses Verhalten deutet auf Hilflosigkeit. Das Ziel wird nicht erreicht.



### 1.3 Das Studentenprojekt

Dieses Experiment wurde im Verlauf der Vorlesung Advanced Project Management mit verschiedenen Versuchsgruppen wiederholt. Die Studentengruppe bestehend aus acht Personen wurde in drei Gruppen aufgeteilt. Jede dieser Gruppen hatte die Aufgabe ein Programm für den Computer zu schreiben, welches den Regelkreis des Kühlraums darstellt. Die Programme werden nachfolgend im Einzelnen beschrieben. Des weiteren war ein Fragenkatalog zu entwickeln, der zum einen die Vorkenntnisse der Testkandidaten abfragen, zum andern ein Feedback über das Experiment an die Gruppen geben sollte. Um eventuell vorhandene Gemeinsamkeiten zwischen den Gruppen zu erkennen wurden das Alter, Studiengang und Geschlecht abgefragt.

### 1.4 Versuchsdurchführung

Für dieses Experiment wurden drei Lehrende durch Herrn Prof. Mardorf gebeten in ihrer Vorlesung etwas Zeit zur Verfügung zu stellen. Drei Testkandidatengruppen konnten so gefunden werden.

Die erste Gruppe bestand aus Studenten des Studiengangs Maschinenbau aus der Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik an der Fachhochschule Osnabrück.

In der zweiten Gruppe waren Studenten der Psychologie der Universität Osnabrück zu finden. Für die dritte Gruppe konnten Studenten der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Fachhochschule Osnabrück gewonnen werden.

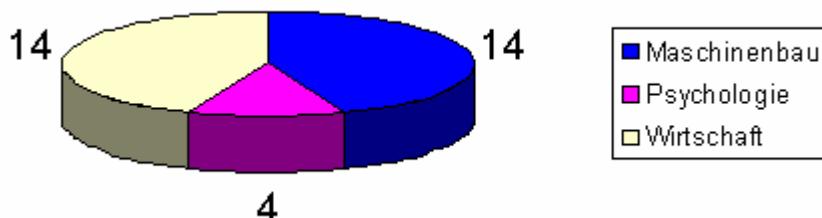
Begonnen wurde der Test mit einer kurzen Einführung durch Herrn Prof. Mardorf, welcher den allgemeinen Hintergrund des Experiments darstellte und die Aufgabe seiner Studenten erklärte. In der darauf folgenden Präsentation wurden die Testkandidaten mit Hilfe der Coverstory an ihre Aufgabe herangeführt.

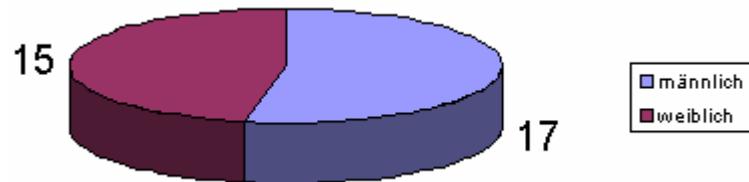
Die Aufgabe der Testkandidaten lautete:

In 100 Sekunden die Temperatur im Kühlraum auf 4° Celsius zu bringen und auf diesem Wert zu halten. Stellradeingriffe sind beliebig oft möglich.

Je nach Versuchsgruppe wurde mit bis zu vier Computern gleichzeitig gearbeitet, wobei jeder Testkandidat zwei Mal das Experiment durchführte. Für den ersten Durchgang gab es zwei verschiedene Programme, die in einen Pausenmodus geschaltet werden konnten. In dieser Zeit hatte der Testkandidat die Möglichkeit über einen neuen Stellradwert nachzudenken und den Eingriff vorzunehmen. Das zweite Programm war jedes mal das Gleiche und hatte keine Möglichkeit angehalten zu werden.

In jeder Studiengruppe wurde um freiwillige Teilnahme an diesem Experiment gebeten. Da ein gewisser Zeitaufwand vorhanden war sollten nicht mehr als 15 Teilnehmer vorhanden sein. Um eine statistisch begründete Aussage machen zu können wurde eine Anzahl von mindestens 10 Teilnehmern angestrebt.



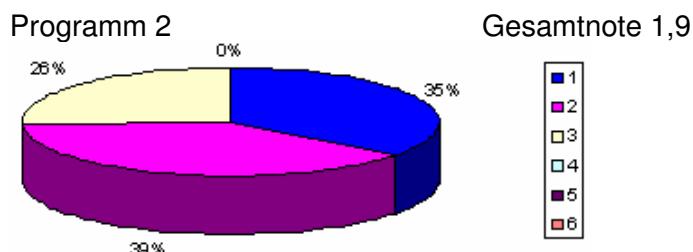
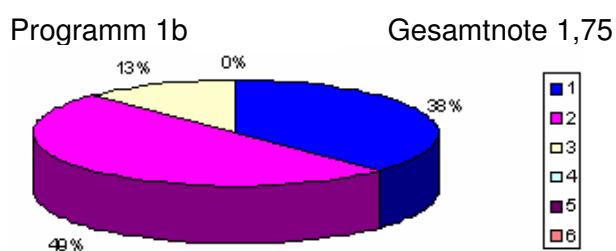
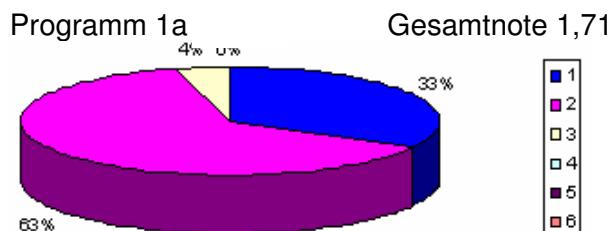


Im Bereich Maschinenbau und Wirtschaft konnten mit jeweils 14 Kandidaten eine repräsentative Anzahl gefunden werden. Bedingt durch die Anzahl von 4 Testkandidaten aus dem Bereich Psychologie ist keine repräsentative Aussage über diesen Studiengang möglich. Überraschend positiv war das Verhältnis der Geschlechter.

## 2 Auswertung allgemein

## 2.1 Oberfläche

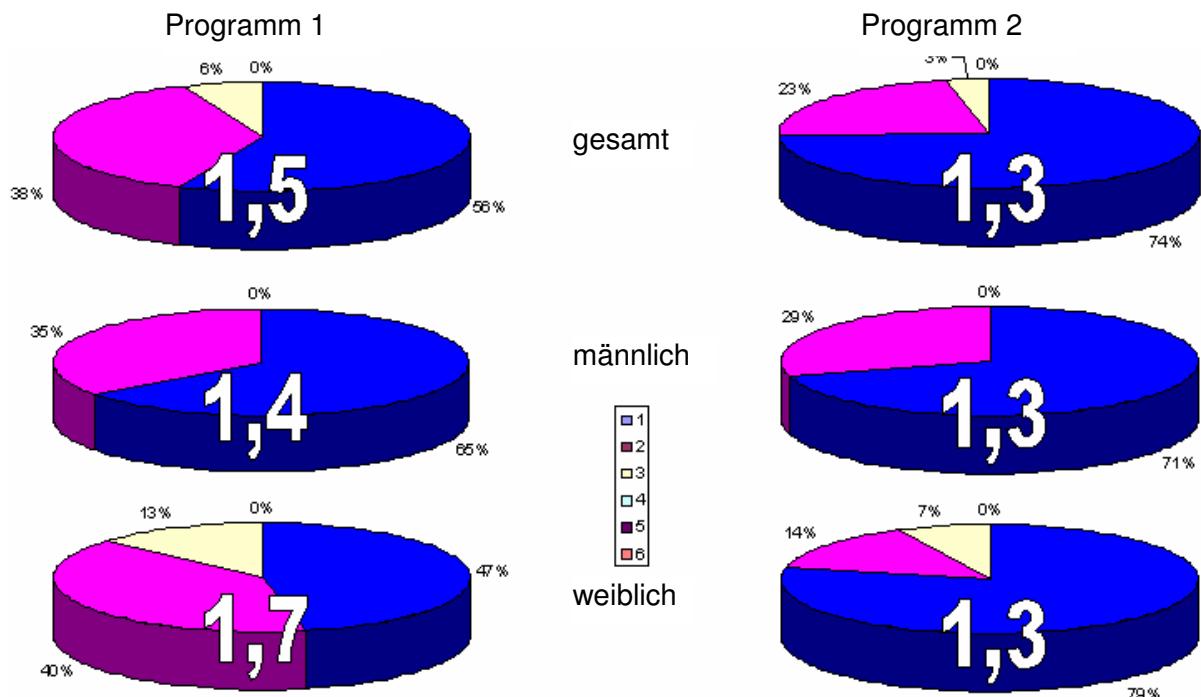
Die Testkandidaten wurden gebeten auf einer Skala von 1 bis 6 die Benutzeroberfläche der verschiedenen Programme zu beurteilen, wobei 1 sehr gut bedeutet und 6 sehr schlecht.



Generell ist festzustellen, dass die Testkandidaten die Oberflächen optisch ansprechen fanden und mit der Bedienung gut zurecht kamen. Alle drei Programme haben eine Gesamtnote besser als 2 bekommen, was die Zufriedenheit der Personen ausdrückt. Die etwas schlechtere Bewertung des zweiten Programms mag daran liegen, dass hier keine üblichen Windows-Komponenten verwendet wurden. So war der Wiedererkennungswert bei den ersten beiden Programmen höher.

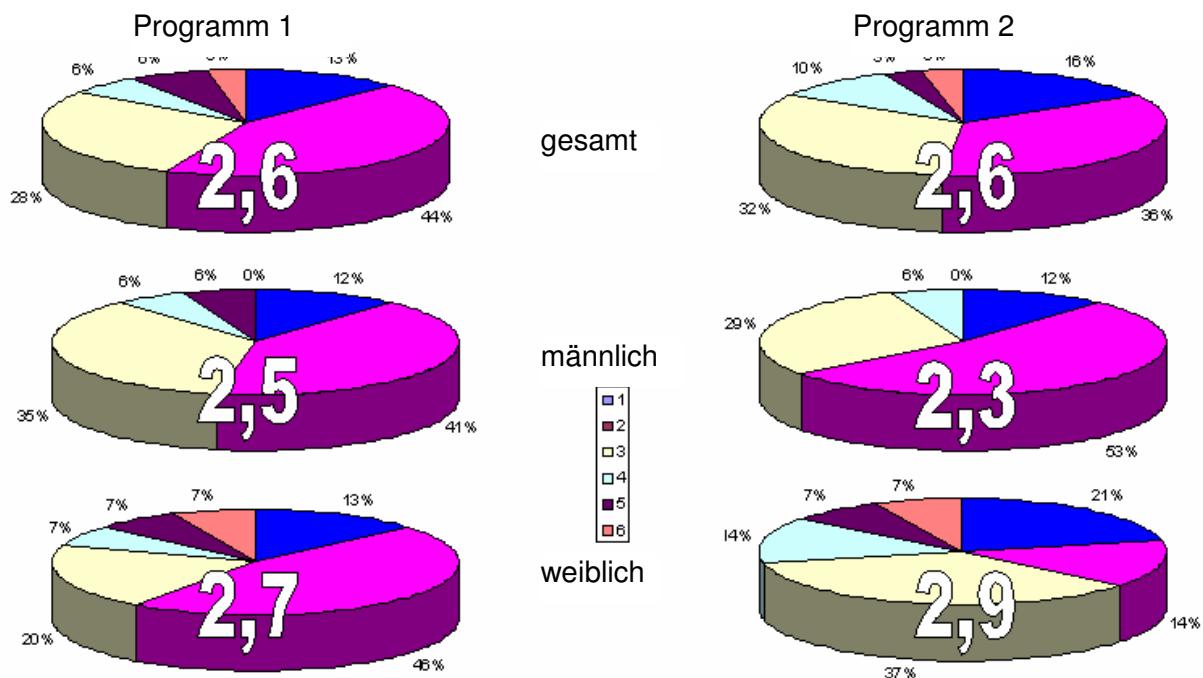
## 2.2 Verständlichkeit

An dieser Stelle sollen die Testkandidaten beurteilen, ob sie die Aufgabe verstanden haben. Einfluss darauf haben die Vorangegangene Erklärung durch Herrn Prof. Mardorf, die Coverstory, die Erklärung durch den jeweiligen Versuchsleiter und das Programm selbst. Die Ergebnisse liegen alle dicht beieinander. Das zweite Programm wurde sowohl von den männlichen als auch den weiblichen Testpersonen mit einer Gesamtnote von 1,3 als besser verständlich bewertet. Dies mag daran liegen, dass beim zweiten Durchlauf die Aufgabe leichter ist. Die Bewertung der unterschiedlichen Gruppen sind fast gleich, so dass auf eine differenzierte Betrachtung verzichtet wird.



### 2.3 Schwierigkeit

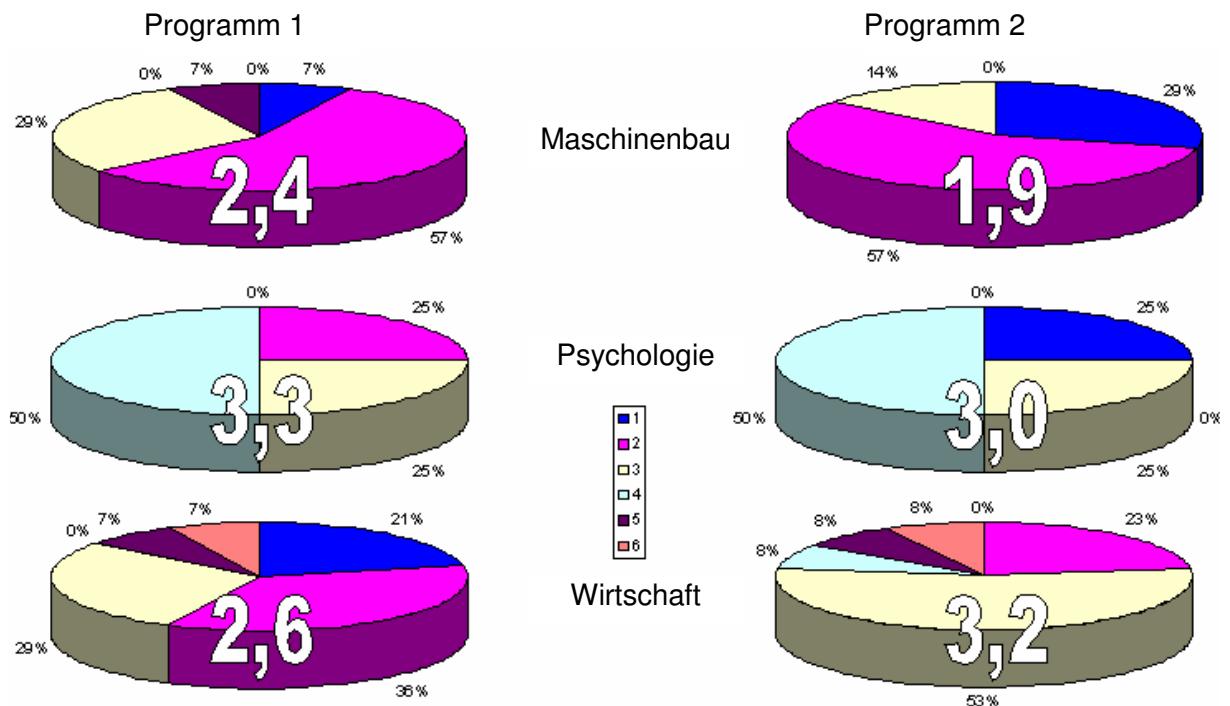
Waren die Bewertungen bisher als deutlich positiv zu betrachten so kam es bei der Bewertung der Schwierigkeit vermehrt zu Kritikäußerungen. An dieser Stelle wurde auch schon mal eine 6 vergeben, interessanterweise aber nur von weiblichen Testpersonen. Eine Gesamtnote von 2,6 für beide Programme zeigte hier, dass die Aufgabe zwar verstanden war (siehe vorherige Auswertung), sie durch die Testperson aber nicht zu ihrer eigenen Zufriedenheit lösen konnte. Während männliche Kandidaten das zweite Programm eher besser bewerteten als das erste so war dieser Trend bei den weiblichen Kandidaten umgekehrt zu beobachten. Eine Schwankung in der Zensur von 0,2 darf aber bei dieser Anzahl von Testpersonen aber auch nicht überbewertet werden.



Wird die Beurteilung der Schwierigkeit nach Gruppen aufgetragen treten größere Unterschiede hervor. Die Maschinenbauer vergaben deutlich bessere Zensuren für das zweite Programm. Dies kann unter anderem im Zusammenhang mit einer gewissen Vorkenntnis stehen. Am ersten Programm konnte Erfahrung gesammelt werden, um diese dann beim zweiten Durchlauf einzusetzen.

Die Psychologen änderten ihre Meinung kaum. Eine statistische Auswertung wäre bei einer Anzahl von vier Testpersonen auch nicht möglich gewesen.

Ein sehr deutliches Ergebnis zeigt die Beurteilung der Wirtschaftswissenschaftler. Diese vergaben im zweiten Durchlauf keine einzige 1 mehr. Die Note fällt somit von 2,6 auf 3,2. Eine Vermutung, warum die Zensur fällt betrifft den Punkt, dass das zweite Programm nicht mehr angehalten werden kann und die Testperson glaubt, sie hätte keine Zeit zum nachdenken. Dieser Faktor kann einen gewissen Stress auslösen. Auch wenn der Testkandidat nicht viel zum nachdenken benötigt so weiß er nun, dass sobald er den Startknopf drückt er noch genau 100 Sekunden bis zum Ende hat.



