

Angabe 1

Untertitel

Daniel Graf, Dimitrie Diez, Arne Schöntag, Peter Müller

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
2	Messexperiment	2
3	Überprüfung auf Normalverteilung	2
4	Lineare Regression 2017	2
4.1	Prüfung auf eine einfache Abhängigkeit	2
4.1.1	Wunschgeschwindigkeit in der Ebene	3
4.1.2	Körpergröße	8
4.1.3	Rundennummer	10
4.2	Mehrere Abhängigkeiten	12
4.2.1	Ebenengeschwindigkeit und Größe	12
4.2.2	Ebenengeschwindigkeit, Größe und Rundennummer	15
4.3	Konditionierung	16
5	Lineare Regression 2012	16
5.1	Prüfung auf eine einfache Abhängigkeit	16
5.1.1	Wunschgeschwindigkeit in der Ebene	16
5.1.2	Körpergröße	21
5.1.3	Rundennummer	21
5.2	Mehrere Abhängigkeiten	26
5.2.1	Ebenengeschwindigkeit und Größe	26
5.2.2	Ebenengeschwindigkeit, Größe und Rundennummer	29
6	Ergebnisse	30
7	Ermitteltes Modell	30
8	Vergleich mit Daten aus 2012	30
8.1	Überprüfung auf Normalverteilung	30

8.2	Lineare Regression	30
8.3	Vergleich	30
9	Verbund von alten und neuen Daten	30
10	Fazit	30

1 Einführung

2 Messexperiment

Das Messexperiment wurde am 05.04.2017 im Lichthof der Hochschule München (Lothstraße 64) durchgeführt. Es nahmen 22 Probanden im Alter von 20 – 29 Jahren teil. Das Experiment bestand aus drei Teilen.

Zunächst wurde die Wunschgeschwindigkeit in der Ebene gemessen. Hierfür ging jeder Proband eine markierte Strecke von 27,3m ab und stoppte die hierfür benötigte Zeit. Anschließend wurde dieser Vorgang zweimal wiederholt und die entsprechende Rundenummer vermerkt. Im zweiten Teil erfolgte die Messung der benötigten Zeit für einen Treppenaufstieg. Die Treppenlänge betrug 9m. Jeder Proband führte den Vorgang dreimal durch und vermerkte die benötigte Zeit und die entsprechende Rundenummer. Analog hierzu wurde im dritten Teil des Experiments die Zeit beim Treppenabstieg gemessen.

Neben den gemessenen Zeiten in jeder Runde, dem Alter und der Körpergröße ist auch das Geschlecht jedes Probanden bekannt. Weitere Informationen sind in der beiliegenden Versuchsbeschreibung Choreographie_Treppengeschwindigkeit_2017 aufgeführt. In den folgenden Kapiteln erfolgt die Auswertung der ermittelten Messwerte.

3 Überprüfung auf Normalverteilung

4 Lineare Regression 2017

Um Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang der Treppengeschwindigkeit mit weiteren durch das Messexperiment ermittelten Größen zu finden, wird eine lineare Regression angewandt.

Die hier betrachteten Größen sind Wunschgeschwindigkeit (in der Ebene), Körpergröße und Rundenummer. Es wird gesondert die Treppengeschwindigkeit aufwärts und abwärts betrachtet. Zunächst wird nur auf eine Abhängigkeit überprüft, danach die Abhängigkeit von mehreren kombinierten Größen. Die Zusammenhänge werden bezüglich ihrer Plausibilität bewertet.

4.1 Prüfung auf eine einfache Abhängigkeit

Hier werden sechs Gleichungen mittels linearer Regression ermittelt:

$$v_{auf}(v_{ebene}) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene}$$

$$v_{ab}(v_{ebene}) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene}$$

$$v_{auf}(groesse) = \beta_0 + \beta_1 groesse$$

$$v_{ab}(groesse) = \beta_0 + \beta_1 groesse$$

$$v_{auf}(runde) = \beta_0 + \beta_1 runde$$

$$v_{ab}(runde) = \beta_0 + \beta_1 runde$$

4.1.1 Wunschgeschwindigkeit in der Ebene

Für die Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene wurde der Zusammenhang wie in den Formeln für die Treppengeschwindigkeit aufwärts (13) und abwärts (14) ermittelt.

$$v_{auf}(v_{ebene}) = 0.294389 + 0.393467 v_{ebene} \quad (1)$$

$$v_{ab}(v_{ebene}) = 0.475883 + 0.453419 v_{ebene} \quad (2)$$

Beide Steigungen sind positiv. Hat ein Proband eine schnellere Wunschgeschwindigkeit in der Ebene, verhält er sich auch schneller auf der Treppe. Die Abbildungen 13 und 14 stellen dies grafisch dar.

In Abbildung 13 sind wieder deutlich die schon in der Betrachtung zur Normalverteilung erwähnten Ausreißer zu erkennen. Deshalb wurde die lineare Regression für den gefilterten Messdatensatz (nur Datensätze ohne Bemerkung) durchgeführt. Es ergeben sich neue Formeln für die Treppengeschwindigkeit aufwärts (15) und abwärts (16). Dazu gehören Abbildungen 15 und 16. Die Ausreißer wurden in der Regression hier nicht verwendet, sind aber hervorgehoben eingezeichnet. Bei der Treppengeschwindigkeit sind es deutlich mehr Ausreißer und sie fallen alle in den schnelleren Bereich. Die Regressionsgerade für die Daten ohne Ausreißer liegt dementsprechend etwas weiter unter (langsamer) im Vergleich zu Abbildung 13. Bei Abbildung 16 sind es nur vier Ausreißer. Sie sind auch stärker gestreut. Die Regressionsgerade für den Zusammenhang zur Geschwindigkeit abwärts wird nicht besonders von dem Weglassen der Ausreißer beeinflusst. Die Ausreißer werden in den weiteren Regressionen nicht genauer betrachtet. Alle Abbildungen und Plausibilisierungstests dazu sind aber als Dateien angelegt.

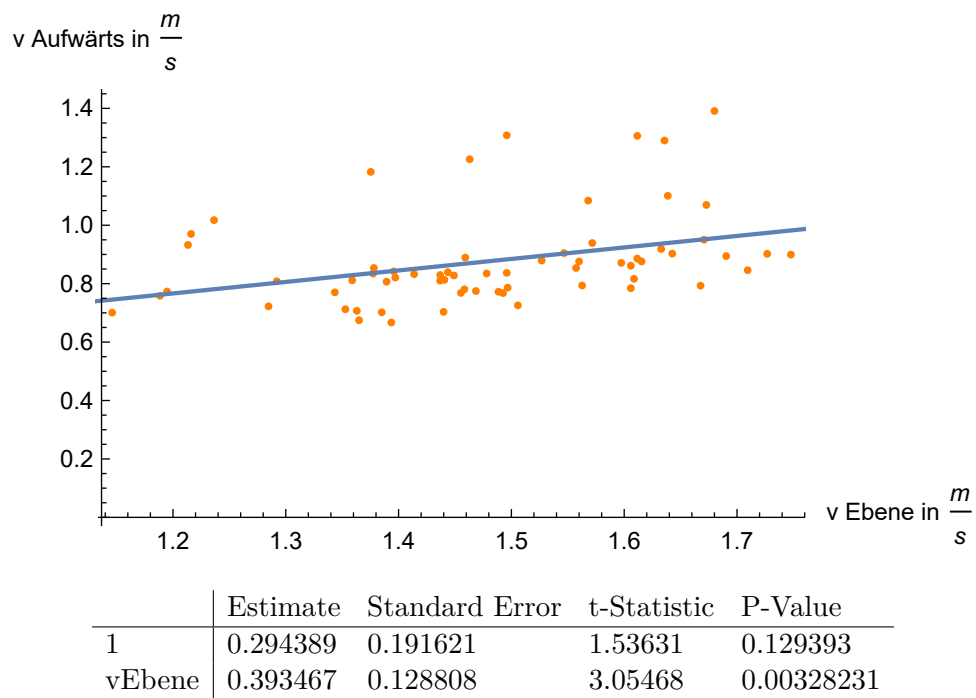


Abbildung 1: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

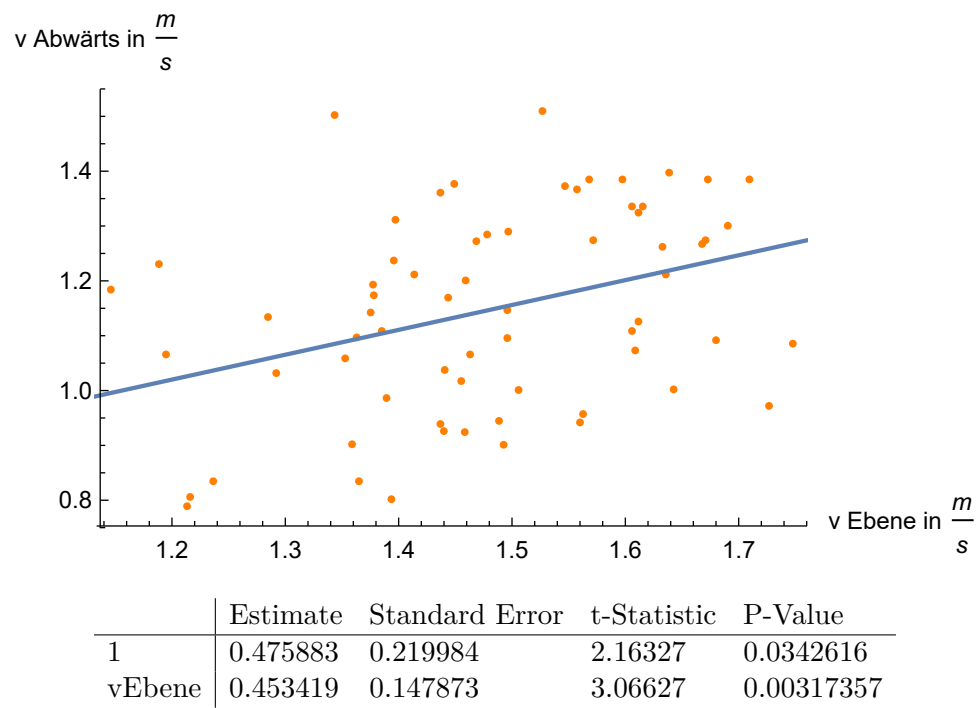
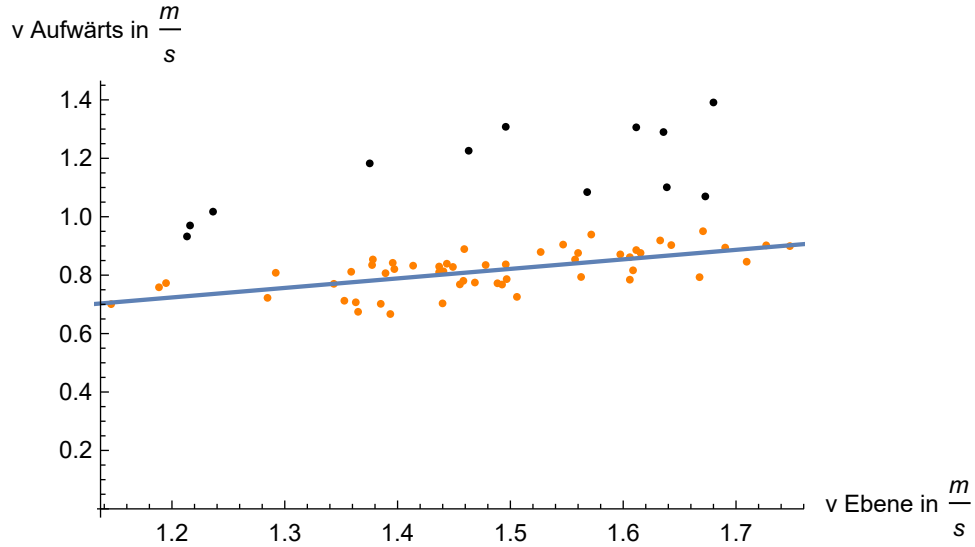


Abbildung 2: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).



	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.332577	0.0799809	4.15821	0.000120293
vEbene	0.325892	0.0538149	6.0558	1.5716478126903015 ⁻⁷

Abbildung 3: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Gefilterte Messdaten (orange) und Ausreißer (schwarz) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v'_{auf}(v_{ebene}) = 0.332577 + 0.325892v_{ebene} \quad (3)$$

$$v'_{ab}(v_{ebene}) = 0.440848 + 0.478525v_{ebene} \quad (4)$$

Für die Plausibilisierung der Regression wird die Nullhypothese $H_0 : \beta_1 = 0$ aufgestellt. Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$. Die Ergebnisse des Tests sind in Abbildung 13 zu sehen. Signifikanz liegt vor, weil $p < \alpha$. Man verwirft die Nullhypothese. Kein Einfluss von v_{ebene} auf v_{auf} wäre unplausibel, wenn auch nicht ausgeschlossen.

Die Nullhypothese und das Signifikanzniveau sind für alle folgenden Regressionen gleich. Die Ergebnisse für den Abstieg sind in Abbildung 14 zu sehen. Signifikanz liegt vor, weil $p < \alpha$. Man verwirft die Nullhypothese. Kein Einfluss von v_{ebene} auf v_{ab} wäre unplausibel, wenn auch nicht ausgeschlossen.

4.1.2 Körpergröße

Für die Abhängigkeit Körpergröße wurde der Zusammenhang (17) und (18) ermittelt.