Testkandidaten mit Vorkenntnissen sind im Vorteil. Um diese Personen herausfiltern zu können wurde auch abgefragt, ob das Buch von Dörner bekannt wäre. Diese Frage wurde von allen Testkandidaten verneint.

Die zweite Frage betraf Vorkenntnisse im Bezug auf Experimente gleicher Art. im zweiten Durchlauf konnte diese Frage natürlich immer mit Ja beantwortet werden, da Erfahrungen aus dem ersten Durchlauf vorhanden waren. Lediglich eine Person hatte auch schon vor dem Experiment Erfahrungen auf fast dem gleichen Gebiet sammeln können. Die automatische Temperaturregelung ihres Kühlschrances war defekt und sie musste die Temperatur von Hand einstellen. Im Kühlschrank betätigte sie das Stellrad so lange, bis die gewünschte Temperatur erreicht wurde. Diese Erfahrung spiegelte sich auch im Ergebnis wieder.

### 3 Auswertung der 1. Versuchsreihe

#### 3.1 Erkennung der Döner-Verhaltensweisen

Bei der ersten Versuchsreihe handelt es sich um die Datensätze, die aus den Programmen 1a und 1b gewonnen wurden. Bei ihnen musste das Programm gestoppt werden um eine Stellwertveränderung vornehmen zu können. Es wurden insgesamt 32 Probanden mit dieser Art der Kühlhaussimulation getestet.

Schon bei der ersten Betrachtung der gewonnenen Daten lassen sich die Verhaltensweisen, wie in dem Buch von Dietrich Dörner mit dem Titel, „Die Logik des Misslingens“ beschrieben, wieder erkennen.

Zum Beispiel Typ A, den man als ruhigen Typen bezeichnen kann. Betrachtet man den Verlauf der Temperatur und der Stellwerteingabe (Abbildung 10) so erkennt man, dass er durch langsames Verringern des Stellwertes die geforderten 4°C zügig erreicht.

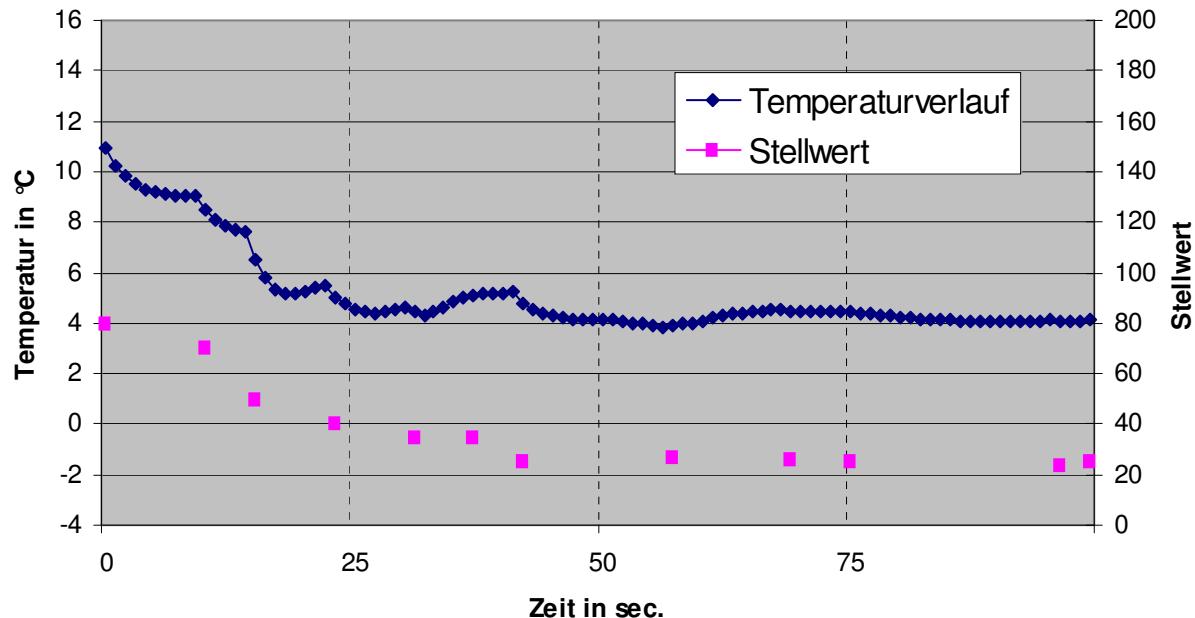


Abbildung 10 - Temperatur- und Stellwertverlauf eines Probenden der Typengruppe A

Diese geforderten 4°C werden vom Typ B ebenfalls erreicht (Abbildung 11). Jedoch lässt sich anhand seiner Stellwerteingabe eine anfängliche Unsicherheit erkennen die im weiteren Verlauf abklingt. Dieser Typ benötigt zum erreichen des Ziels deutlich mehr Stellwerteingriffe als Typ A.

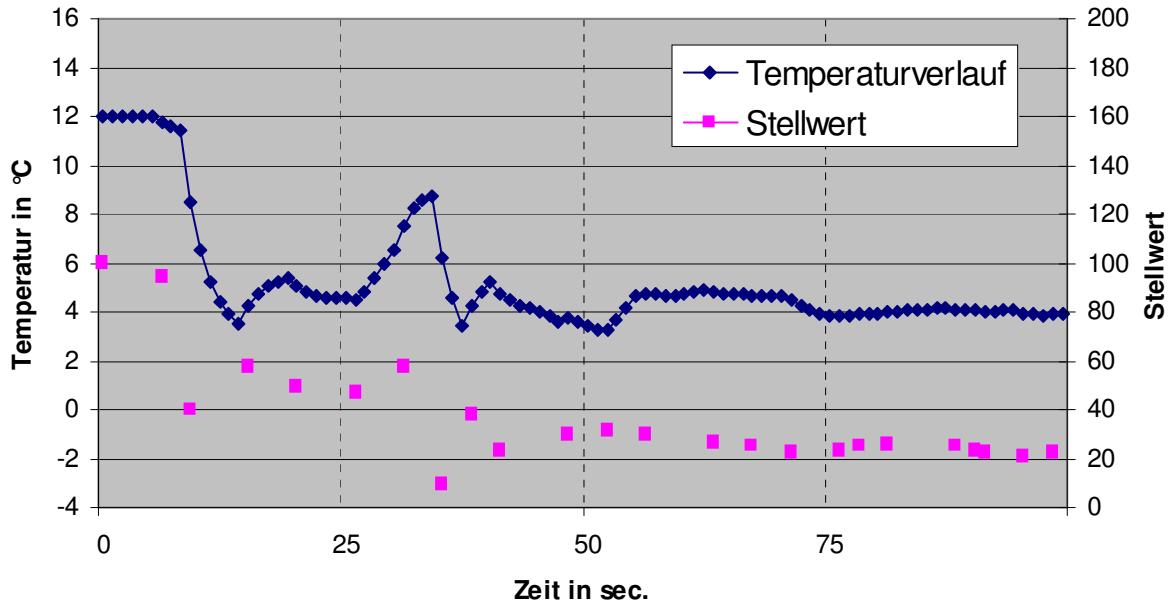


Abbildung 11 - Temperatur- und Stellwertverlauf eines Probenden der Typengruppe B

Auch Typ C lässt sich bei den getesteten Probanden wieder finden. Sein Temperaturverlauf wird vom Dörner als Girlande beschrieben. Dieses Vorgehensweise der Problemlösung benötigte die meisten Stellwertänderungen führt jedoch nicht zum geforderten Ziel. Ein Typ D, wie im Dörner beschrieben, ließ sich bei den getesteten Pobanden nicht wieder erkennen.

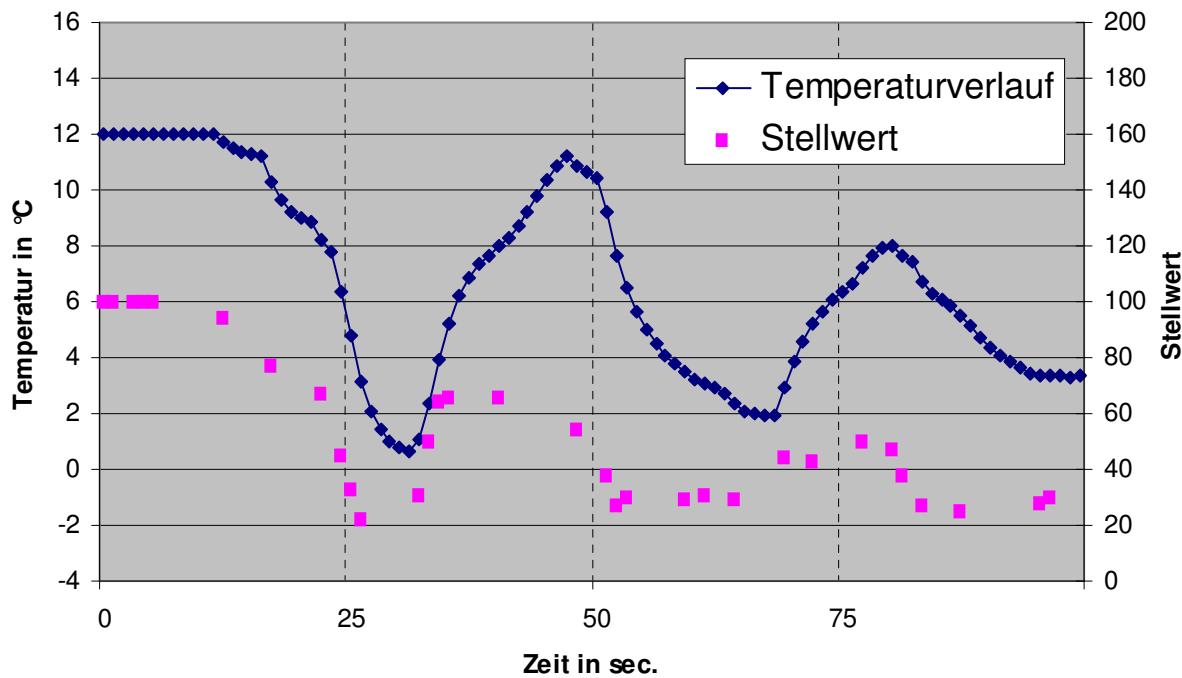
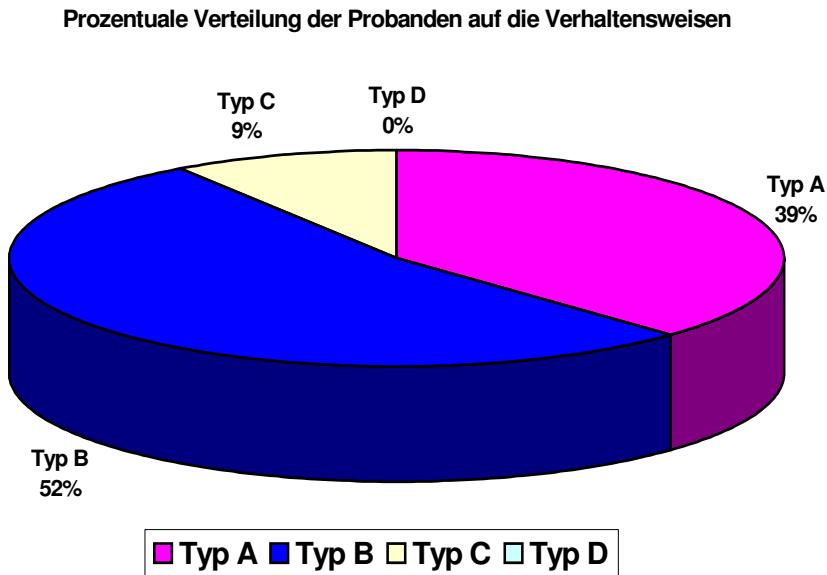


Abbildung 12 - Temperatur- und Stellwertverlauf eines Probenden der Typengruppe C

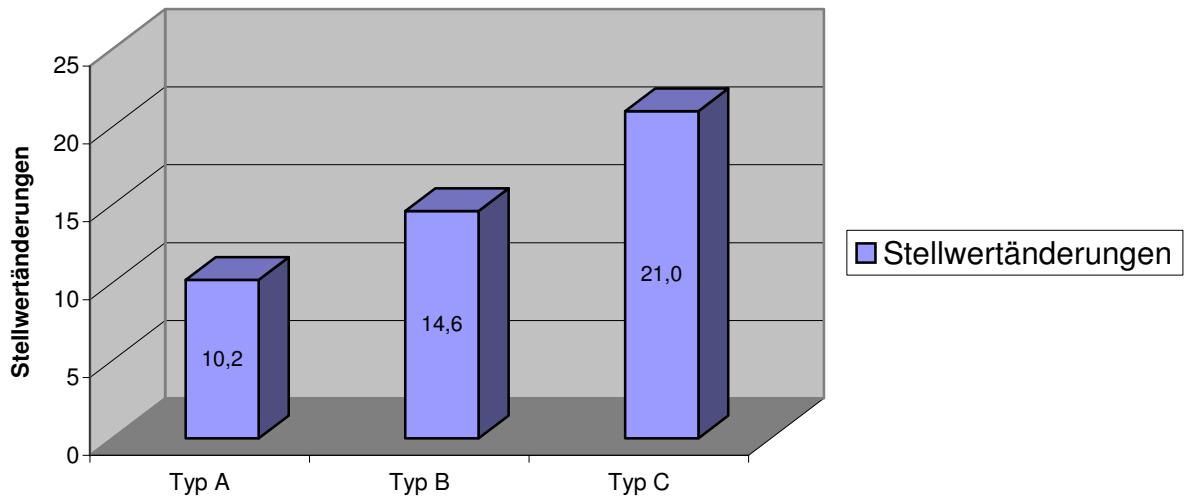
Die folgende Auswertung basiert auf die Aufteilung der Probanden in die genannten Typengruppen A, B und C. So gehörten 39 % der insgesamt 32 Testpersonen zur Typengruppe A, 52 % zur Typengruppe B und 9 % zur Typengruppe C. Wie schon erwähnt gab es keine Testperson die der Gruppe D zugeteilt werden konnte.



**Abbildung 13 - Prozentuale Verteilung der Probanden auf die Verhaltensweisen**

Bei der Analyse der mittleren Stellwertänderungen (Abbildung 14) zeigt sich deutlich, dass Typ A nur halb soviel Eingriffe in der vorgegebenen Zeit benötigt wie Typ C. Was sich durch die ruhige, abwartende Verhaltensweise der Typ A Probanden erklären lässt. Die Anzahl der Stellwertänderungen des Typ B liegen bei 14,6.

**Durchschnittliche Anzahl der Stellwertänderungen bezogen auf Verhaltensweisen**

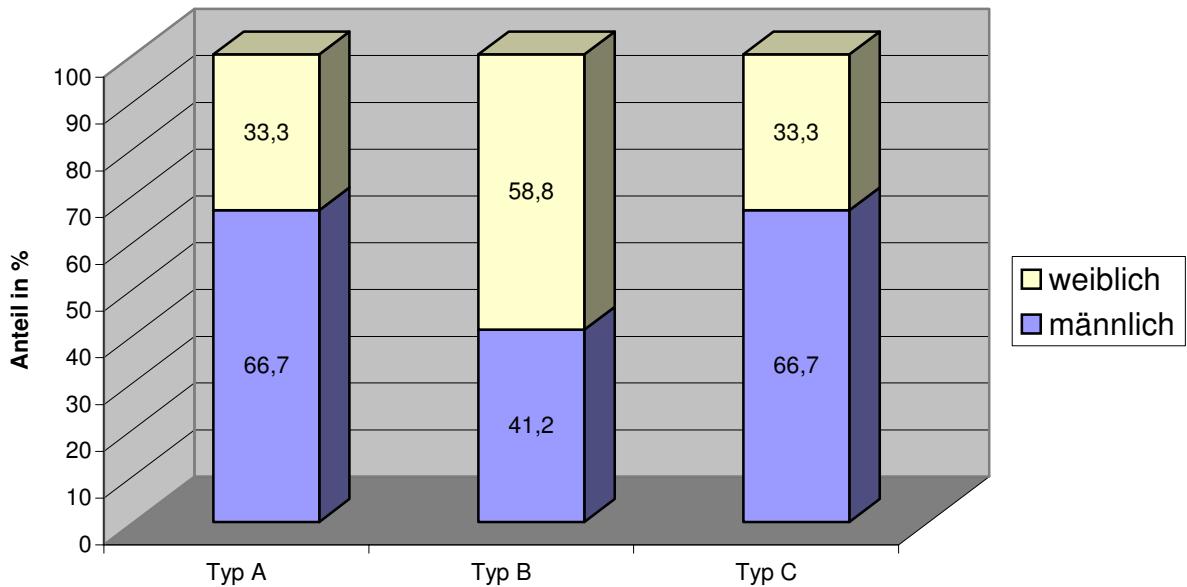


**Abbildung 14 - Durchschnittliche Anzahl der Stellwertänderungen bezogen auf die „Typen“**

Betrachtet man die Verteilung der Geschlechter (Abbildung 15) auf die einzelnen Gruppen, so lässt sich keine Aussage über das Geschlecht und die daraus resultierende Verhaltensweise treffen. Die Typengruppe A, der „ruhigen“ Testpersonen, besteht zu 66,7 % aus Männern und nur zu 33,3 % aus Frauen. Schaut man sich jedoch die Geschlechtsverteilung der Typengruppe C, der „unruhigen“ Testpersonen an, so erkennt

man, dass auch hier die Männer zu 66,7 % vertreten sind. In der Typengruppe B befinden sich 41,2 % Männer und 58,8 % Frauen.