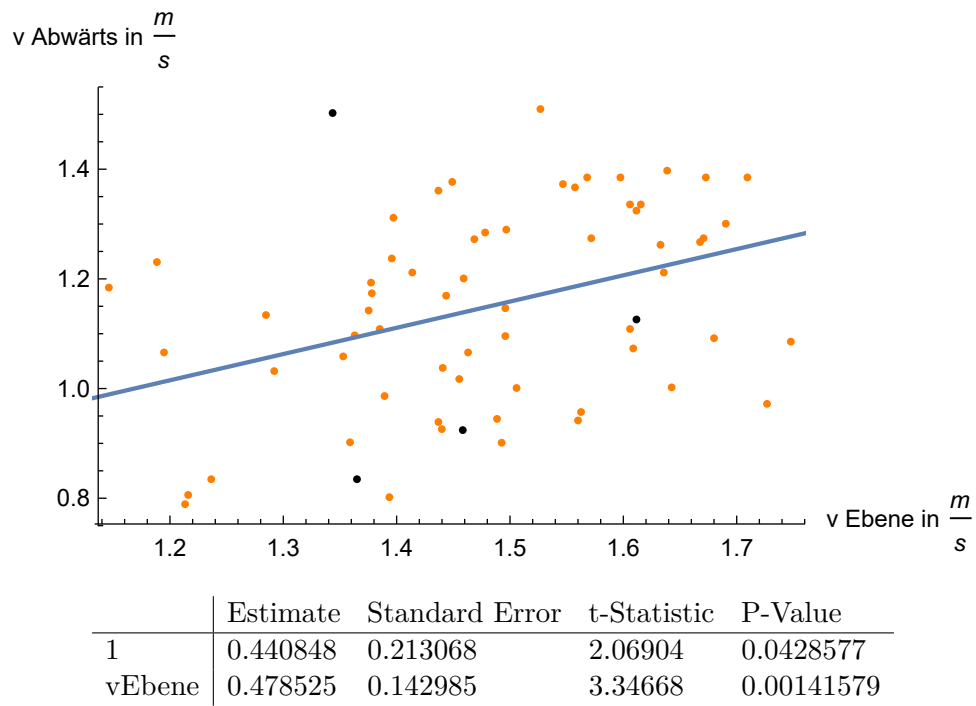


Abbildung 4: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Gefilterte Messdaten (orange) und Ausreißer (schwarz) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

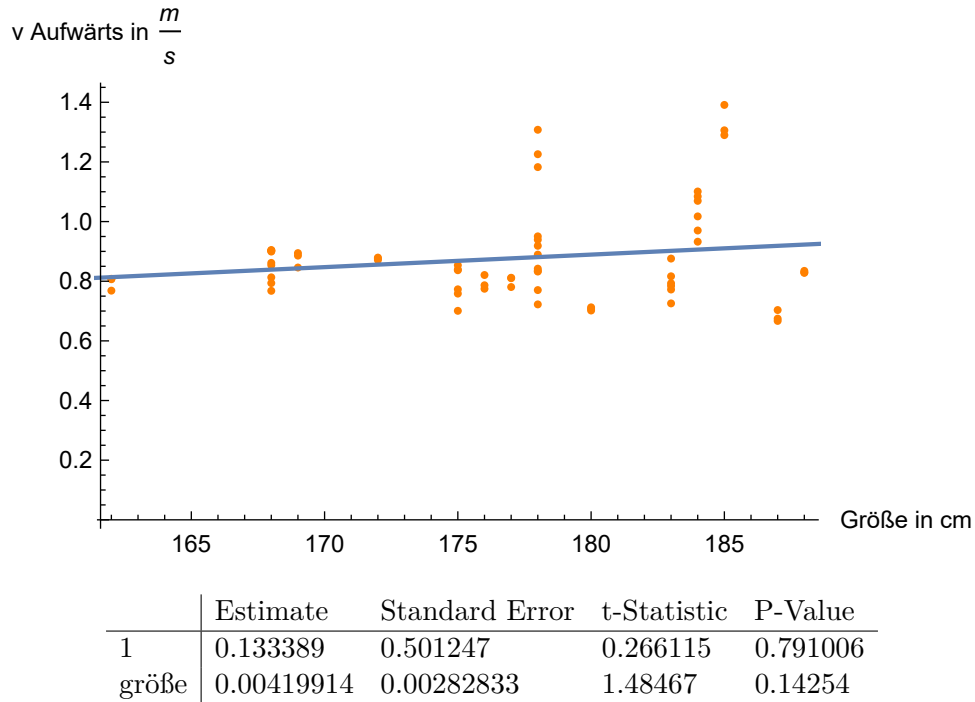


Abbildung 5: Abhängigkeit Körpergröße zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v_{auf}(groesse) = 0.133389 + 0.00419914groesse \quad (5)$$

$$v_{ab}(groesse) = 1.59558 - 0.00253145groesse \quad (6)$$

In den Abbildungen 17 und 18 ist zu sehen, dass nach dem Modell größere Personen leicht schneller Treppen besteigen, aber beim herabsteigen etwas langsamer als kleinere Personen sind.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 17): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von *groesse* auf v_{auf} ist plausibel.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 18): Signifikanz liegt vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von *groesse* auf v_{ab} ist plausibel.

4.1.3 Rundennummer

Für die Abhängigkeit Rundennummer wurde der Zusammenhang (19) und (20) ermittelt.

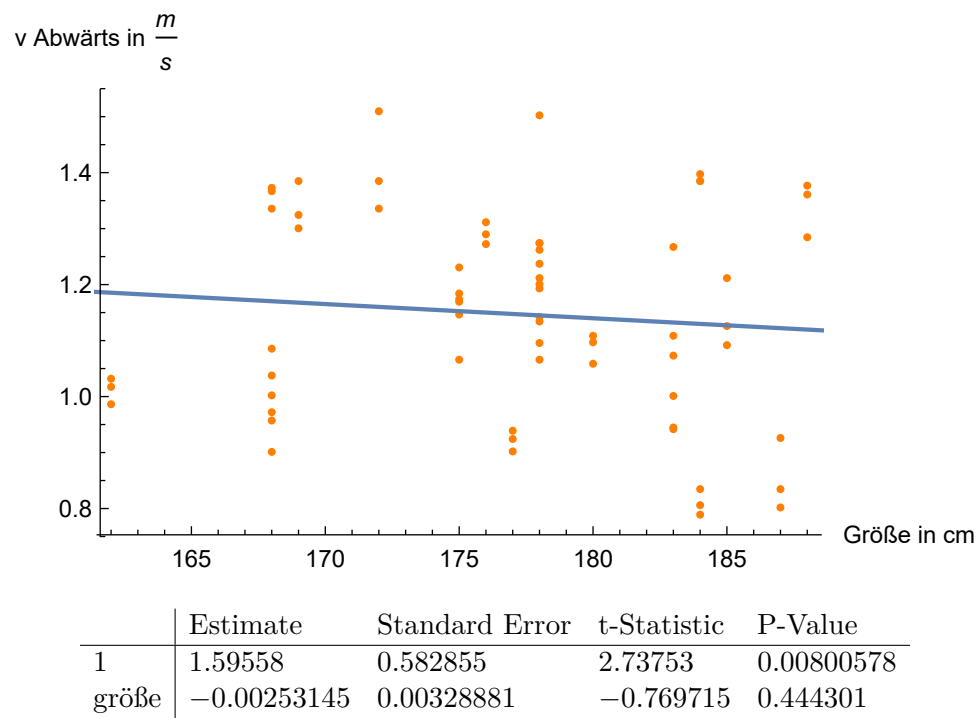


Abbildung 6: Abhängigkeit Körpergröße zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