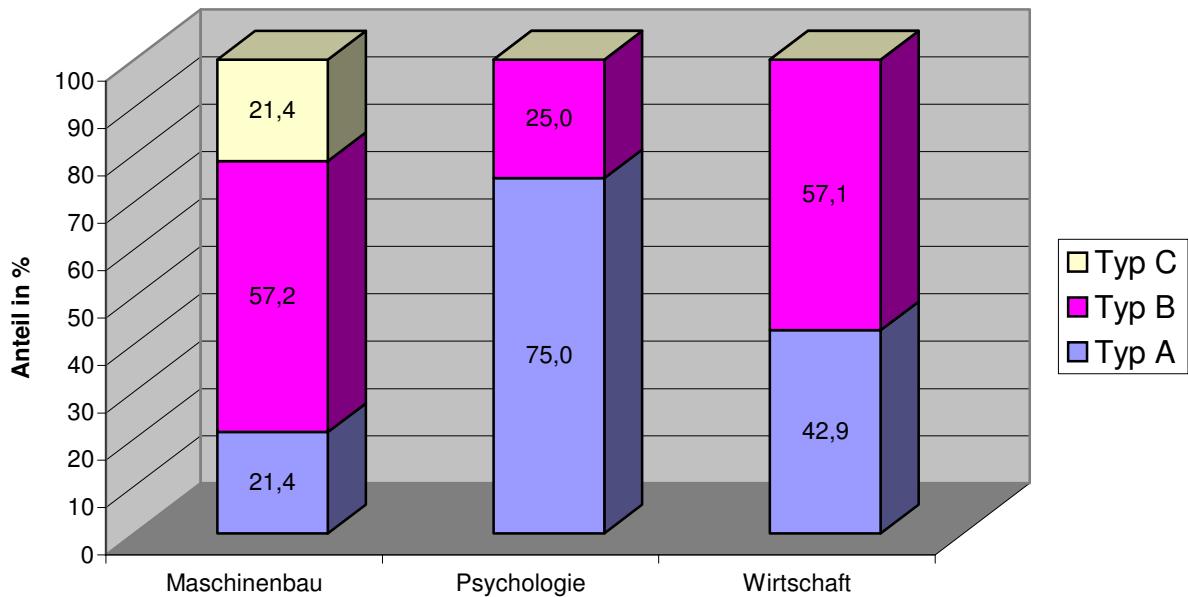
**Prozentuale Verteilung der Geschlechter auf die Verhaltensweisen**



**Abbildung 15 - Prozentuale Verteilung der Geschlechter auf die Verhaltensweisen**

Untersucht man die Verteilung der Typengruppen (Abbildung 16) auf die getesteten Fachbereiche, ergibt sich folgendes Bild. 21,4 % der getesteten Maschinenbauer konnten dem Typ A, 57,2 % dem Typ B und 21,4 % dem Typ C zugewiesen werden. Der Fachbereich Psychologie besteht zu 75 % aus Personen der Typengruppe A. Der Rest wurde der Typengruppe B zu geordnet. Die Probanden aus dem Fachbereich Wirtschaft teilten in 42,9 % A-Typen und 57,1 % B-Typen auf. Personen der Typengruppe C konnten sowohl bei den Psychologen als auch bei den Wirtschaftern nicht erkannt werden.

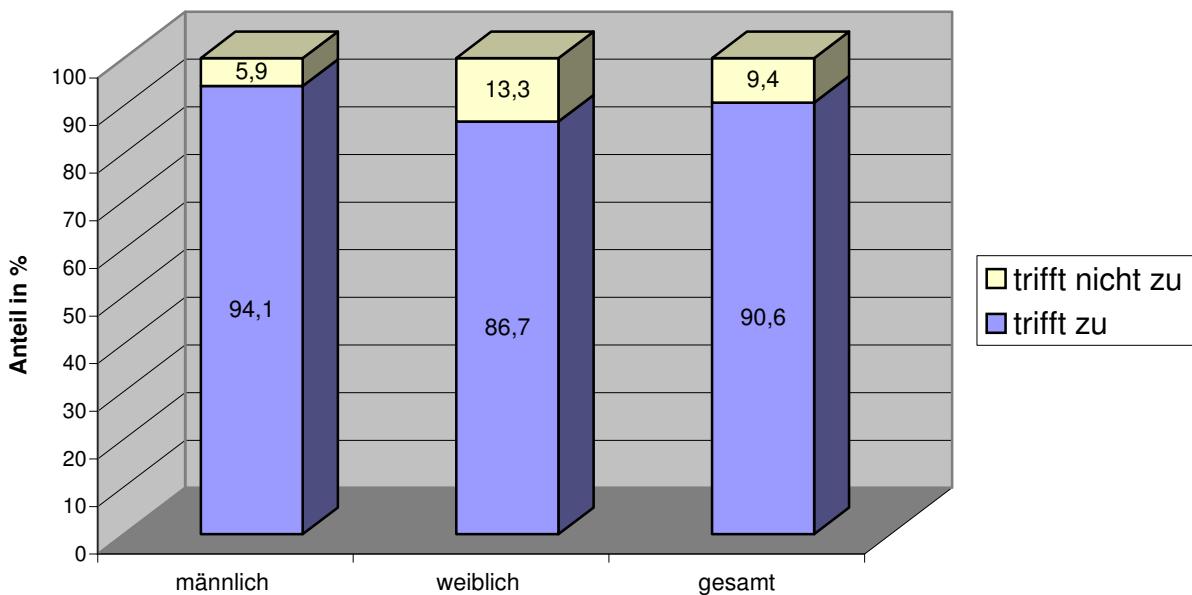
**Prozentuale Verteilung der Verhaltensweisen auf die Fachbereiche**



**Abbildung 16 - Prozentuale Verteilung der Verhaltensweisen auf die Fachbereiche**

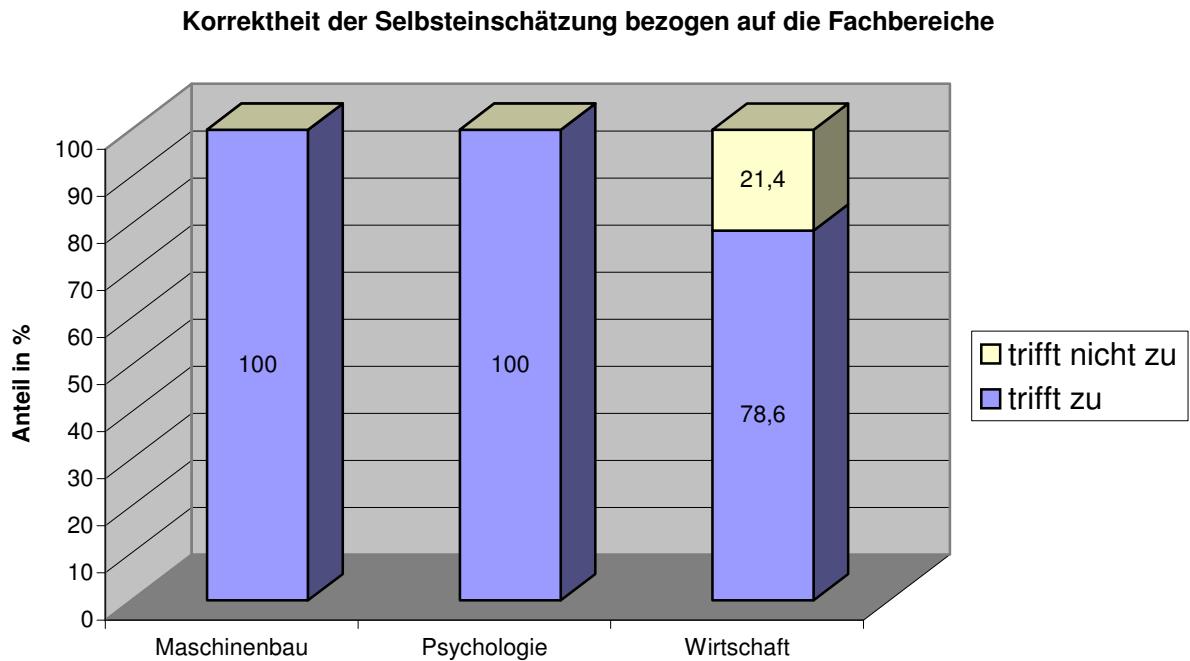
Abschließend wurde die Selbsteinschätzung mit den erzeugten Datensätzen verglichen (Abbildung 17). Bei lediglich 5,9 % der Männer und 13,3 % der Frauen traf diese Selbsteinschätzung nicht zu. Bezogen auf die Gesamtheit haben 9,4 % der Testpersonen eine falsche Selbsteinschätzung bei der Endbefragung von sich gegeben.

**Korrektheit der Selbsteinschätzung bezogen auf das Geschlecht**



**Abbildung 17 - Korrektheit der Selbsteinschätzung bezogen auf das Geschlecht**

Bezogen auf die Fachbereiche stimmte bei allen Testpersonen aus Maschinenbau und Psychologie die Selbsteinschätzung mit den ermittelten Daten überein. Lediglich im Fachbereich Wirtschaft waren 21,4 % der Selbsteinschätzungen nicht korrekt. (Abbildung 7)



**Abbildung 18 - Korrektheit der Selbsteinschätzung bezogen auf die Fachbereiche**

### 3.2 Zusammenfassung

Aus der Auswertung der ersten Versuchreihe lassen sich folgenden Erkenntnisse gewinnen. Bei den Probanden konnten die Dörner- Verhaltensweisen klar wieder erkannt werden. Ordnet man die Probanden diesen vier Typen zu, lässt sich ein klarer Zusammenhang zwischen dem Typ und der Anzahl der Stellwertänderungen erkennen. Je unsicherer der Proband sich im Test verhielt umso mehr Stellwerteingaben benötigte er in der festgelegten Versuchszeit. Die geschlechtsspezifische Zuordnung auf die Verhaltensweisen lässt keine Dominanz eines Geschlechts bezogen auf einen Typen erkennen. Auch die Verteilung der Verhaltensweisen auf die Fachbereiche lässt sich keine klare Dominanz erkennen, da die Anzahl der Probanden zu gering für eine klare Aussage ist. Die durchgeführte Selbsteinschätzung stimmte in der Regel mit den erfassten Daten überein. Diese Selbsteinschätzung ist jedoch nicht als repräsentativ anzusehen, da sie nach der Sichtung des Temperatur- und Stellwertverlaufs erfolgte. Es ist davon auszugehen, dass der Proband beeinflusst durch die gesichteten Graphen sich selbst einschätzte.

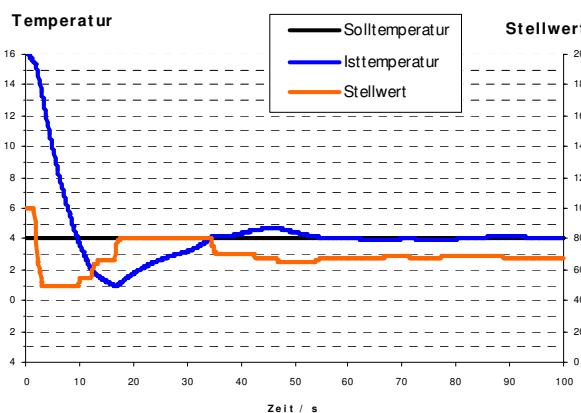
## 4 Auswertung der 2. Versuchsreihe

### 4.1 Erkennung der Döner-Verhaltensweisen

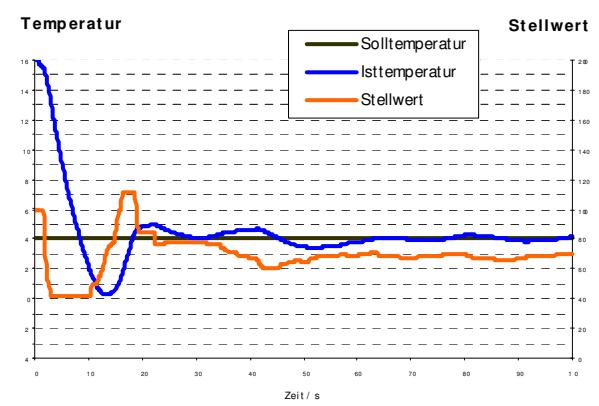
Verhaltenstyp A zeigt das Verhalten einer Versuchsperson, die immer ziemlich lange wartet, ehe sie den Stellwert verstellt, und so langsam ein Gefühl dafür entwickelt, wie der richtige Stellwert eingestellt wird. Sie kann das Ziel, den Istwert auf den Sollwert zu bringen, gut erreichen. Bei dem Verhaltenstyp B ist die Versuchsperson nicht so erfolgreich, aber sie landet schließlich auch auf dem richtigen Temperaturniveau. Verhaltenstyp C zeigt typisches „Girlandenverhalten“. Ist die Ist-Temperatur zu hoch, stellt die Versuchsperson den Stellwert nach unten. Dann geht die Ist-Temperatur natürlich auf die Dauer herunter – daraufhin stellt sie den Stellwert wieder nach oben. Ist die Ist-Temperatur wieder zu hoch, stellt sie das Stellwert nach unten, usw. Ein extremes Verhalten zeigt der Verhaltenstyp D. Die Versuchsperson handelt nach der einfachen Regel: „Ist die Ist-Temperatur zu niedrig, so stelle das Stellwert auf den maximalen Wert. Und ist die Ist-Temperatur zu hoch, so stelle das Stellwert auf den minimalen Wert.“

Unten ist ein Beispiel der vier Verhaltenstypen bezogen auf die zweite Versuchsreihe zu sehen:

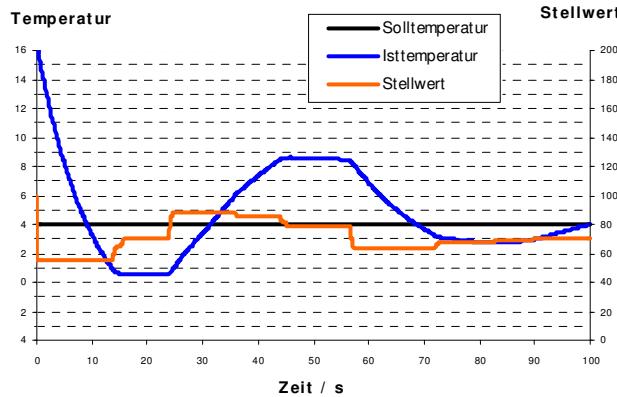
**Verhaltenstyp A**



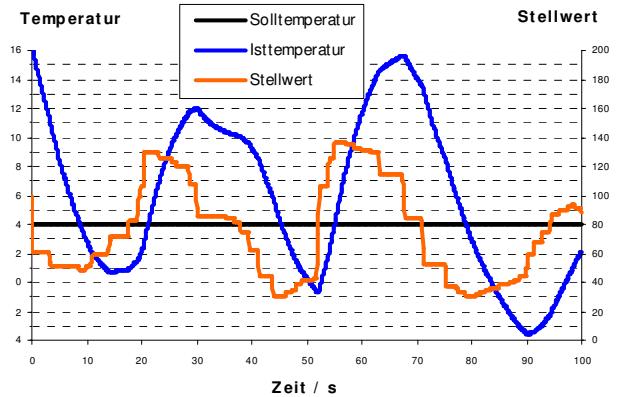
**Verhaltenstyp B**



**Verhaltenstyp C**



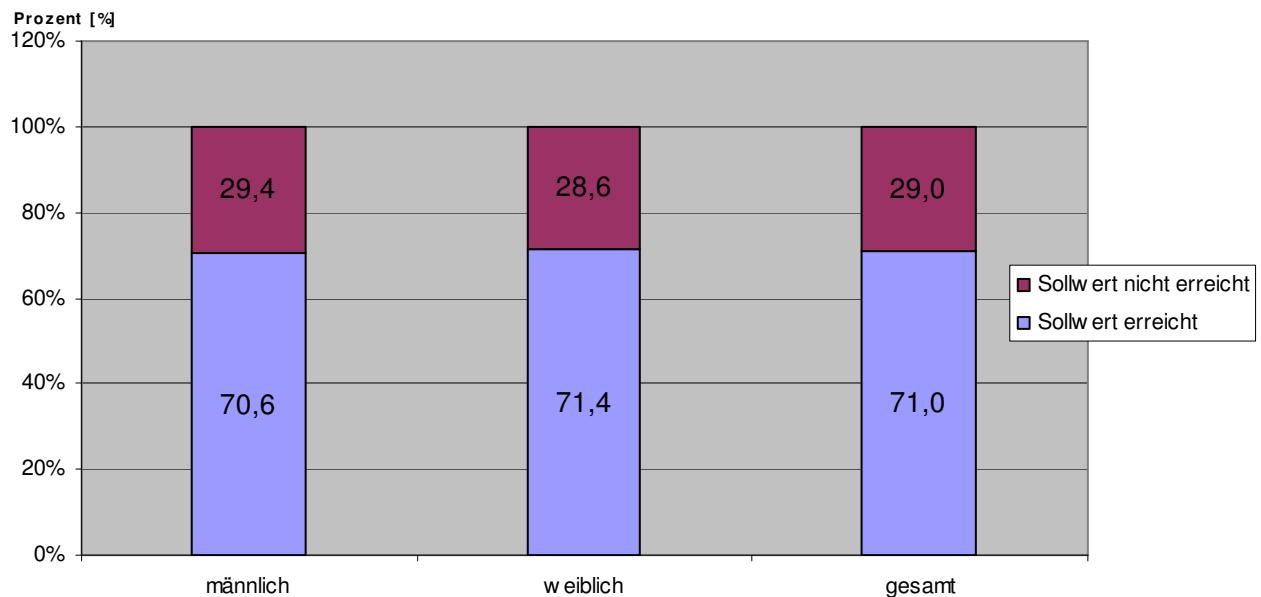
**Verhaltenstyp D**



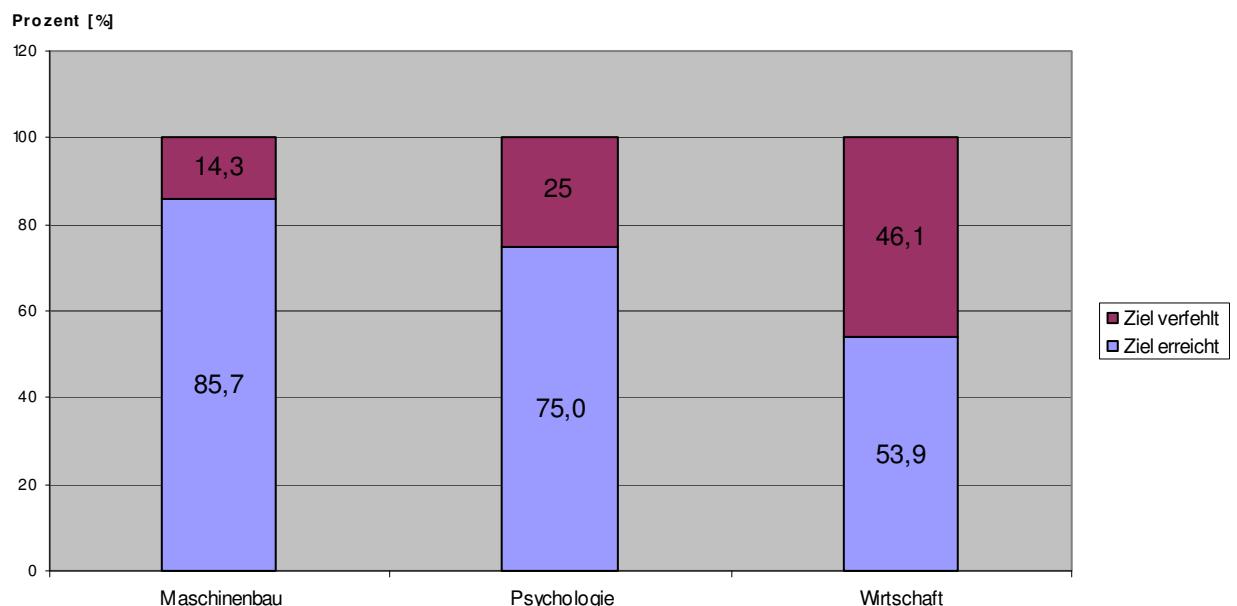
## 4.2 Prozentuales Erreichen des Sollwerts

Bei der Auswertung der 2-ten Versuchsreihe wird gezählt, wie viele Versuchspersonen den Istwert auf die Sollgröße schließlich gebracht haben und prozentual dargestellt. Die Toleranz um den Sollwert wird mit  $\pm 0,5\%$  angenommen. Es gibt insgesamt 31 Probanden, 17 Männer und 14 Frauen, 14 aus dem Bereich Maschinenbau, 4 aus dem Studiengang Psychologie und 13 BWL-Studenten.

Untere Diagramme zeigen das prozentuale Erreichen des Sollwerts bezogen auf die Fachbereiche und das prozentuale Erreichen des Sollwerts aufgeteilt auf das Geschlecht:



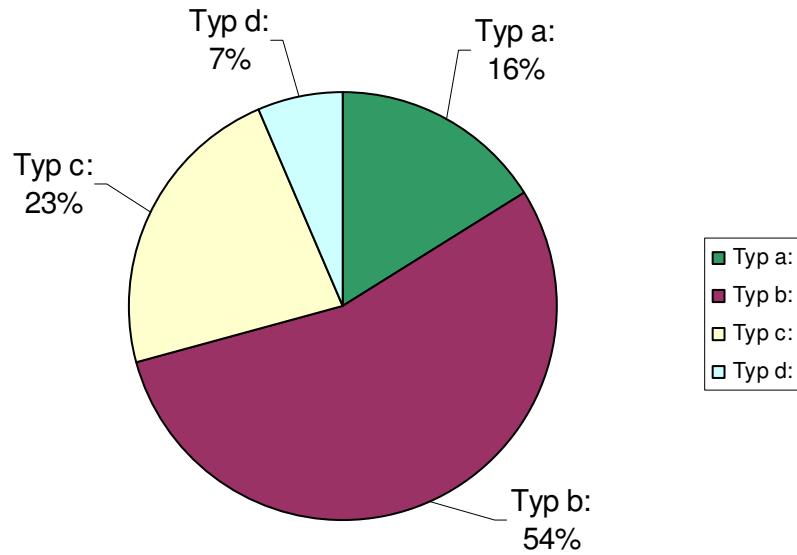
**Prozentuales Erreichen bezogen auf die Fachbereiche**



**Prozentuales Erreichen bezogen auf das Geschlecht**

### 4.3 Prozentuale Verteilung

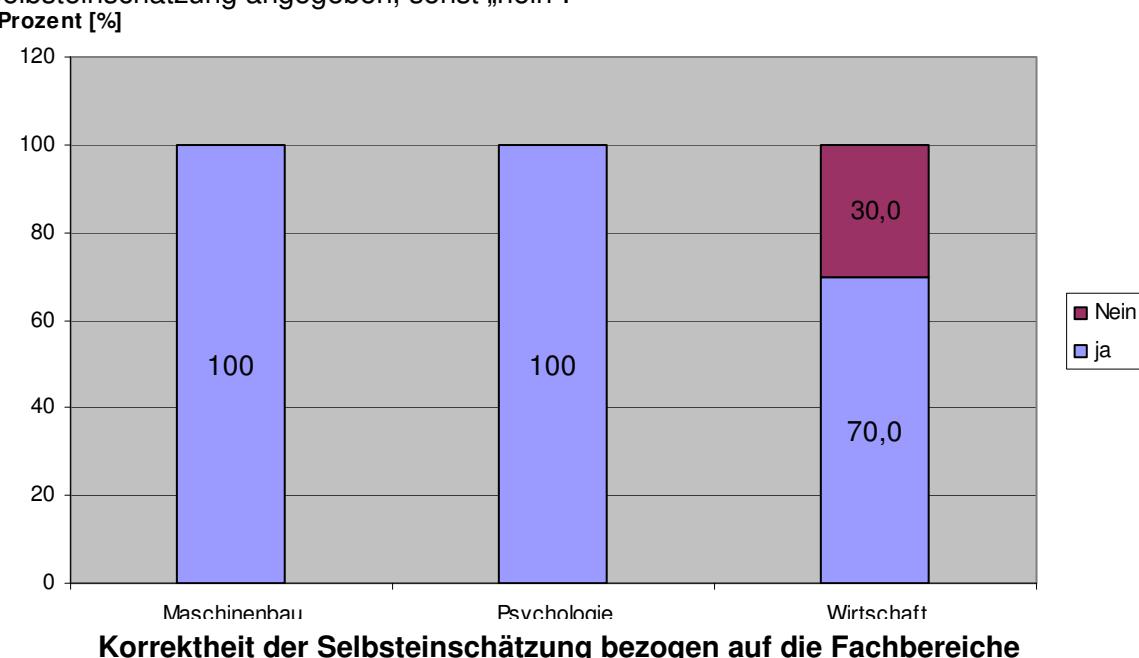
Die Probanden werden auf die Dörner Verhaltenstypen nach ihrer Verhaltensweisen verteilt. Es gibt bei diesem Versuch vier Verhaltenstypen, Typ A(5), Typ B(17), Typ C(7) und Typ D(2). Nach der Auswertung ist die Typzuordnung nachfolgend aufgeteilt:



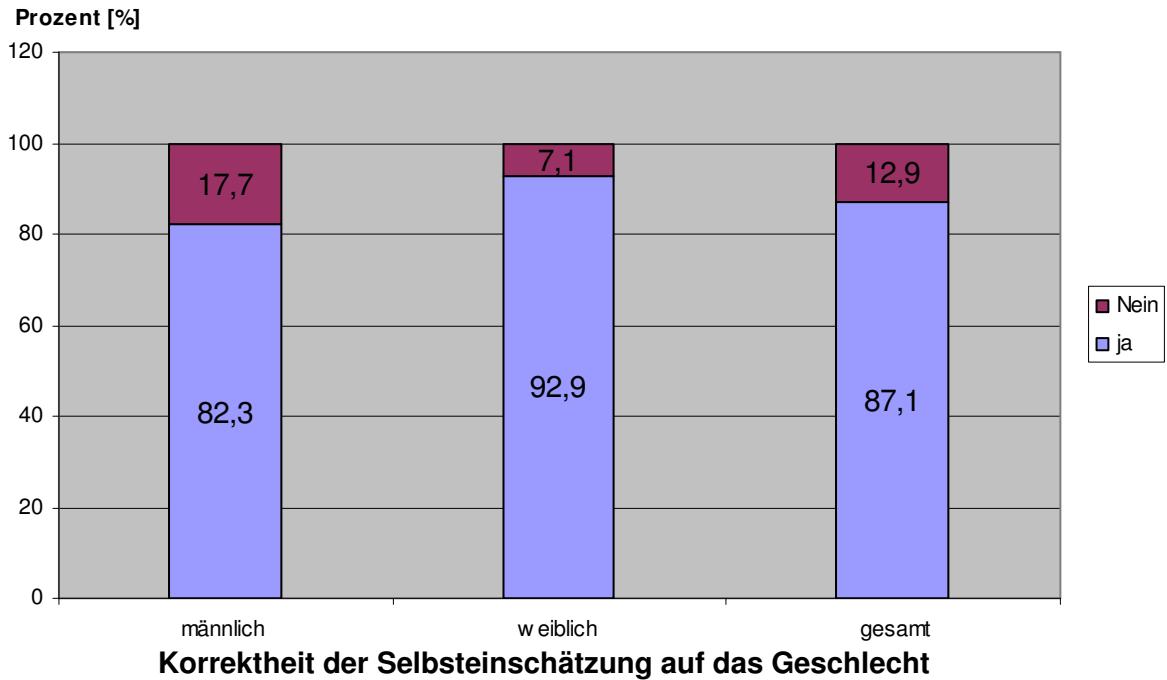
Verteilung der Probanden auf die Verhaltensweisen

### 4.4 Korrektheit der Selbsteinschätzung

Die Korrektheit der Selbsteinschätzung wird auch als Prozent auf das Geschlecht und bezogen auf die Fachbereiche ausgewertet. Wenn die Verhaltensweise der Versuchsperson nicht gegen ihre Selbsteinschätzung verstößt, wird „ja“ zu der Korrektheit ihrer Selbsteinschätzung angegeben, sonst „nein“.

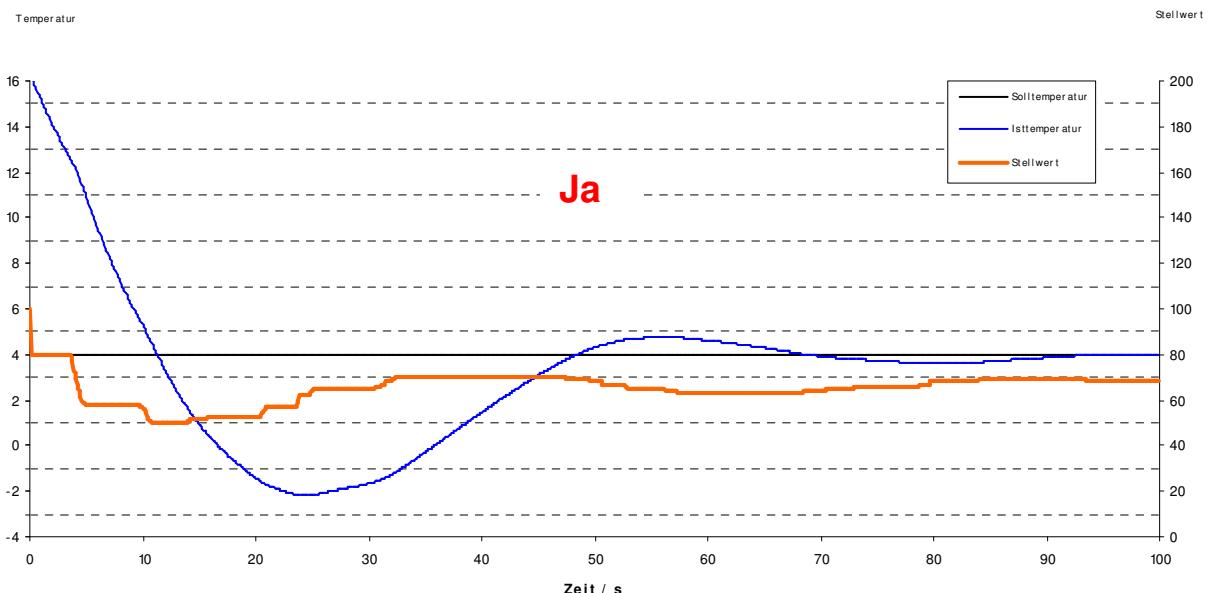


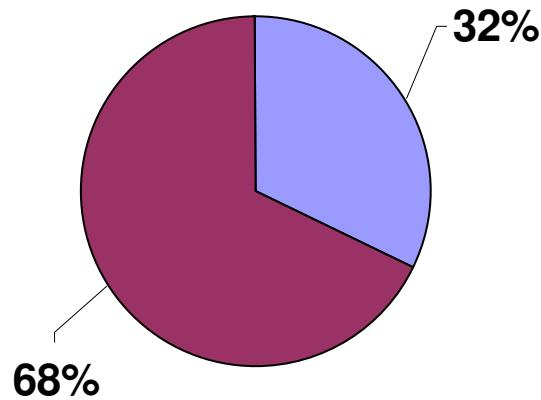
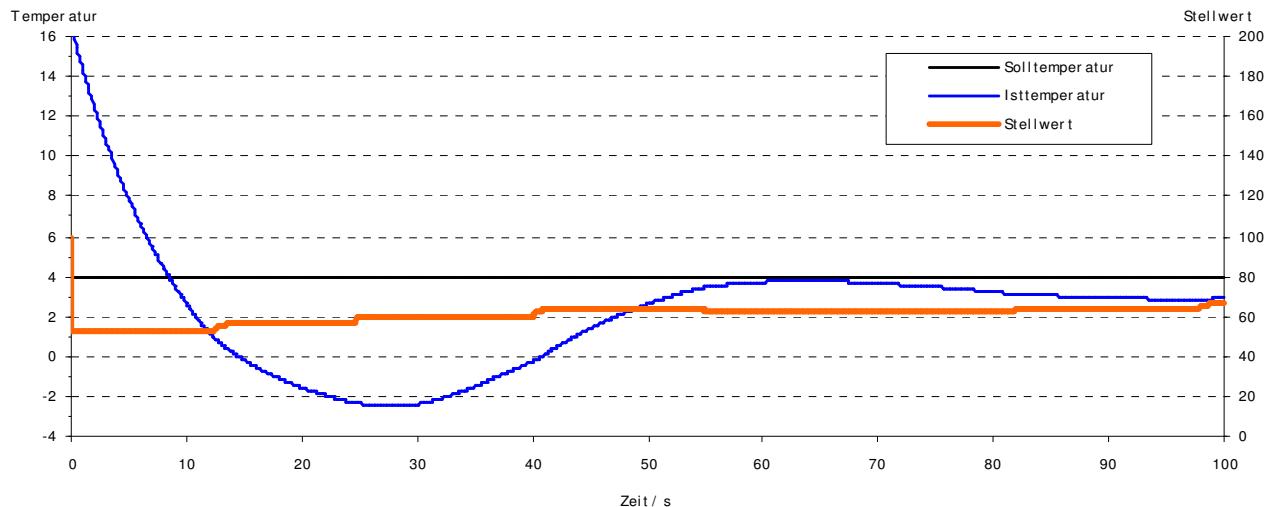
Korrektheit der Selbsteinschätzung bezogen auf die Fachbereiche



#### 4.5 Kontinuierliche Verstellung des Stellwerts

Bei der Auswertung der kontinuierlichen Verstellung des Stellwerts wird geprüft, ob die Versuchsperson sehr aktiv den Stellgrad ändert um das Ziel zu erreichen. Wenn die rote Stellwert-Kurve sich ziemlich aktiv bewegt, wird die Aktivität der kontinuierlichen Verstellung des Stellwerts mit „ja“ bewertet. Wird der Stellwert seltener geändert, so wird die Aktivität mit „nein“ angegeben. Untere Diagramme zeigen jeweils ein Beispiel:





**Prozentuale kontinuierliche Verstellung des Stellwerts**

## 4.6 Zusammenfassung

Nach dem Vergleich der Verhaltendiagramme der Versuchspersonen kann man deutlich sehen, dass es keinen gleichen Verhaltensweisen zwischen unterschiedlichen Versuchspersonen gibt.

Die Selbsteinschätzung der Versuchsperson, z.B. ruhig oder hektisch, entspricht in den meisten Fällen ihren Verhaltensweisen. Durch den Versuch werden die Dörner-Verhaltensweisen noch mal klar erkannt. Ebenfalls sind bei diesem Versuch die vier unterschiedlichen Verhaltens-Typen nach der Definition der Dörner-Verhaltensweisen (Typ A, B, C und D) erkennbar.