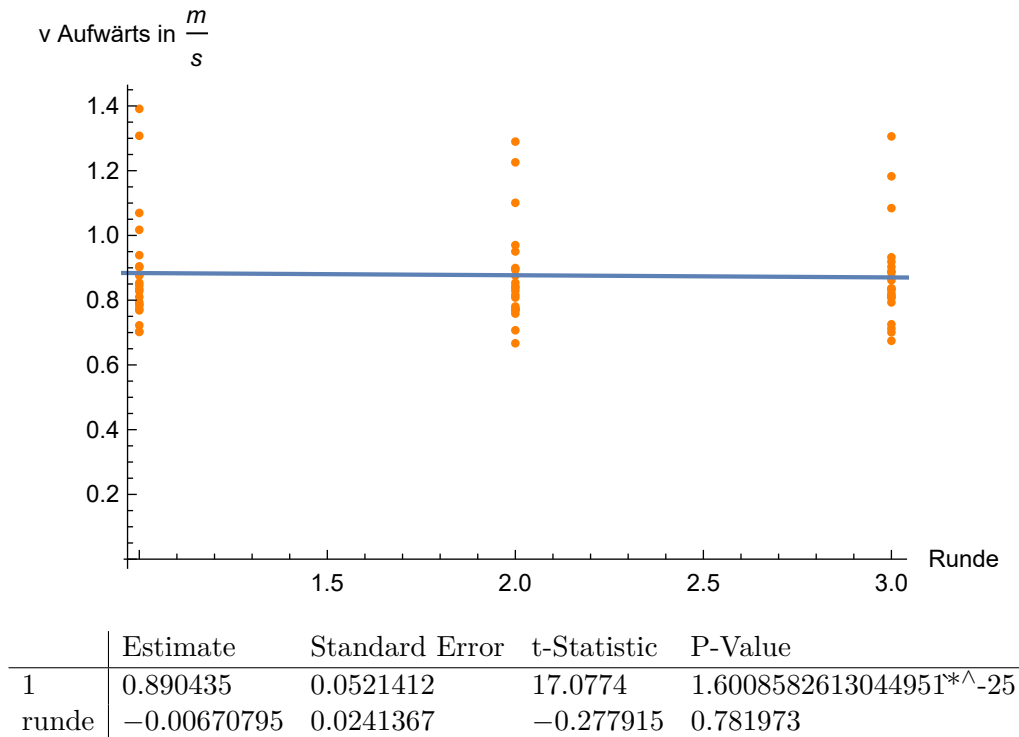


Abbildung 7: Abhängigkeit Rundennummer zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v_{auf}(runde) = 0.890435 - 0.00670795runde \quad (7)$$

$$v_{ab}(runde) = 1.14614 + 0.000574582runde \quad (8)$$

In den Abbildungen 19 und 20 ist zu sehen, dass sich nach dem Modell die Treppengeschwindigkeit bei Änderung der Runde fast nicht ändert.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 19): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von $runde$ auf v_{auf} ist plausibel.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 20): Signifikanz liegt vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von $runde$ auf v_{ab} ist plausibel.

4.2 Mehrere Abhängigkeiten

Hier werden weitere vier lineare Gleichungen mit mehreren Parametern ermittelt.

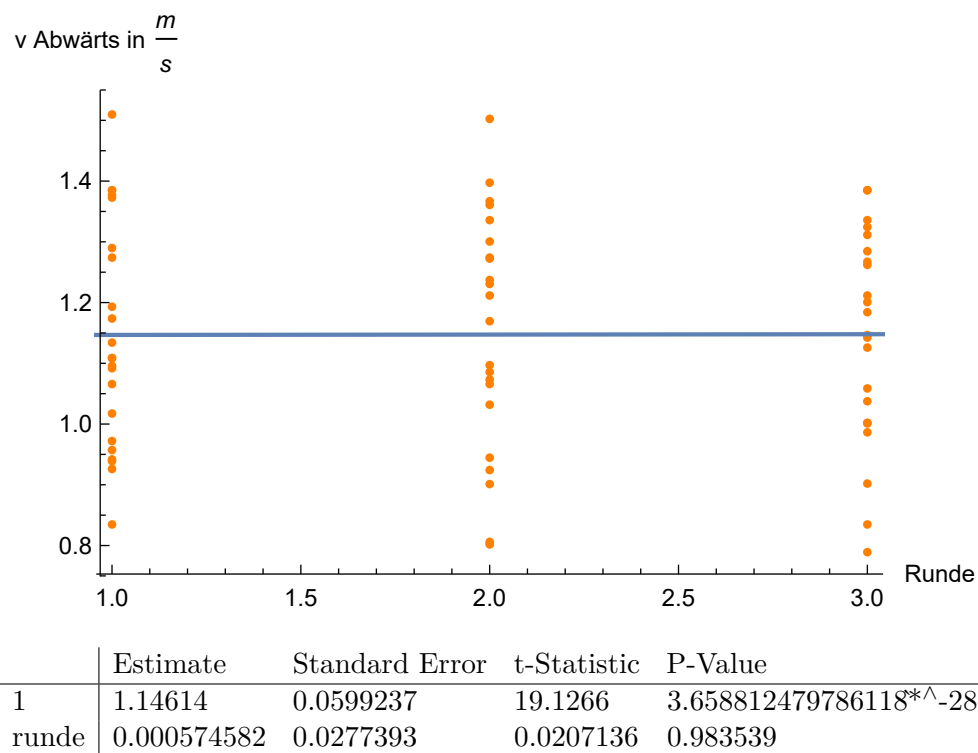


Abbildung 8: Abhängigkeit Rundennummer zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse$$

$$v_{ab}(v_{ebene}, groesse) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse$$

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse, runde) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse + \beta_3 runde$$

$$v_{ab}(v_{ebene}, groesse, runde) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse + \beta_3 runde$$

Für die Plausibilisierung der Regression wird die Nullhypothese $H_0 : \beta_1 = 0 \vee \beta_2 = 0$ bzw. $H_0 : \beta_1 = 0 \vee \beta_2 = 0 \vee \beta_3 = 0$ aufgestellt.

4.2.1 Ebenengeschwindigkeit und Größe

Für die Abhängigkeiten Wunschgeschwindigkeit in der Ebene und Körpergröße wurde der Zusammenhang (21) und (22) ermittelt.

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse) = -0.691667 + 0.425116 v_{ebene} + 0.00530344 groesse \quad (9)$$

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse) = 0.731523 + 0.445214 v_{ebene} + -0.00137494 groesse \quad (10)$$

In den Abbildungen 21 und 22 ist zu sehen, dass ein größerer Proband mit schnellerer Ebenengeschwindigkeit auch eine schnellere Treppengeschwindigkeit aufwärts erreicht. Eine schnellere Treppengeschwindigkeit abwärts wird durch einen Proband mit schnellerer Ebenengeschwindigkeit und kleinerer Größe erreicht. Eine Änderung von 50cm in der Größe wirkt sich auf das Besteigen aufwärts mit ca. 0.25m/s und abwärts mit ca. 0.05m/s aus.

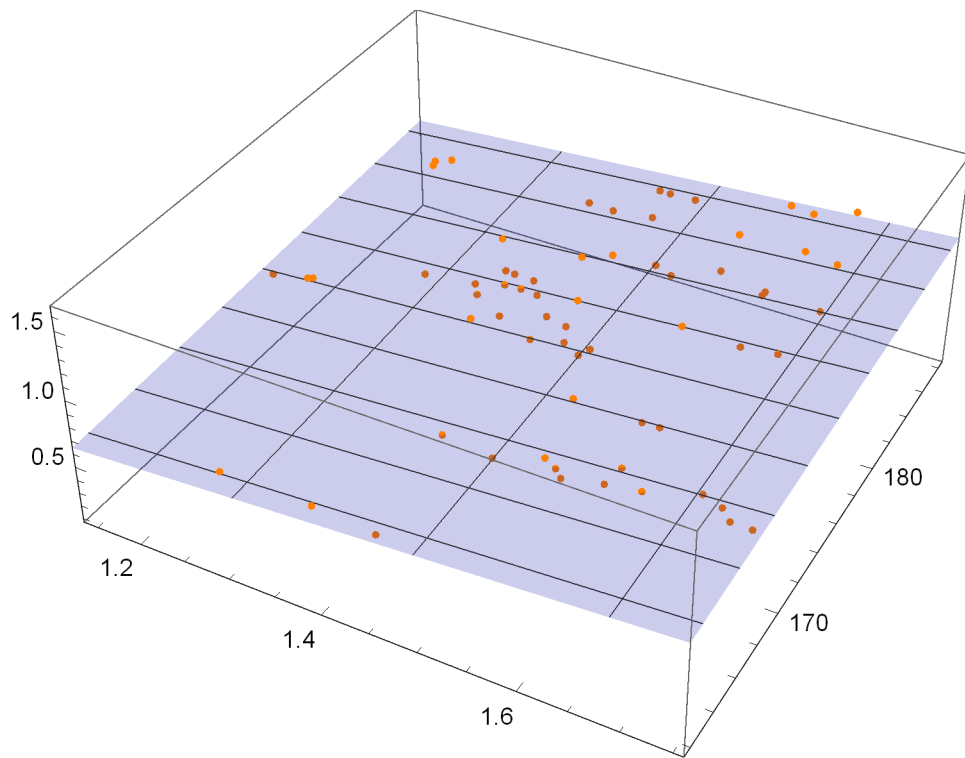
Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 21): Signifikanz liegt vor, weil beide $p < \alpha$. Man lehnt die Nullhypothese ab. Kein Einfluss von v_{ebene} und $groesse$ auf v_{auf} ist unplausibel.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 22): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p_{\beta_2} > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von v_{ebene} und $groesse$ auf v_{ab} ist plausibel.

4.2.2 Ebenengeschwindigkeit, Größe und Rundennummer

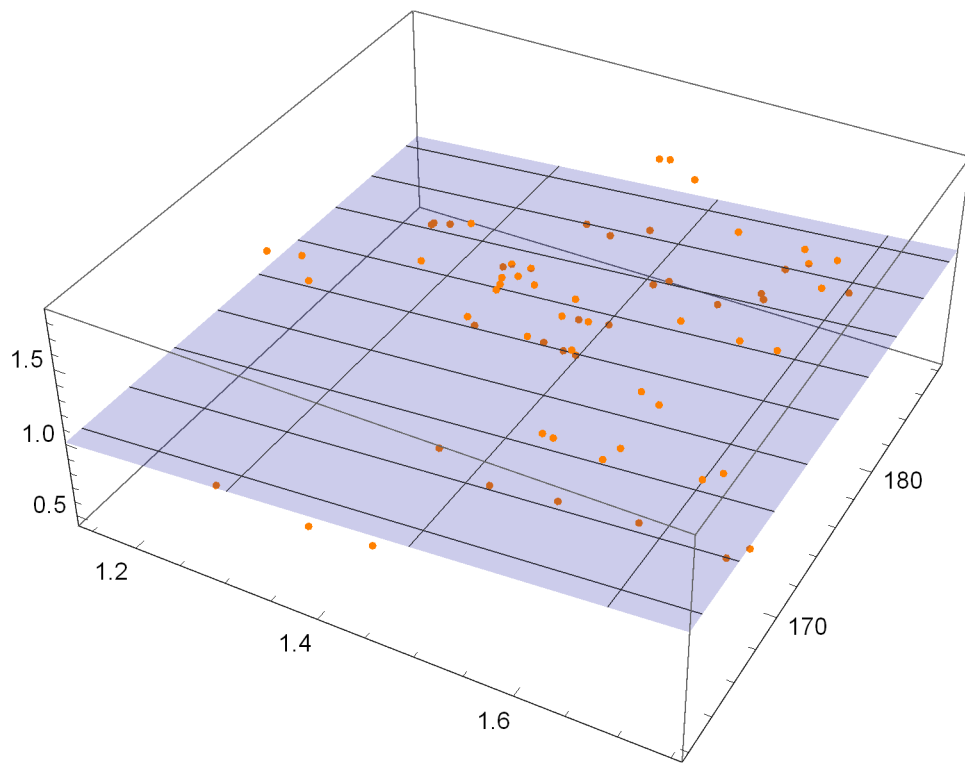
Für die Abhängigkeiten Wunschgeschwindigkeit in der Ebene, Körpergröße und Rundennummer wurde der Zusammenhang (23) und (24) ermittelt.

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse, runde) = -0.68569 + 0.424337 v_{ebene} + 0.00530141 groesse + -0.00223211 runde \quad (11)$$



	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	-0.691667	0.526543	-1.3136	0.193745
vEbene	0.425116	0.126864	3.35095	0.0013649
größe	0.00530344	0.00264683	2.00369	0.0494078

Abbildung 9: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit und Größe zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsebene (blau).



	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.731523	0.622489	1.17516	0.244354
vEbene	0.445214	0.149981	2.96846	0.00422828
größe	-0.00137494	0.00312913	-0.439401	0.661875

Abbildung 10: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit und Größe zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsebene (blau).

	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	-0.68569	0.534068	-1.2839	0.203954
vEbene	0.424337	0.128109	3.31231	0.00154696
größe	0.00530141	0.00266795	1.98707	0.0513371
runde	-0.00223211	0.0222654	-0.10025	0.920469

Abbildung 11: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit, Größe und Runde zur Treppengeschwindigkeit aufwärts.

	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.717358	0.631231	1.13644	0.260145
vEbene	0.447061	0.151416	2.95254	0.00444651
größe	-0.00137015	0.00315333	-0.434507	0.665429
runde	0.00529011	0.0263161	0.201022	0.84134

Abbildung 12: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit, Größe und Runde zur Treppengeschwindigkeit abwärts.

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse, runde) = 0.717358 + 0.447061v_{ebene} - 0.00137015groesse + 0.00529011runde \quad (12)$$

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 23): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p_{\beta_2} > \alpha$ und $p_{\beta_3} > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 24): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p_{\beta_2} > \alpha$ und $p_{\beta_3} > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an.

4.3 Konditionierung

5 Lineare Regression 2012

Um Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang der Treppengeschwindigkeit mit weiteren durch das Messexperiment ermittelten Größen zu finden, wird eine lineare Regression angewandt.