## 5 Auswertung des Gesamtversuches

In dem Kapitel Auswertung des Gesamtversuches werden die Ergebnisse aus allen drei getesteten Programmen betrachtet und miteinander verglichen. Es wird betrachtet, wann das erste Mal das Toleranzband von 3,5-4,5°C erreicht wird, ab wann die Temperatur im Toleranzband gehalten wird, wann und wie viele Stelleingriffe benötigt werden und wie lange die Probanden benötigen, um einen neuen Stellwert vorzugeben. Bei den Betrachtungen werden die Unterschiede zwischen den einzelnen Programmen, den Testpersonengruppen und den Geschlechtern untersucht.

### 5.1 Das erstmalige Erreichen des Toleranzbandes

In diesem Abschnitt wird untersucht, wann bei den einzelnen Programmen das erste Mal die 4,5°C erreicht werden. In Abbildung 19 ist die Häufigkeit des Erreichens der 4,5°C (in %) über die Zeit (in s) aufgetragen. Die Balken mit der blauen Farbe stehen für das Programm 1a), die weinroten für Programm 1b) und die gelben für das Programm 2. Es ist zu erkennen, dass in Programm 2 die 4,5°C früher als in Programm 1a) und 1b) erreicht werden. Die Probanden stellen im Programm 2 früher kleinere Stellwerte ein als in den Programmen 1a) und 1b). Dieses Verhalten lässt sich dadurch begründen, dass in den 1. Programmen relativ kleine Stellwerte erforderlich sind, um die 4 °C zu erreichen. Im Vergleich von Programm 1a) und 1b) sind keine Unterschiede festzustellen.

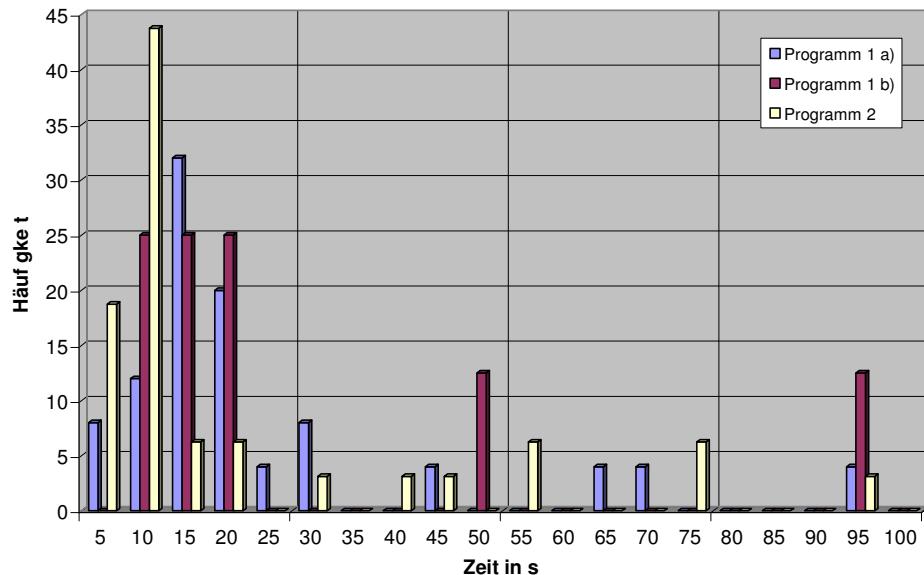
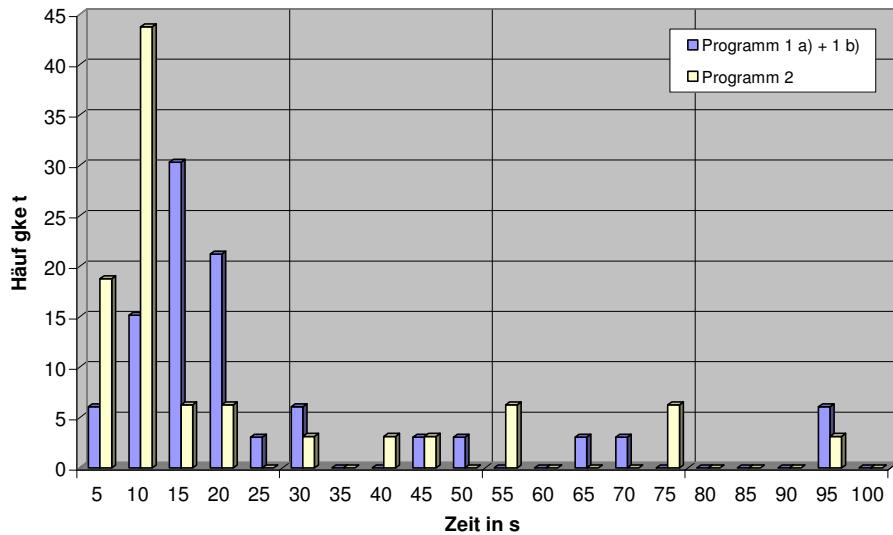


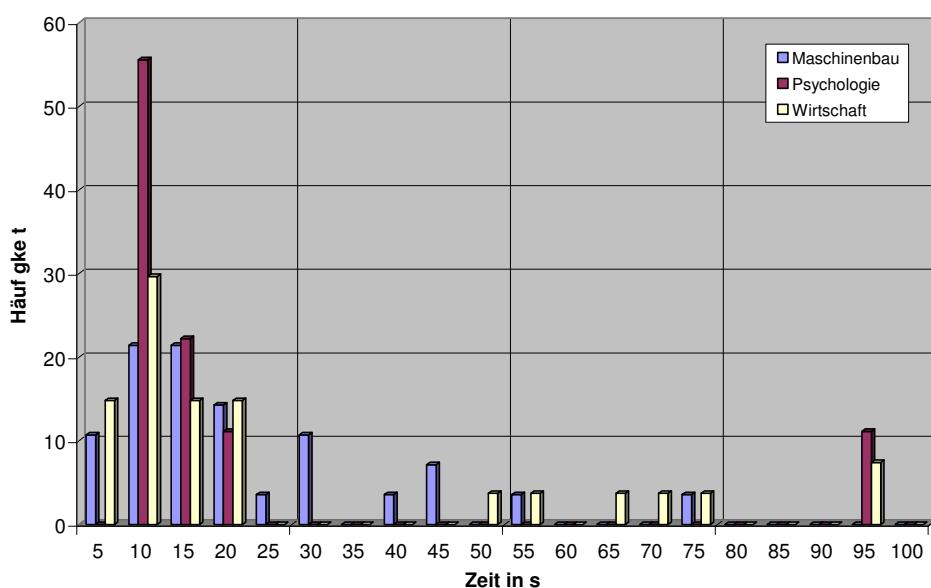
Abbildung 19: Erstmaliges Erreichen von 4,5°C / Vergleich der drei Programme

Betrachtet man das erstmalige Erreichen von 4,5°C der Programme 1a) und 1b) (blaue Balken) und vergleicht diese mit dem Programm 2 (gelbe Balken), so wird das frühere erstmalige Erreichen der 4,5°C noch deutlicher (siehe Abbildung 20).



**Abbildung 20: Erstmaliges Erreichen von 4,5°C / Vergleich Programme 1a) + b) mit Programm 2**

In Abbildung 21 wird die Häufigkeit (in %) des erstmaligen Erreichens der 4,5°C über die Zeit dargestellt. Vergleicht man wann die Probandengruppen (blaue Balken stehen für die Gruppe Maschinenbau, weinrote für die Gruppe Psychologie und gelbe für die Gruppe Wirtschaft) die 4,5°C das erst Mal erreichen, so ist fest zu stellen, dass alle Gruppen die 4,5°C überwiegend im 1. Quartal erreichen. Auffällig ist jedoch, dass sich die Gruppe der Wirtschaftler in einen früher und einen später erreichenden Teil unterteilt. Der späte Teil besteht aus Probanden, die sich vorsichtig von höheren Temperaturen an die 4°C angenähert haben.



**Abbildung 21: Erstmaliges Erreichen von 4,5°C / Vergleich der Probandengruppen**

## 5.2 Vergleich des Einpendelns der Temperatur zwischen 3,5-4,5°C

In diesem Abschnitt wird betrachtet, wann es den Probanden gelungen ist, die Temperatur in das Toleranzband von 3,5-4,5°C einzuregeln. Abbildung 22 zeigt die Häufigkeit (in %), aufgetragen über die Zeit (in s), mit der es gelungen ist, die Temperatur in das Toleranzband einzuregeln. Die blauen Balken stellen die Häufigkeit für das Programm 1a), die weinroten für das Programm 1b) und die gelben für das Programm 2 dar. Es ist zu erkennen, dass es den Probanden überwiegend im 3. und 4. Quartal gelungen ist, die Temperatur einzuregeln. Vergleicht man die Programme untereinander, so wurden die Temperaturen mit Programm 1a) am schnellsten eingeregelt.

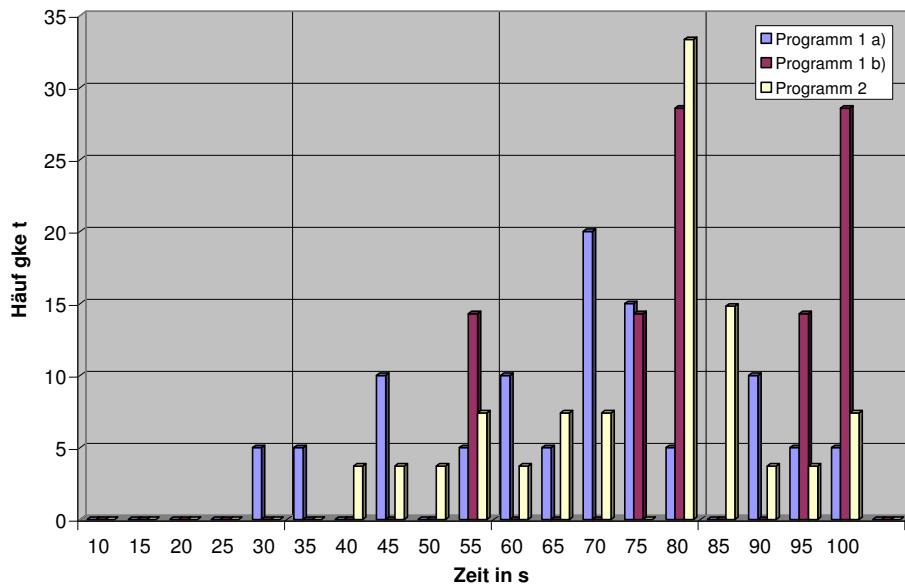


Abbildung 22: Einpendeln der Temperatur / Vergleich der Programme

Abbildung 23 stellt die Häufigkeit dar, aufgetragen über die Zeit, mit der es gelungen ist, die Temperatur in das Toleranzband einzuregeln. Die beiden Programme 1a) und 1b) werden durch die blauen Balken und das Programm 2 durch die weinroten Balken dargestellt. Vergleicht man die beiden Programme 1a) und 1b) mit dem Programm 2, so ist zu erkennen, dass bei den Programmen 1a) und 1b) die Temperatur früher eingeregelt wurde. Das frühere Einregeln in den Programmen 1a) und 1b) hängt vermutlich mit der Pausefunktion zusammen. Sie ermöglicht es den Probanden länger über Stellwertänderungen nachzudenken als im Programm 2, in dem es keine Pausefunktion gibt.

In Abbildung 24 wird wieder die Häufigkeit des Einregelns der Temperatur über die Zeit dargestellt. Die blauen Balken stellen die Häufigkeit für die Gruppe Maschinenbau, die weinroten für die Gruppe Psychologie und die gelben für die Wirtschaftler dar. Betrachtet man die benötigten Zeiten bis zum Einregeln der Temperatur in das Toleranzband für die einzelnen Gruppen, so ist kein Unterschied zwischen den Gruppen zu erkennen. Alle Gruppen erreichen das Toleranzband überwiegend im 3. und 4. Quartal.

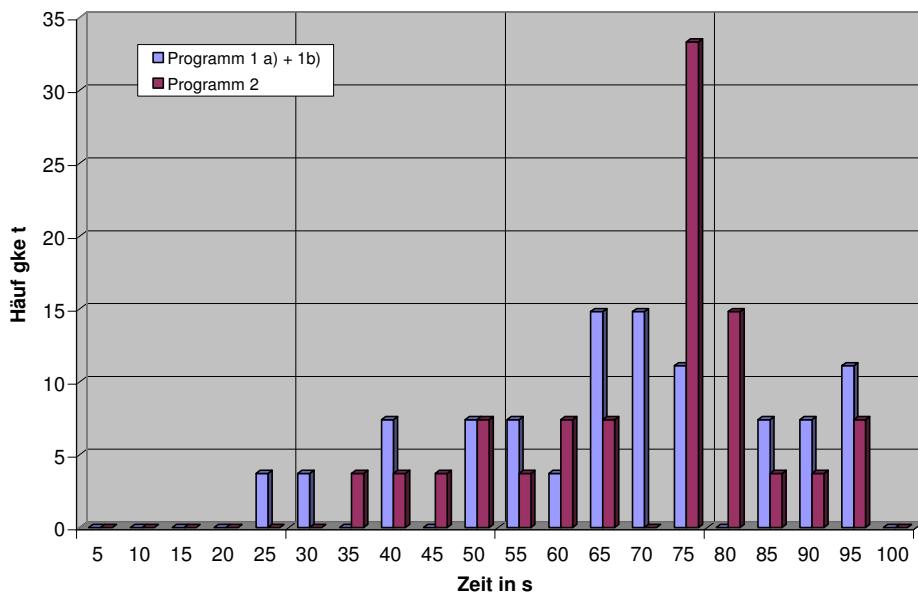


Abbildung 23: Einpendeln der Temperatur / Vergleich 1. und 2. Programm

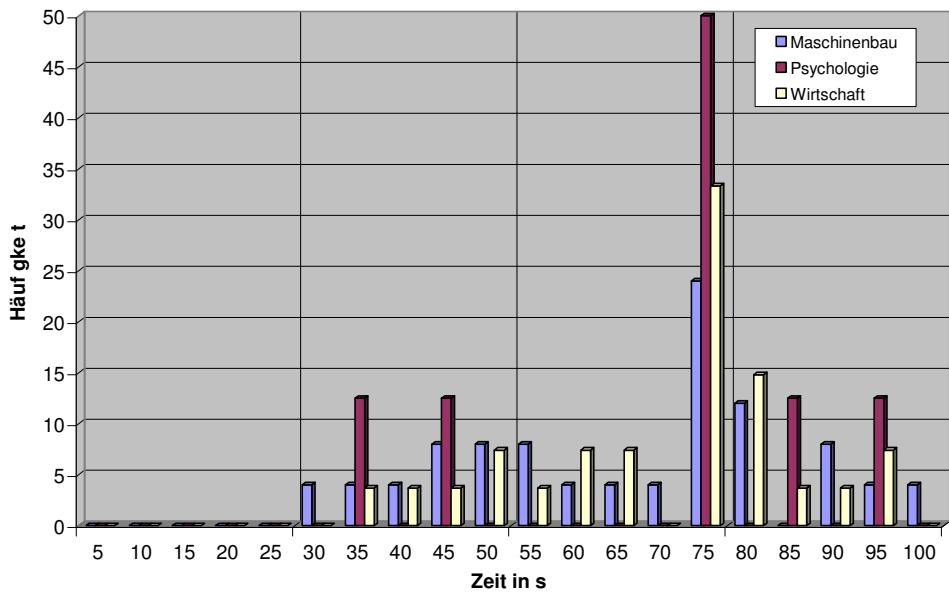


Abbildung 24: Einpendeln der Temperatur / Vergleich der Gruppen

### 5.3 Anzahl der vorgenommenen Stelleingriffe

Im diesem Kapitel wird untersucht, wann und wie viele Stelleingriffe von den Probanden in den Programmen 1a) und 1b) vorgenommen werden. Für Programm 2 wurden die Stelleingriffe nicht betrachtet, denn durch den Programmaufbau mit dem Schieber und ohne Pausefunktion bei der Stellwerteingabe kommt es bei Stellwertänderung zu einer sehr großen Anzahl an Stellwerten. Die große Anzahl an Stelleingriffen ist jedoch wenig aussagekräftig.

In Abbildung 25 ist die Häufigkeit der von jedem Probanden insgesamt vorgenommenen Stelleingriffe aufgetragen. Die lila Balken stellen die Häufigkeit der Anzahl an Stelleingriffen des Programm 1a) und die blauen Balken die des Programm 1b) dar. Bei beiden Programmen wurden ungefähr gleich viele Stelleingriffe vorgenommen.