Die hier betrachteten Größen sind Wunschgeschwindigkeit (in der Ebene), Körpergröße und Rundennummer. Es wird gesondert die Treppengeschwindigkeit aufwärts und abwärts betrachtet. Zunächst wird nur auf eine Abhängigkeit überprüft, danach die Abhängigkeit von mehreren kombinierten Größen. Die Zusammenhänge werden bezüglich ihrer Plausibilität bewertet.

5.1 Prüfung auf eine einfache Abhängigkeit

Hier werden sechs Gleichungen mittels linearer Regression ermittelt:

$$v_{auf}(v_{ebene}) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene}$$

$$v_{ab}(v_{ebene}) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene}$$

$$v_{auf}(groesse) = \beta_0 + \beta_1 groesse$$

$$v_{ab}(groesse) = \beta_0 + \beta_1 groesse$$

$$v_{auf}(runde) = \beta_0 + \beta_1 runde$$

$$v_{ab}(runde) = \beta_0 + \beta_1 runde$$

5.1.1 Wunschgeschwindigkeit in der Ebene

Für die Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene wurde der Zusammenhang wie in den Formeln für die Treppengeschwindigkeit aufwärts (13) und abwärts (14) ermittelt.

$$v_{auf}(v_{ebene}) = 0.294389 + 0.393467 v_{ebene} \quad (13)$$

$$v_{ab}(v_{ebene}) = 0.475883 + 0.453419 v_{ebene} \quad (14)$$

Beide Steigungen sind positiv. Hat ein Proband eine schnellere Wunschgeschwindigkeit in der Ebene, verhält er sich auch schneller auf der Treppe. Die Abbildungen 13 und 14 stellen dies grafisch dar.

In Abbildung 13 sind wieder deutlich die schon in der Betrachtung zur Normalverteilung erwähnten Ausreißer zu erkennen. Deshalb wurde die lineare Regression für den gefilterten Messdatensatz (nur Datensätze ohne Bemerkung) durchgeführt. Es ergeben sich neue Formeln für die Treppengeschwindigkeit aufwärts (15) und abwärts (16). Dazu gehören Abbildungen 15 und 16. Die Ausreißer wurden in der Regression hier nicht verwendet, sind aber hervorgehoben eingezeichnet. Bei der Treppengeschwindigkeit sind es deutlich mehr Ausreißer und sie fallen alle in den schnelleren Bereich. Die Regressionsgerade für die Daten ohne Ausreißer liegt dementsprechend etwas weiter unter (langsamer) im Vergleich zu Abbildung 13. Bei Abbildung 16 sind es nur vier Ausreißer. Sie sind auch stärker gestreut. Die Regressionsgerade für den Zusammenhang zur Geschwindigkeit abwärts wird nicht besonders von dem Weglassen der Ausreißer beeinflusst. Die Ausreißer werden in den weiteren Regressionen nicht genauer betrachtet. Alle Abbildungen und Plausibilisierungstests dazu sind aber als Dateien angelegt.

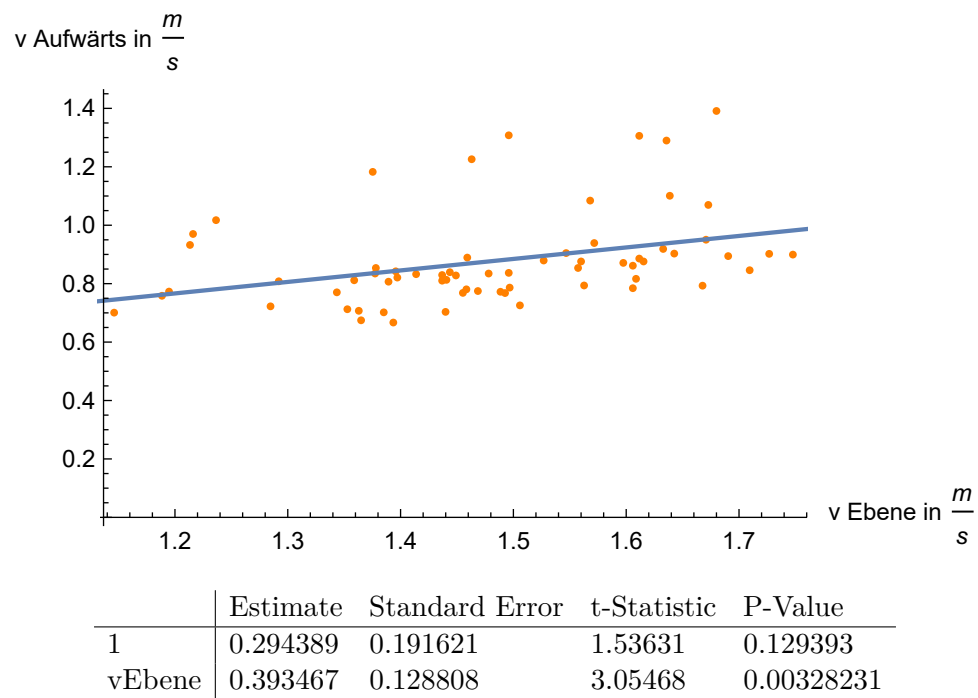


Abbildung 13: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

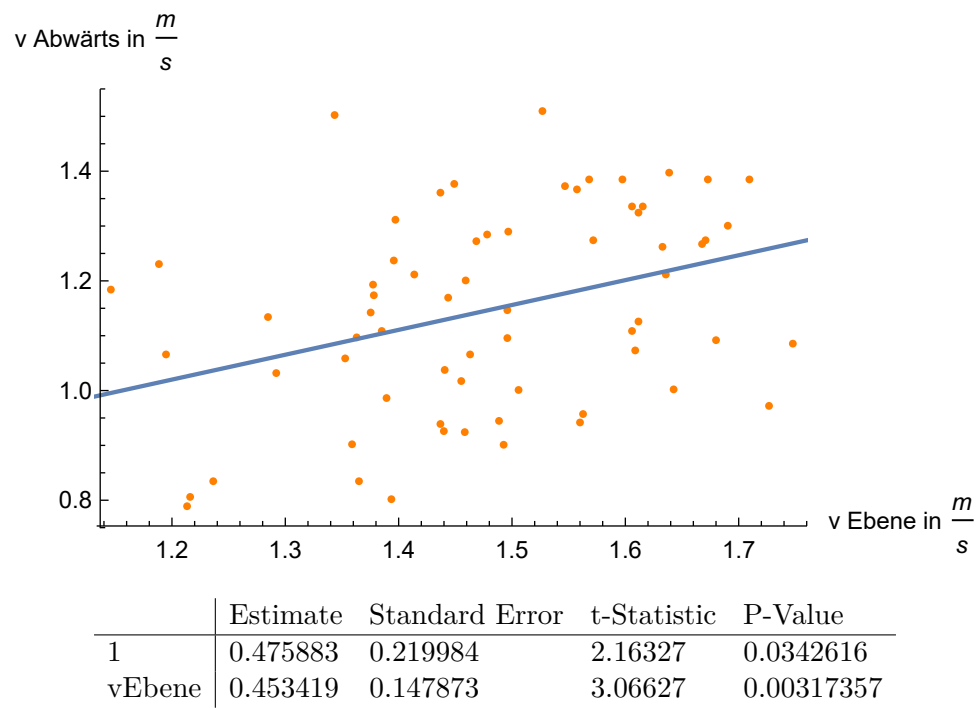
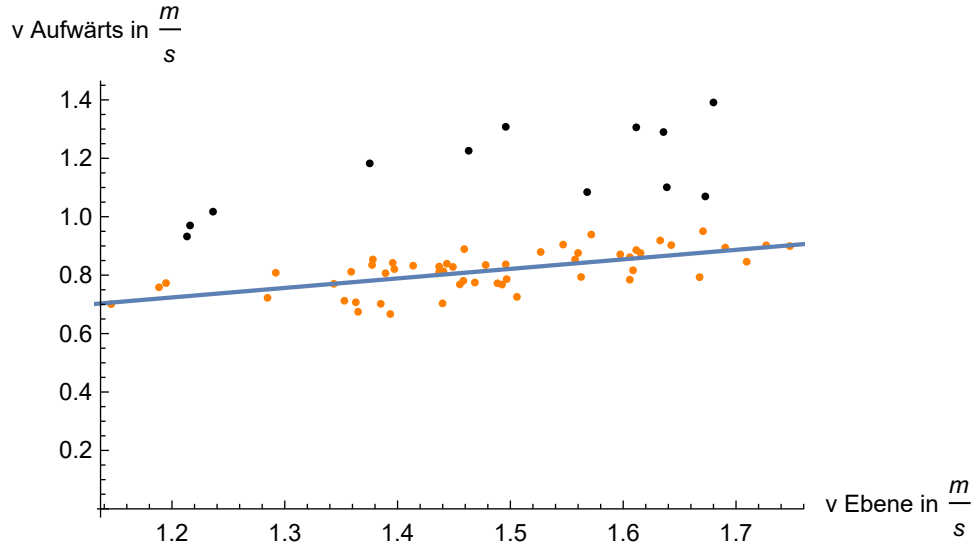