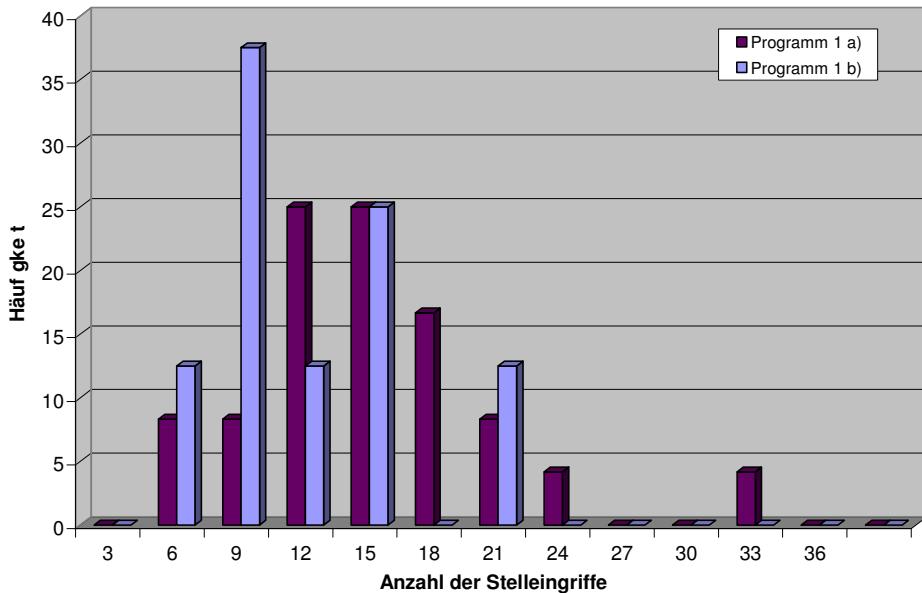


Abbildung 25: Anzahl an Stelleingriffen / Vergleich vom Programm 1a) und 1b)

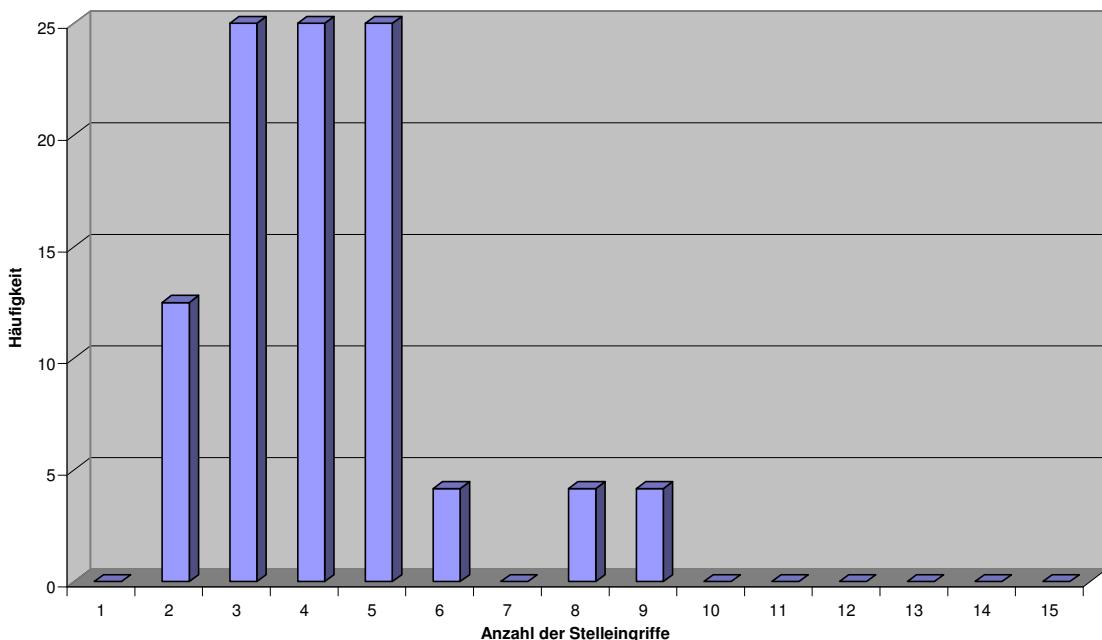
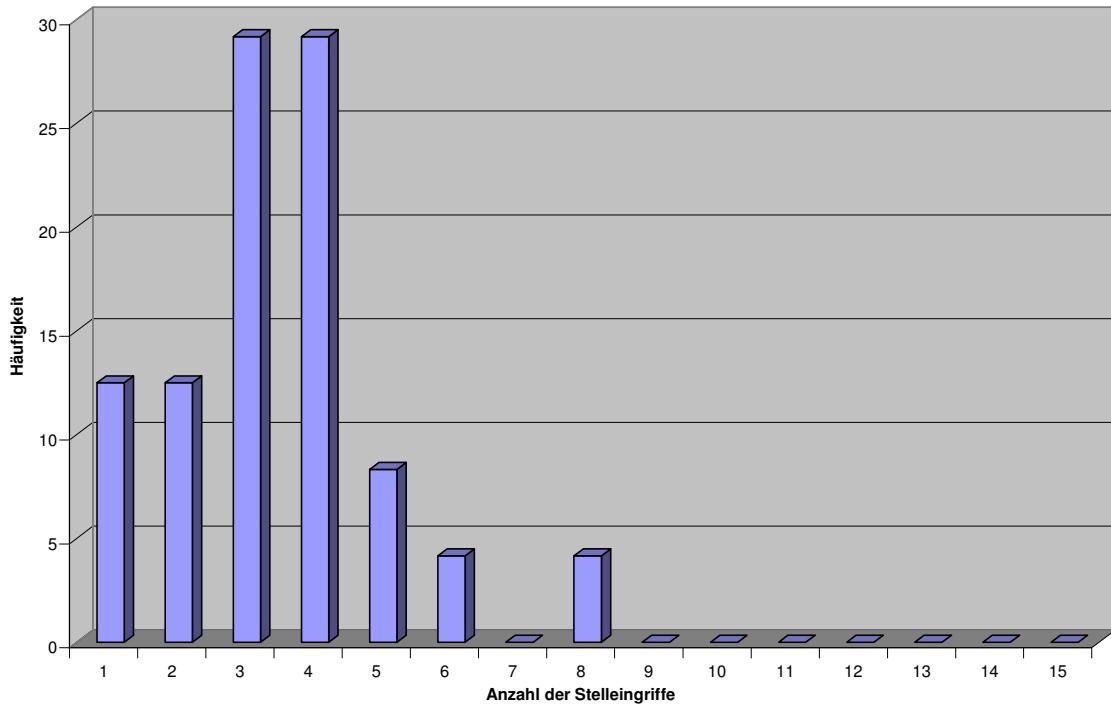


Abbildung 26: Häufigkeit der Stelleingriffe im 1. Quartal

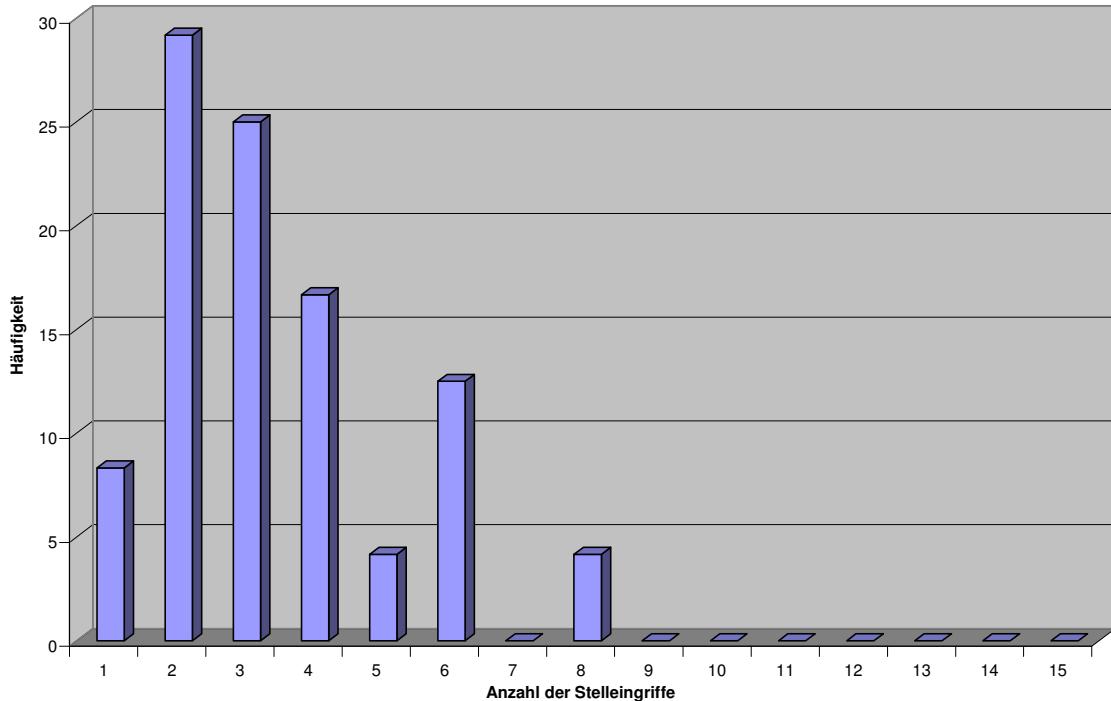
Betrachtet man die Häufigkeit der Anzahl an Stelleingriffen pro Quartal, so ist zwischen der Verteilung der Anzahl an Stelleingriffen in Programm 1a) und Programm 1b) kein wesentlicher Unterschied zu erkennen. In Abbildung 26 bis Abbildung 29 wird die Häufigkeit

der Anzahl an Stelleingriffen pro Quartal für das Programm 1a) dargestellt. Im ersten Quartal kommen die Probanden überwiegend mit 3 bis 5 Stelleingriffen aus.



**Abbildung 27: Häufigkeit der Stelleingriffe im 2. Quartal**

Im zweiten Quartal werden überwiegend 2 bis 4 Stelleingriffe vorgenommen.



**Abbildung 28: Häufigkeit der Stelleingriffe im 3. Quartal**

Ähnlich wie im zweiten Quartal kommen die Probanden im dritten Quartal überwiegend mit 2 bis 4 Stelleingriffen aus.

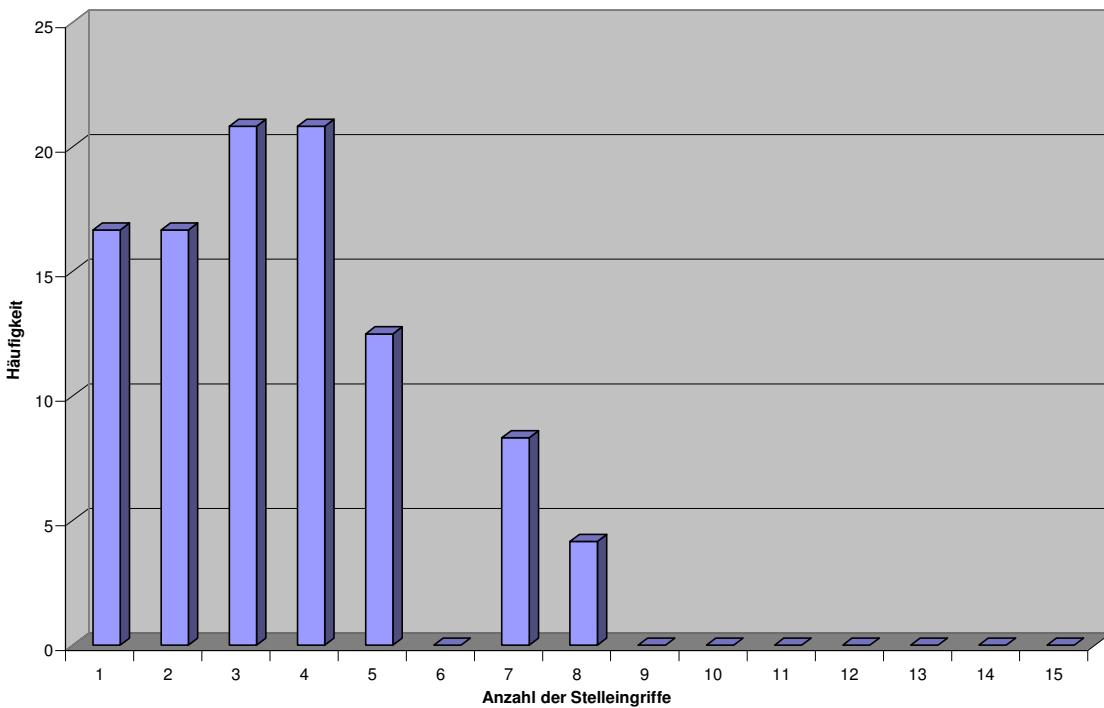


Abbildung 29: Häufigkeit der Stelleingriffe im 4. Quartal

Dagegen liegt die Anzahl der vorgenommenen Stelleingriffe im vierten Quartal bei 1 bis 5 Stelleingriffen.

Betrachtet man die Häufigkeit der Anzahl an Stelleingriffen, sortiert nach dem Geschlecht der Probanden, so lässt sich kein nennenswerter Unterschied feststellen. In Abbildung 30 ist die Häufigkeit der Anzahl an vorgenommenen Stelleingriffen, sortiert nach dem Geschlecht der Probanden, aufgetragen. Die blauen Balken stehen für die weiblichen Probanden und die weinroten für die männlichen Probanden.

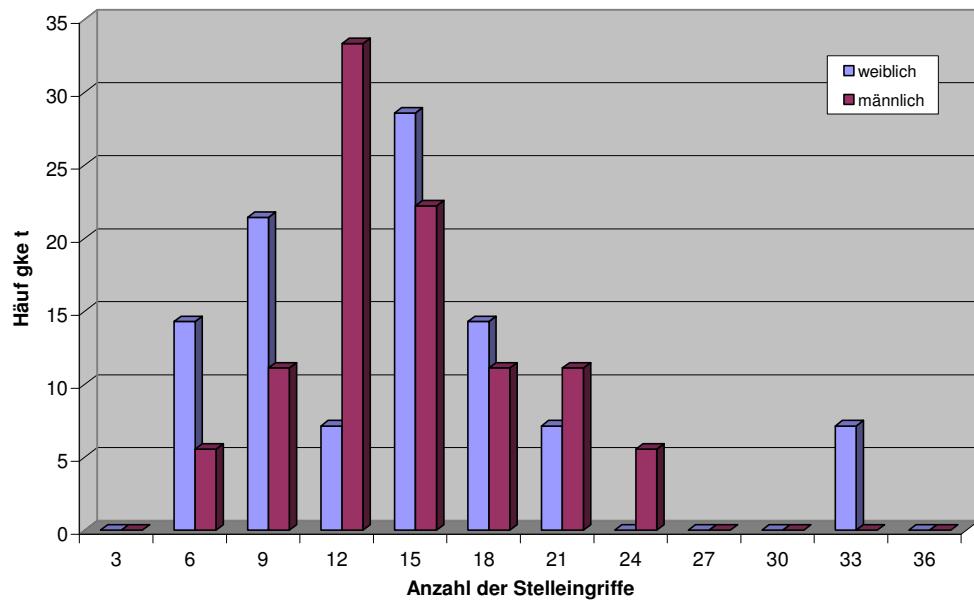
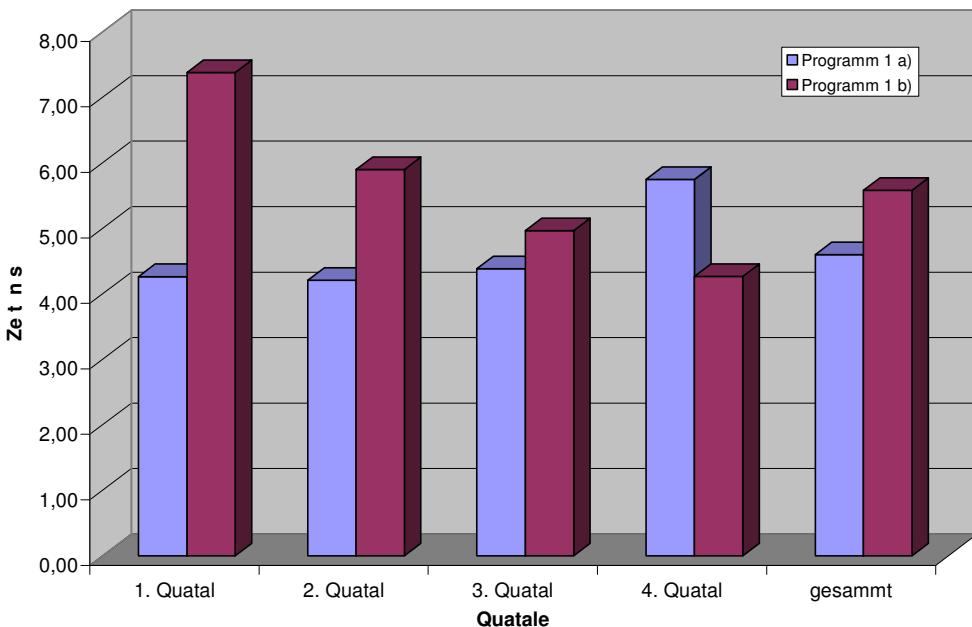


Abbildung 30: Anzahl der Stelleingriffe / Vergleich der Geschlechter

In Abbildung 31 ist die gemittelte Zeit über die einzelnen Quartale aufgetragen, die die Probanden benötigten, um einen neuen Stellwert vorzugeben. Die Zeiten für das Programm 1a) werden durch die blauen Balken und die Zeiten des Programm 1b) durch die weinroten Balken dargestellt. Die Probanden benötigten im Durchschnitt 4,3s pro Stelleingriff und für das Programm 1b) 5,3s. Auffällig ist, dass die Probanden des Programms 1a) für alle Quartale ungefähr gleichlange Zeiten bis zur Stellwerteingabe benötigten (Ausnahme 4. Quartal mit 5,6s). Im Gegensatz dazu nimmt die benötigte gemittelte Zeit im Programm 1b) mit den Quartalen von 7,2s auf 4,2s ab.



**Abbildung 31: Gemittelte Pausenzeit / Vergleich Programm 1a) und 1b)**

## 5.4 Zusammenfassung

Das Toleranzband von 3,5-4,5°C wurde von überwiegend allen Probanden im 1. Quartal erreicht. Auffallend sind die früher und stärker ausfallenden Stelleingriffe im 2. Programm, vermutlich eine Folge des Lerneffekts aus den beiden Programmen 1a) und 1b). Außerdem ist bei den Gruppen der Probanden aufgefallen, dass sich die Gruppe der Wirtschaftler in einen schnell eingreifenden und einen zögerlichen Teil unterteilt. Betrachtet man das Einregeln der Temperatur in das Toleranzband, so erreichen die Probanden überwiegend im 3. und 4. Quartal das Ziel. Die Probanden regeln dabei die Temperatur in den Programmen 1a) und 1b) schneller als in dem Programm 2 ein. Es waren keine Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen. Die gemittelte Anzahl der vorgenommenen Stelleingriffe nimmt mit den Quartalen ab. Es waren keine Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen. Die benötigte Zeit vom Anhalten der Programme 1a) und 1b) bis zur Eingabe des neuen Stellwertes bleibt für Programm 1a) ungefähr gleich, während die benötigte Zeit mit den Quartalen im Programm 1b) abnimmt.

## 6 Strategieunterschiede zwischen dem 1. und 2. Versuch

In diesem Abschnitt wird die Strategieanpassung der einzelnen Probanden untersucht und analysiert. Eingegangen wird dabei speziell auf die Stellwert- und Temperaturentwicklung. Bei den nachfolgenden drei Abbildungen sind die Temperatur- und Stellwertverläufe der ersten und der zweiten Messung in einem Diagramm gegenübergestellt. Dadurch soll eine mögliche Strategieänderung bzw. ein Lerneffekt nach dem ersten Versuch zum zweiten Versuch aufgezeigt werden.

### 6.1 Keine Strategieänderung

In der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist der Temperaturverlauf (dunkelblau) und Stellwertverlauf (rot) der ersten Messung visualisiert. Ebenfalls enthält diese Abbildung die Verläufe der Temperatur (hellblau) und der Stellwerte (orange) aus der zweiten Messung. Alle Verläufe innerhalb einer Abbildung spiegeln die Daten eines einzelnen Probanden wider.

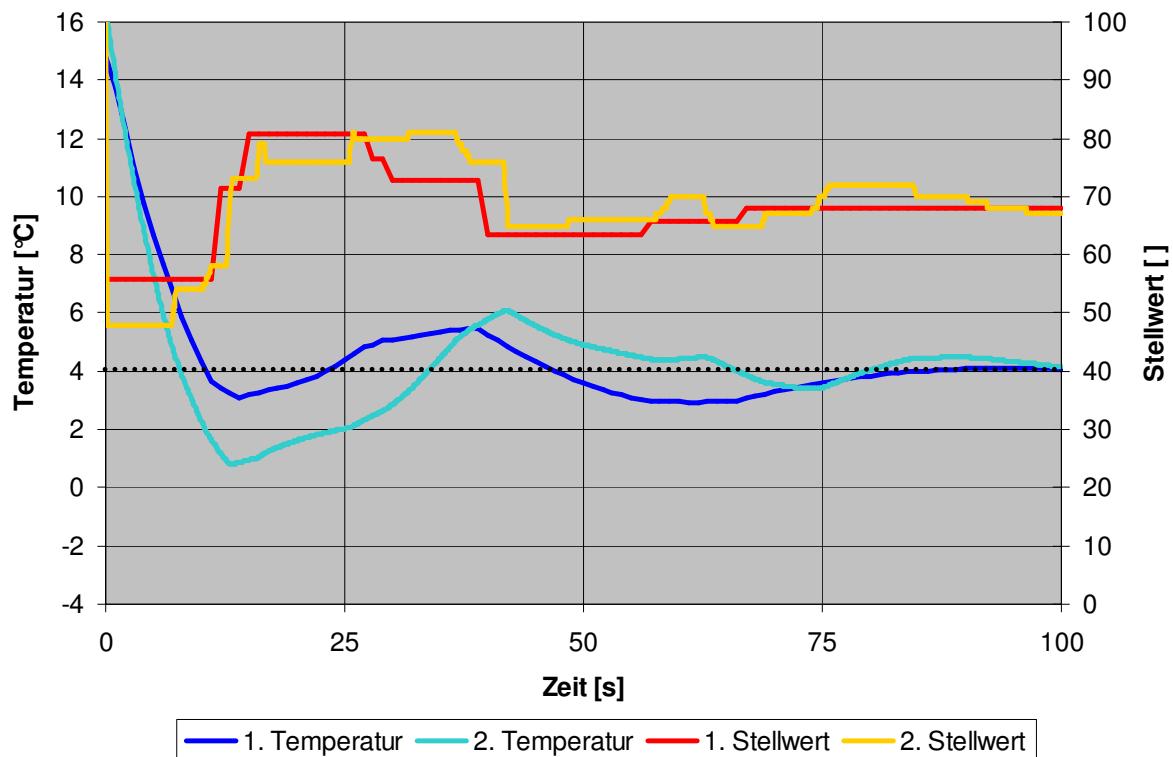


Abbildung 32 - Vergleich: 1. und 2. Versuch (neutral)

Bei diesem Probanden lässt sich keine gravierender Unterschied der Verläufe von Temperatur und Stellwert aus dem 1. und 2. Versuch erkennen. Sowohl die Anzahl der Stellwertänderungen als auch der Bereich, indem diese geändert werden, ist bei beiden Versuchen nahezu identisch. Daraus resultierend ist der Temperaturverlauf ebenfalls sehr ähnlich und unterscheidet sich nur minimal.

Dieser Proband hat die Erfahrung aus dem ersten Versuch nicht positiv im zweiten Versuch einbringen können, sondern hat unvoreingenommen mit der gleichen Taktik geregelt.

## 6.2 Positive Strategieänderung

In der Abbildung 33 ist der Temperaturverlauf (dunkelblau) und Stellwertverlauf (rot) der ersten Messung visualisiert. Ebenfalls enthält diese Abbildung die Verläufe der Temperatur (hellblau) und der Stellwerte (orange) aus der zweiten Messung. Alle Verläufe innerhalb einer Abbildung spiegeln die Daten eines einzelnen Probanden wider.

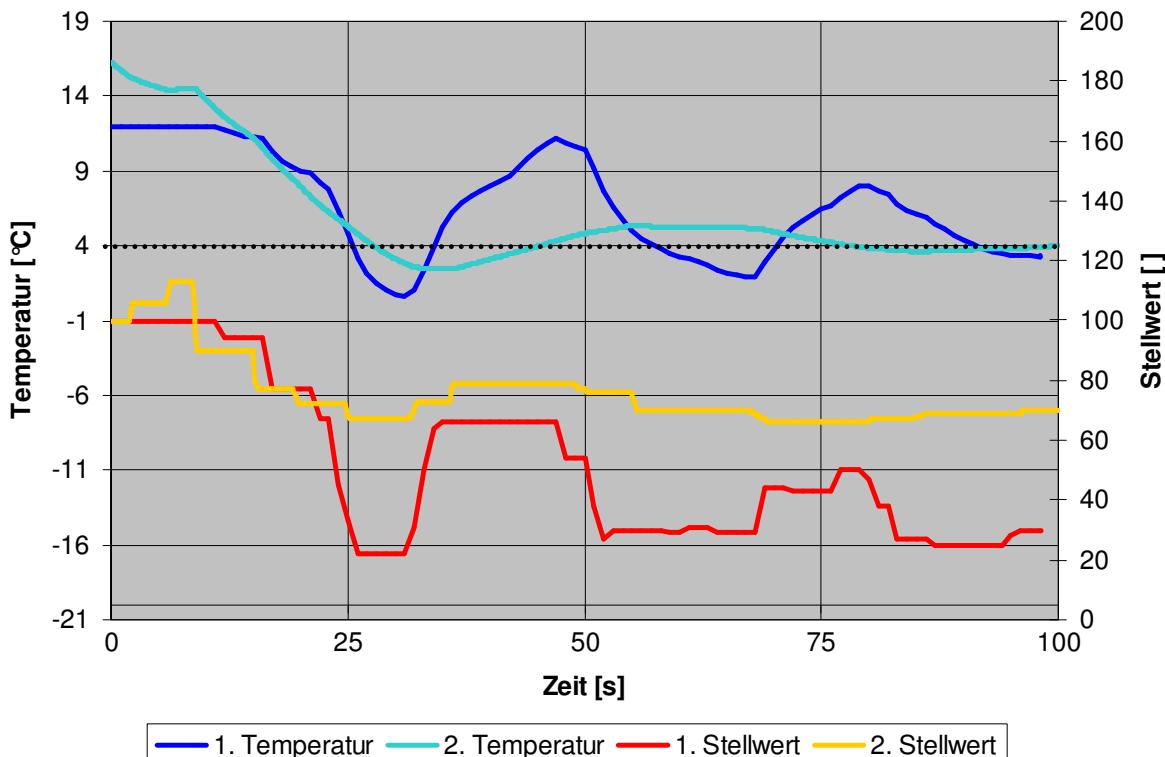


Abbildung 33 - Vergleich: 1. und 2. Versuch (positiv)

Beim ersten Versuch ändern sich die Stelleingriffe des Probanden anfänglich in einen großen Bereich. Zum Ende der Versuchszeit pendelt der Stellwert in einem immer geringeren Bereich um den stationären Endwert. Der Temperaturverlauf ist daher Anfangs stark schwankend. Der stationäre Endwert von 4°C wird am Ende der 100 Sekunden nahezu erreicht.

Am zweiten Versuch wird deutlich, dass der Proband seine Strategie aufgrund der Erfahrung aus dem ersten Versuch angepasst hat. Das Wissen, mit kleineren und ruhigeren Eingriffen die Temperatur besser regeln zu können, wird in den 2. Versuch übertragen. Gleich am Anfang wird ein zu starkes Absinken der Temperatur durch Stellwerterhöhungen unterbunden. Die Stellwerte werden ab dem zweiten Quartal nur in einem geringen Maß geändert. Dieses führt zu einem deutlich ruhigeren Temperaturverlauf, der sowohl in der Summe seiner Abweichung zu 4°C als auch beim verbleiben im Toleranzband von  $4^{\circ}\text{C}^{+0,5^{\circ}\text{C}}$  deutlich verbessert ist.

### 6.3 Negative Strategieänderung

In der Abbildung 34 ist der Temperaturverlauf (dunkelblau) und Stellwertverlauf (rot) der ersten Messung visualisiert. Ebenfalls enthält diese Abbildung die Verläufe der Temperatur (hellblau) und der Stellwerte (orange) aus der zweiten Messung. Alle Verläufe innerhalb einer Abbildung spiegeln die Daten eines einzelnen Probanden wider.

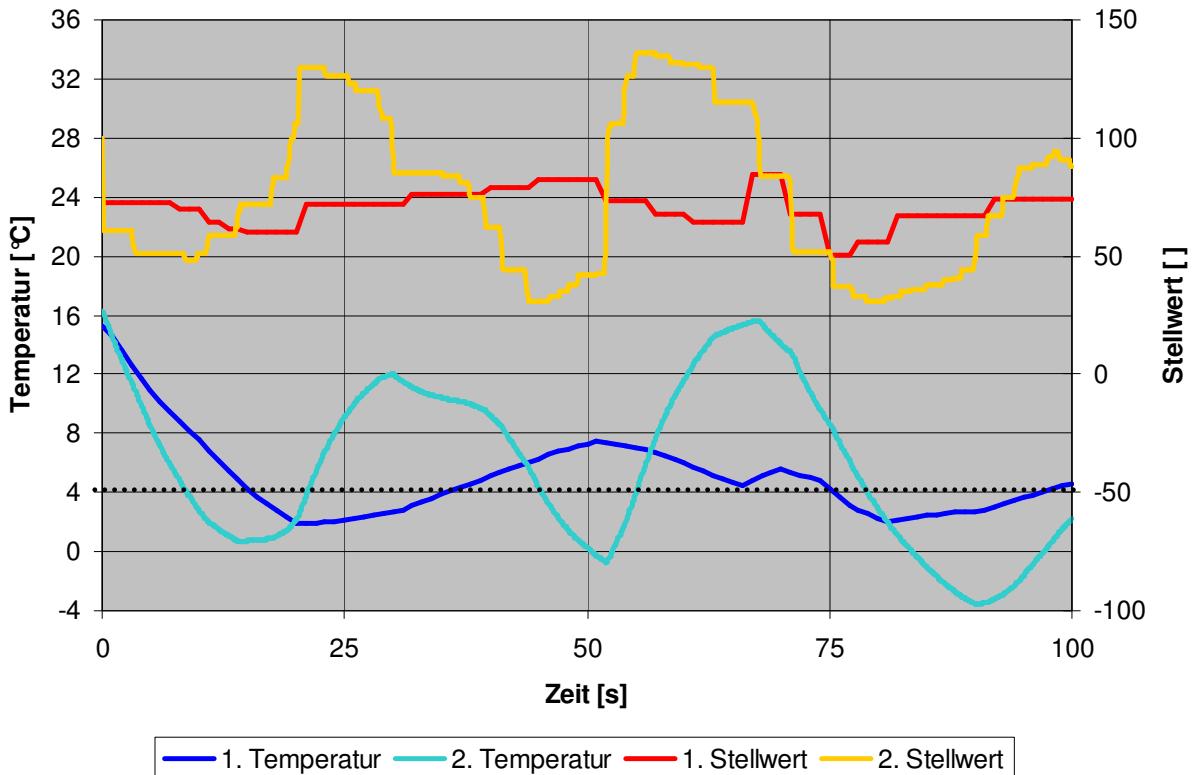


Abbildung 34 - Vergleich: 1. und 2. Versuch (negativ)

Der Proband verstellt im ersten Versuch sehr häufig den Stellwert. Obwohl die Stellwerte nicht in einem Großen Wertebereich verstellt werden, gelingt es dem Probanden nicht, innerhalb der 100 Sekunden den stationären Endwert von 4°C einzustellen. Die Temperatur pendelt schon ab dem ersten Quartal mit einer Toleranz von etwa  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  um diesen Endwert. Die Verläufe des 2. Versuchs zeigen eine deutliche Änderung der Strategie. Die Stellwerte sind nun in einem deutlich größeren Rahmen verändert worden als bei dem ersten Versuch. Diese Strategieänderung zeigt jedoch eine negative Änderung bezogen auf die statische Regelung von 4°C. Der Verlauf lässt sich als instabile Regelung durch aufschwingende Temperaturabweichungen klassifizieren.

## 6.4 Statistische Auswertungen

Die folgenden drei Diagramme zeigen die Veränderung der Temperaturverläufe eines jeden Probanden. Dabei ist die Änderung im Verlauf und auf den stationären Endwert bezogen in einem Histogramm dargestellt. Die ersten drei Histogramme sind jeweils für einen Fachbereich dargestellt. Die Verbesserung bzw. Verschlechterung ist nicht als Vergleich zwischen den Probanden zu sehen, sondern ist nur ein Maß für die Entwicklung vom 1. Versuch zum 2. Versuch innerhalb des jeweiligen Probanden. Der absolute Gütegrad der Regelung bleibt hierbei unbeachtet.

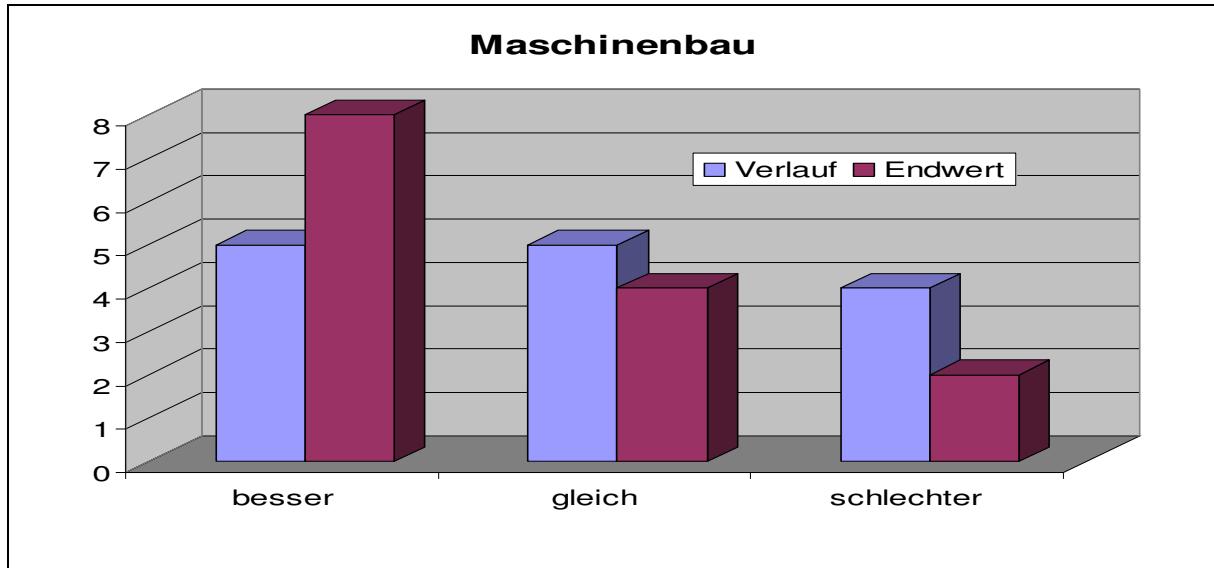


Abbildung 35 - Veränderungen im Temperaturverlauf (Maschinenbau)

Es lässt sich erkennen, dass sich ein mehr als die Hälfte der Probanden aus dem Fachbereich Maschinenbau in Bezug auf das erreichen des Endwertes verbessern konnten. Auch in Bezug auf einen qualitativ besseren Verlauf könnten sich etwa 1/3 dieser Probanden verbessern. Etwa 1/3 blieben in Bezug auf den Verlauf und Endwert gleich dem Ergebnis aus dem Ersten Versuch. Bei einer geringen Anzahl der Verläufe trat eine Verschlechterung von Verlauf und vom Endwert auf.