Abbildung 14: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).



	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.332577	0.0799809	4.15821	0.000120293
vEbene	0.325892	0.0538149	6.0558	1.5716478126903015*^-7

Abbildung 15: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Gefilterte Messdaten (orange) und Ausreißer (schwarz) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v'_{auf}(v_{ebene}) = 0.332577 + 0.325892v_{ebene} \quad (15)$$

$$v'_{ab}(v_{ebene}) = 0.440848 + 0.478525v_{ebene} \quad (16)$$

Für die Plausibilisierung der Regression wird die Nullhypothese $H_0 : \beta_1 = 0$ aufgestellt. Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$. Die Ergebnisse des Tests sind in Abbildung 13 zu sehen. Signifikanz liegt vor, weil $p < \alpha$. Man verwirft die Nullhypothese. Kein Einfluss von v_{ebene} auf v_{auf} wäre unplausibel, wenn auch nicht ausgeschlossen.

Die Nullhypothese und das Signifikanzniveau sind für alle folgenden Regressionen gleich. Die Ergebnisse für den Abstieg sind in Abbildung 14 zu sehen. Signifikanz liegt vor, weil $p < \alpha$. Man verwirft die Nullhypothese. Kein Einfluss von v_{ebene} auf v_{ab} wäre unplausibel, wenn auch nicht ausgeschlossen.

5.1.2 Körpergröße

Für die Abhängigkeit Körpergröße wurde der Zusammenhang (17) und (18) ermittelt.

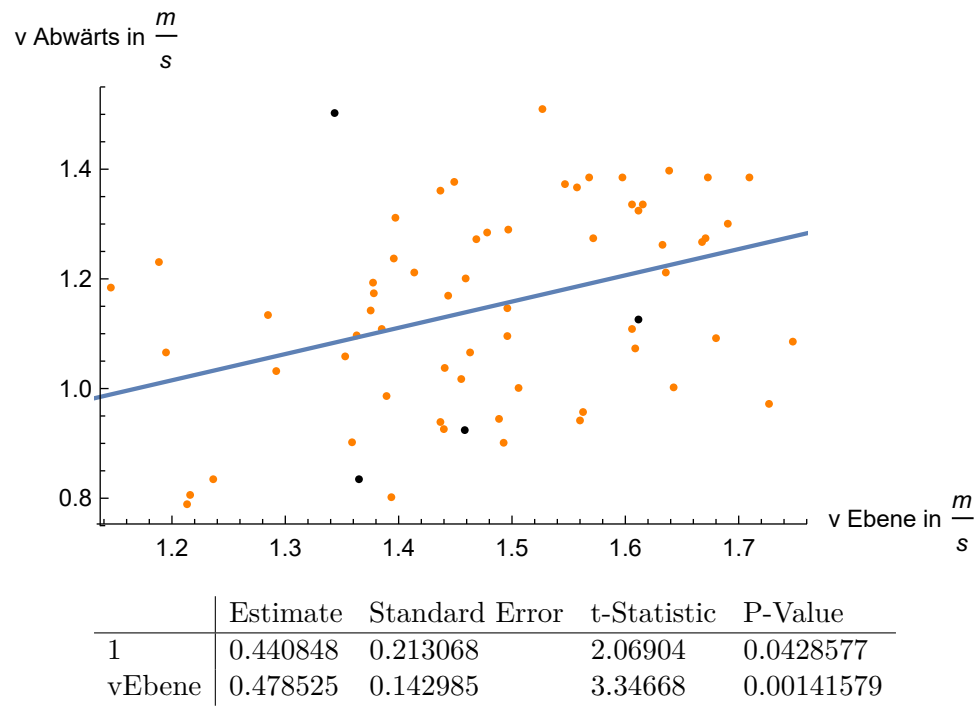


Abbildung 16: Abhängigkeit Wunschgeschwindigkeit in der Ebene zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Gefilterte Messdaten (orange) und Ausreißer (schwarz) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

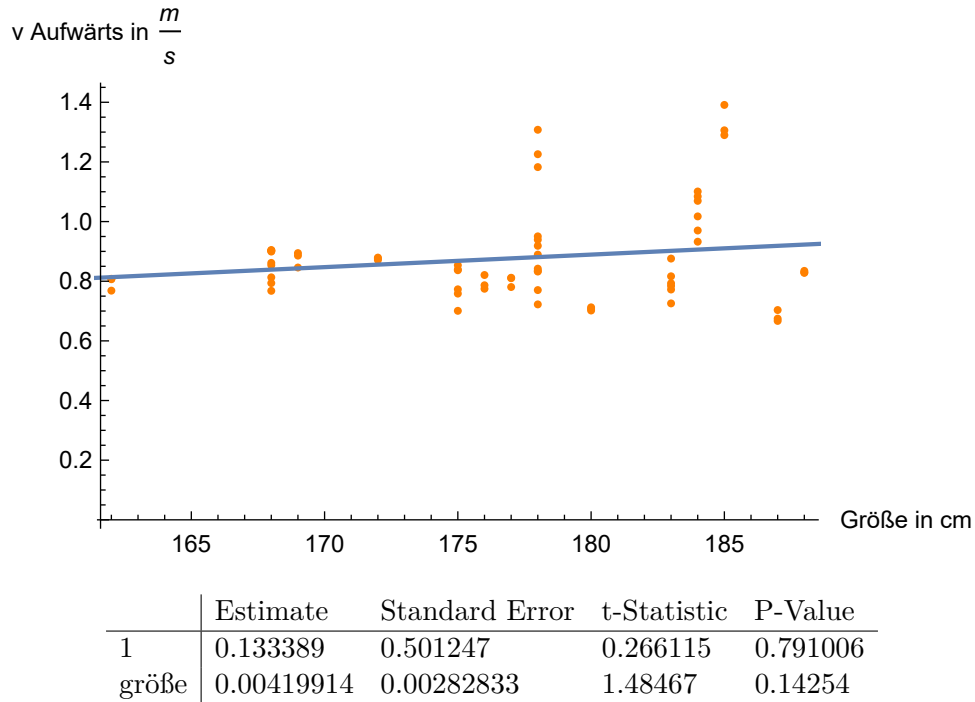


Abbildung 17: Abhängigkeit Körpergröße zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v_{auf}(groesse) = 0.133389 + 0.00419914groesse \quad (17)$$