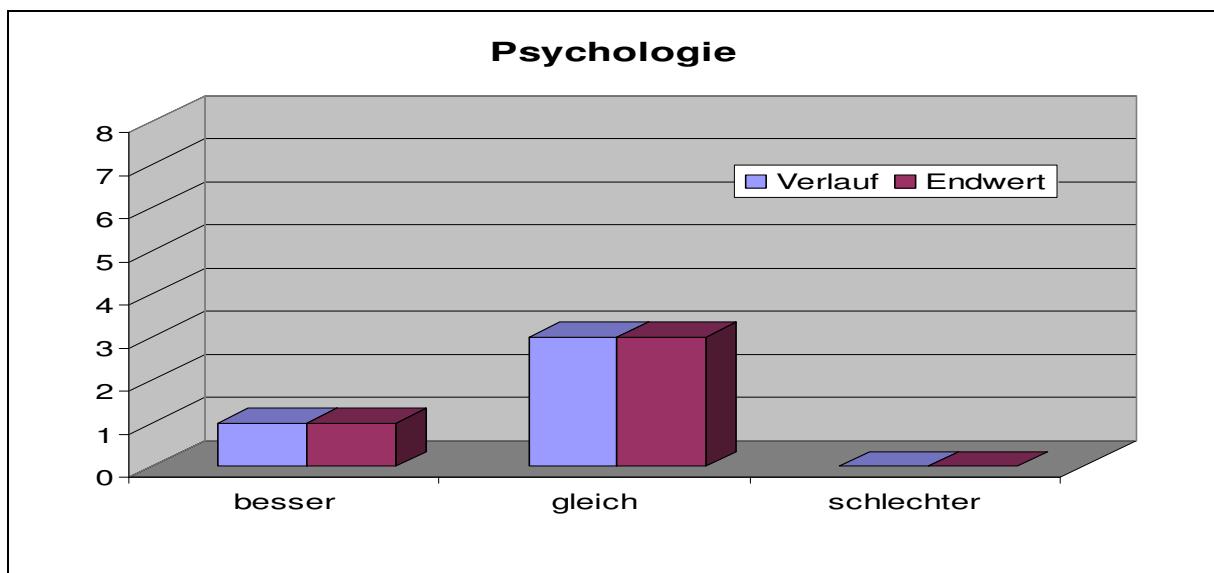


Abbildung 36 - Veränderungen im Temperaturverlauf (Psychologie)

Bei den Psychologen ist aufgrund der geringen Anzahl an Probanden (4 Probanden) nur bedingt eine Aussage zu tätigen.

Tendenziell lässt sich bei  $\frac{1}{4}$  eine Verbesserung des Verlaufes und beim Erreichen des Endwertes erkennen. Der Rest der Probanden hat sich weder verschlechtert noch verbessert.

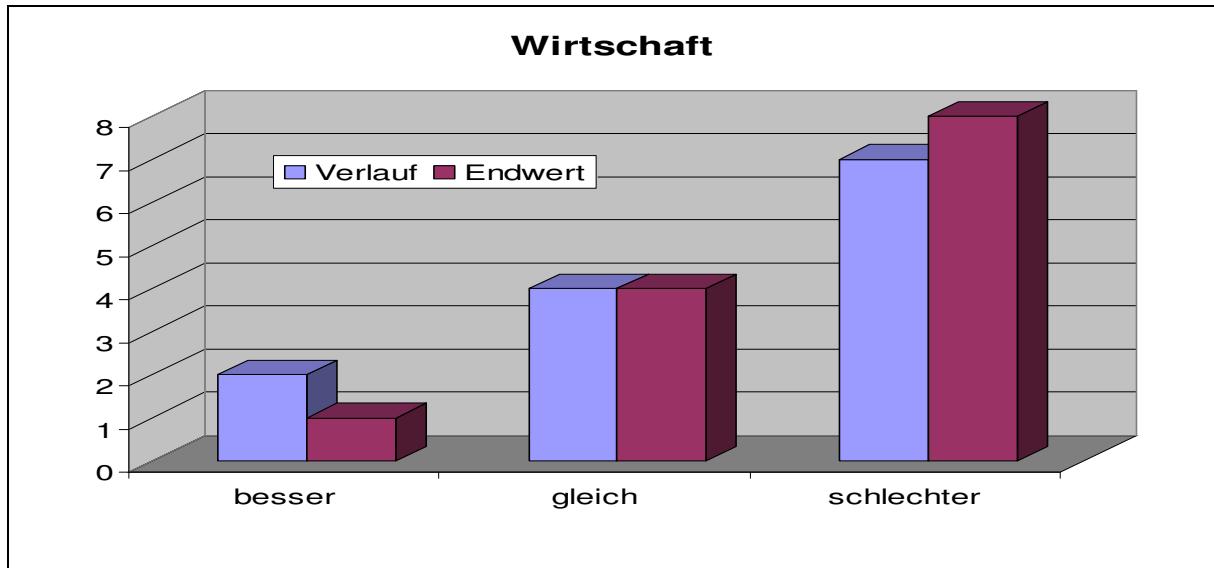


Abbildung 37 - Veränderungen im Temperaturverlauf (Wirtschaft)

Bei den Wirtschaftlern lässt sich eine Tendenz erkennen, die der aus dem Fachbereich Maschinenbau entgegengesetzt ist. Hier lässt sich bei einem Großteil der Verläufe eine allgemeine Verschlechterung erkennen. Nur ein geringer Prozentsatz weißt eine Verbesserung im Verlauf und im Endwert auf.

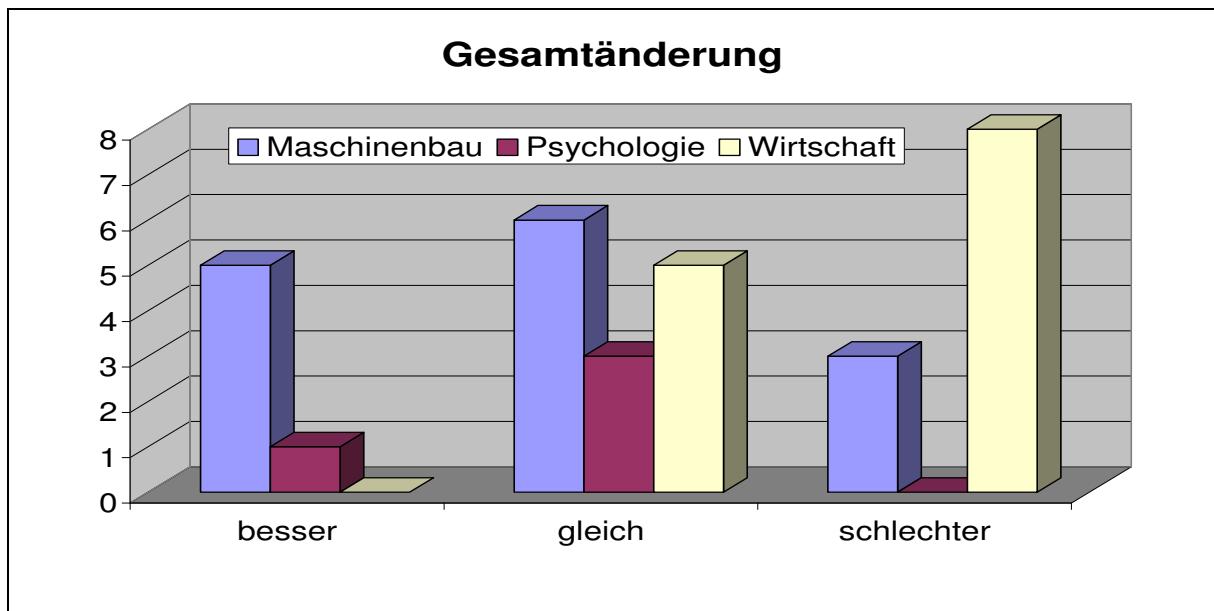


Abbildung 38 - Veränderungen im Temperaturverlauf (alle Gruppen)

Anhand der Abbildung 38 ist die Gesamtänderung (Verlauf+Endwert) aller gestesteten Fachbereiche in einem Histogramm dargestellt. Dabei ist die jeweilige Verbesserung/Verschlechterung eines Probanden vom Verlauf und vom Endwert zu einer Gesamtänderung zusammengefasst. Dargestellt sind die absoluten Häufigkeiten der Gesamtänderungen für die jeweilige Fachrichtung.

Es geht daraus hervor, dass die Probanden des Fachbereichs Maschinenbau zum kleinen Teil verschlechtert haben. Etwa 40% der Ergebnisse haben keinerlei Gesamtänderung aufgezeigt und etwa 1/3 könnten sich insgesamt verbessern.

Im Fachbereich Wirtschaft dagegen könnte sich niemand insgesamt verbessern, sondern der größte Anteil hat sich zum 2. Versuch hin verschlechtert. Ein möglicher Grund hierfür wäre die fehlende Zeit zum Überlegen beim 2. Programm, da es hierbei keine Pause-Funktion gibt. Auch eine gewisse Experimentierfreude bei der Strategiefindung bzw. -änderung ist als Grund durchaus denkbar.

Die Änderungen aus dem Bereich Psychologie sind aufgrund der geringen Probandenanzahl nicht aussagekräftig, zeigen aber eine gewisse Tendenz mit Ähnlichkeit zum Bereich Maschinenbau auf.

Es sei Abschließend nochmals erwähnt, dass es sich hierbei um relative Verbesserungen eines jeden einzelnen Probanden handelt und daher keine Aussage darüber getroffen werden kann, wie stark die Verbesserung/Verschlechterung, bzw. die absolute Güte der Temperaturregelung dabei ist

## **6.5 Zusammenfassung**

Es zeigt sich, dass bei einigen Probanden eine positive Strategieänderung als auch eine negative Strategieänderung vom ersten zum zweiten Programm stattgefunden hat. Dieses wird anhand der Abbildung 32 bis Abbildung 34 sehr gut deutlich. Insgesamt lässt sich jedoch nur schwer eine Aussage darüber treffen, inwiefern man dabei diese Änderungen bestimmten Fachbereichen zuordnen kann. Tendenzen zur positiven Strategieänderung lassen sich bei den Fachbereichen Maschinenbau und Psychologie erkennen; die Probanden aus Bereich Wirtschaft haben sich dagegen nicht in dem Maße zu ihrem jeweiligen ersten Versuch verbessern können.

## 7 Ausblick

Abschließend sollen ein paar Aussagen über den weiteren Einsatz der Programme und der Analysen getätigt werden.

Der entscheidende Faktor bei den absolvierten Untersuchungen ist die begrenzte Anzahl an Probanden. Ganz besonders bei insgesamt nur vier Probanden aus dem Bereich der Psychologie ist eine Aussage über diese Gruppe eigentlich nicht machbar. Aber auch die Anzahl der Probanden aus der Fachbereichen Maschinenbau und Wirtschaft ist für ein wirklich aussagekräftiges Ergebnis zu gering, so dass Vergleiche zwischen diesen drei Gruppen mit äußerster Vorsicht zu behandeln sind.

Als zweiten Kritikpunkt sind die unterschiedlichen Programme zu nennen. Es ist zwar ein interessantes Kriterium, unterschiedliche Programme zu verwenden, jedoch lassen sich Strategieänderungen und Lerneffekte nur bedingt analysieren. Die Programme unterscheiden sich leider nicht nur durch ihr Äußeres oder durch die Pausefunktion beim Verstellen, sondern auch durch ihre Parameter in der Temperaturfunktion. Daher reagieren die Programme recht unterschiedlich, sodass der Proband beim 2. Versuch mit einem nahezu neuen Problem konfrontiert wird. Daher kann man nur bedingt das aus dem 1. Versuch erlernte beim 2. Versuch anwenden. Alternativ wäre eine kreuzweise Durchführung denkbar, in der Teilgruppen in unterschiedlicher Reihenfolge die Programme durchlaufen, um somit die Schwierigkeit der Programme mit in die Analyse mit einfließen lassen zu können.

Ob sich ein Programm mit der kontinuierlichen Verstellung überhaupt als sinnvoll erweist bleibt fragwürdig. Die Auswertung ist dadurch nicht eindeutig durchführbar, da keine definierten Eingriffe zu konkreten Zeitpunkten stattfinden. Auch ist die Eingabe am kontinuierlichen Schieberegler aufgrund seiner Beschaffenheit nicht sehr genau durch den Probanden einzustellen, was ebenfalls einen Nachteil darstellt.

Allgemein hat sich gezeigt, dass die Programme bzw. der Temperaturverlauf entgegen der Erwartung recht einfach zu beherrschen sind, sodass ein sehr hoher Prozentsatz innerhalb der 100 Sekunden an das Ziel der stationären 4°C gekommen ist. Daher wäre ein Verbesserungsvorschlag, die Parameter zu verschärfen, in Zusammenhang dazu jedoch die Versuchszeit deutlich zu erhöhen. Dadurch ist der Proband vielmehr gezwungen als zuvor, eine Strategie zu entwickeln, um das Ziel zu erreichen. Es ließe sich möglicherweise die Strategieentwicklung schon innerhalb eines Versuches klar aufzeigen.

Eine Verfeinerung der Befragung, wie z.B. Fragen speziell zur Strategie vor dem Versuchsstart und Begründung einzelner markanter Entscheidungen nach dem Versuch, gäbe hilfreiche Information über den Probanden für die spätere Auswertung.

Abschließend wäre es sicher sehr interessant, nicht nur Studenten unterschiedlicher Fachrichtungen als Probanden zu gewinnen, sondern Personen aus allen Berufsfeldern, Altersgruppen und sozialen Schichten in die Versuche mit einzubinden. Dort lassen sich Unterschiede unter Umständen viel stärker aufzeigen, als unter den bislang untersuchten Personengruppen.

An dieser Stelle möchte ich mich im Namen dieser Projektgruppe neben den involvierten Professoren bei allen teilnehmenden Probanden sehr für Ihre Motivation und die Geduld bedanken, an diesem Versuch mitzuwirken, obwohl die Wartezeiten bei den Durchführungen teilweise länger als erwartet waren.

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1(1b): Vorstellung der grafischen Oberfläche .....	15
Abbildung 2(1b): Bibliothek der LabVIEW-Elemente .....	17
Abbildung 3(1b): Blockschaltbild der Simulation.....	18
Abbildung 4(1b): Hauptfenster der Simulation.....	19
Abbildung 5(1b): Darstellungsfenster des Temperaturverlauf mit Stelleingriffen.....	19
Abbildung 6(1b): Formularfenster für das Interview.....	20
Abbildung 1(2): Excel Programmbedienung .....	23
Abbildung 2(2): Diagramm der Versuchsdaten.....	25
Abbildung 3(2): Bedienoberfläche des Simulationsprogramms .....	27
Abbildung 1 - Temperatur- und Stellwertverlauf eines Probenden der Typengruppe A .....	42
Abbildung 2 - Temperatur- und Stellwertverlauf eines Probenden der Typengruppe B .....	43
Abbildung 3 - Temperatur- und Stellwertverlauf eines Probenden der Typengruppe C .....	43
Abbildung 4 - Prozentuale Verteilung der Probanden auf die Verhaltensweisen .....	44
Abbildung 5 - Durchschnittliche Anzahl der Stellwertänderungen bezogen auf die „Typen“ .....	44
Abbildung 6 - Prozentuale Verteilung der Geschlechter auf die Verhaltensweisen.....	45
Abbildung 7 - Prozentuale Verteilung der Verhaltensweisen auf die Fachbereiche .....	46
Abbildung 8 - Korrektheit der Selbstschätzung bezogen auf das Geschlecht .....	46
Abbildung 9 - Korrektheit der Selbstschätzung bezogen auf die Fachbereiche .....	47
Abbildung 10: Erstmaliges Erreichen von 4,5°C / Vergleich der drei Programme.....	53
Abbildung 11: Erstmaliges Erreichen von 4,5°C / Vergleich Programme 1a) + b) mit Programm 2.....	54
Abbildung 12: Erstmaliges Erreichen von 4,5°C / Vergleich der Probandengruppen .....	54
Abbildung 13: Einpendeln der Temperatur / Vergleich der Programme.....	55
Abbildung 14: Einpendeln der Temperatur / Vergleich 1. und 2. Programm .....	56
Abbildung 15: Einpendeln der Temperatur / Vergleich der Gruppen .....	56
Abbildung 16: Anzahl an Stelleingriffen / Vergleich vom Programm 1a) und 1b) .....	57
Abbildung 17: Häufigkeit der Stelleingriffe im 1. Quartal .....	57
Abbildung 18: Häufigkeit der Stelleingriffe im 2. Quartal .....	58
Abbildung 19: Häufigkeit der Stelleingriffe im 3. Quartal .....	58
Abbildung 20: Häufigkeit der Stelleingriffe im 4. Quartal .....	59
Abbildung 21: Anzahl der Stelleingriffe / Vergleich der Geschlechter .....	59
Abbildung 22: Gemittelte Pausenzeit / Vergleich Programm 1a) und 1b) .....	60
Abbildung 23 - Vergleich: 1. und 2. Versuch (neutral) .....	61
Abbildung 24 - Vergleich: 1. und 2. Versuch (positiv) .....	62
Abbildung 25 - Vergleich: 1. und 2. Versuch (negativ).....	63
Abbildung 26 - Veränderungen im Temperaturverlauf (Maschinenbau) .....	64
Abbildung 27 - Veränderungen im Temperaturverlauf (Psychologie) .....	64
Abbildung 28 - Veränderungen im Temperaturverlauf (Wirtschaft).....	65
Abbildung 29 - Veränderungen im Temperaturverlauf (alle Gruppen) .....	65

## 9 Anhang