$$v_{ab}(groesse) = 1.59558 - 0.00253145groesse \quad (18)$$

In den Abbildungen 17 und 18 ist zu sehen, dass nach dem Modell größere Personen leicht schneller Treppen besteigen, aber beim herabsteigen etwas langsamer als kleinere Personen sind.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 17): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von *groesse* auf v_{auf} ist plausibel.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 18): Signifikanz liegt vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von *groesse* auf v_{ab} ist plausibel.

5.1.3 Rundennummer

Für die Abhängigkeit Rundennummer wurde der Zusammenhang (19) und (20) ermittelt.

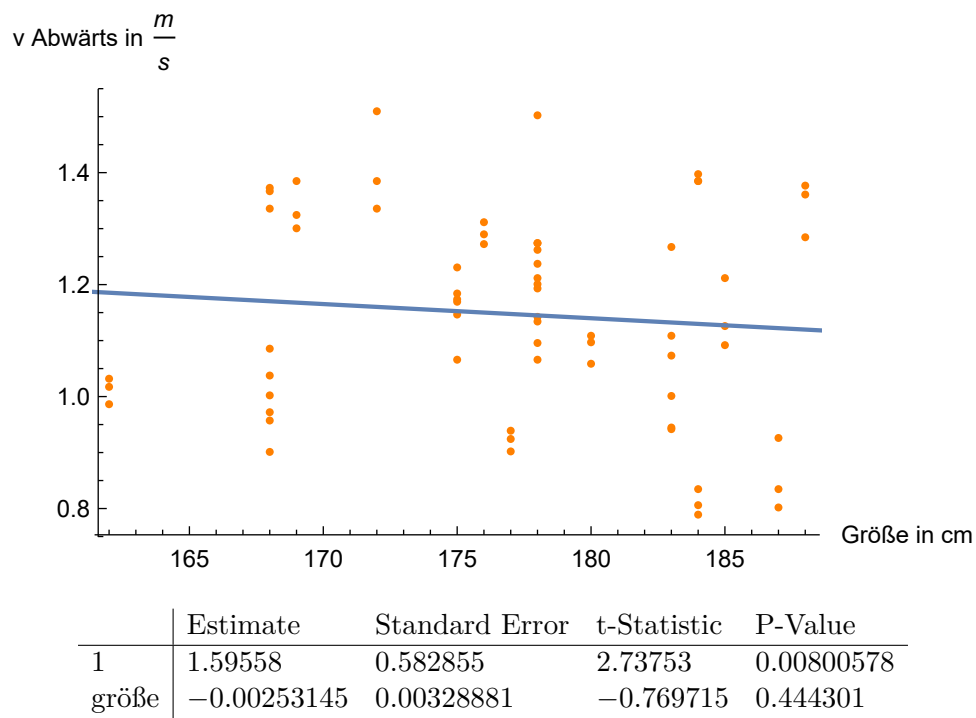


Abbildung 18: Abhängigkeit Körpergröße zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

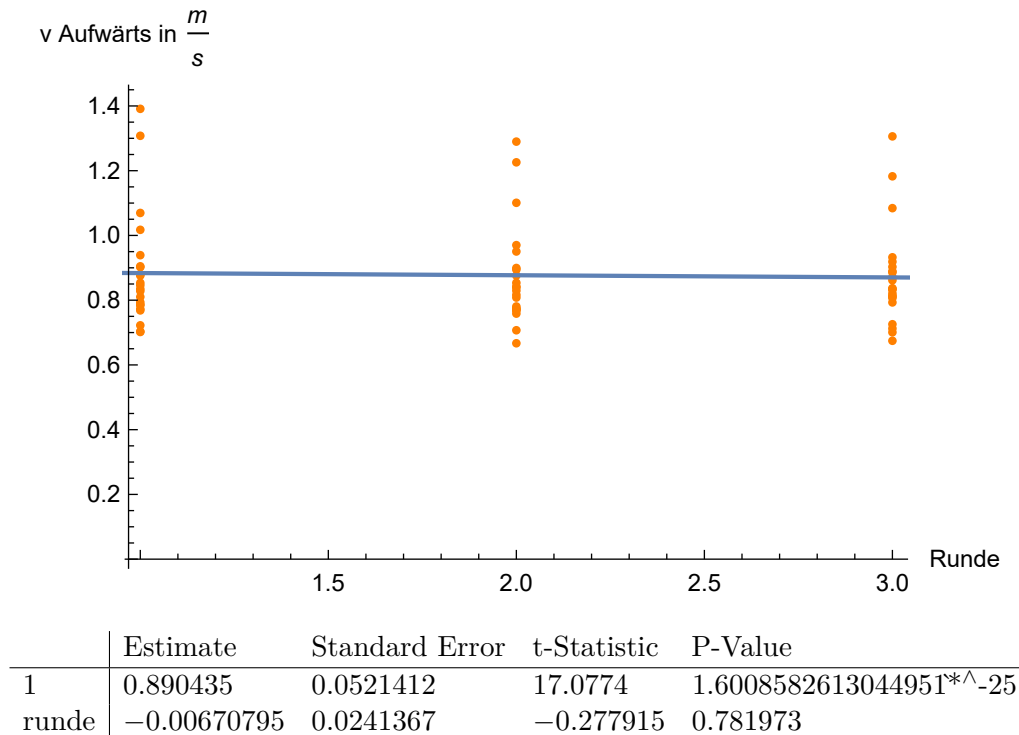


Abbildung 19: Abhängigkeit Rundennummer zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v_{auf}(runde) = 0.890435 - 0.00670795runde \quad (19)$$

$$v_{ab}(runde) = 1.14614 + 0.000574582runde \quad (20)$$

In den Abbildungen 19 und 20 ist zu sehen, dass sich nach dem Modell die Treppengeschwindigkeit bei Änderung der Runde fast nicht ändert.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 19): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von $runde$ auf v_{auf} ist plausibel.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 20): Signifikanz liegt vor, weil $p > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von $runde$ auf v_{ab} ist plausibel.

5.2 Mehrere Abhängigkeiten

Hier werden weitere vier lineare Gleichungen mit mehreren Parametern ermittelt.

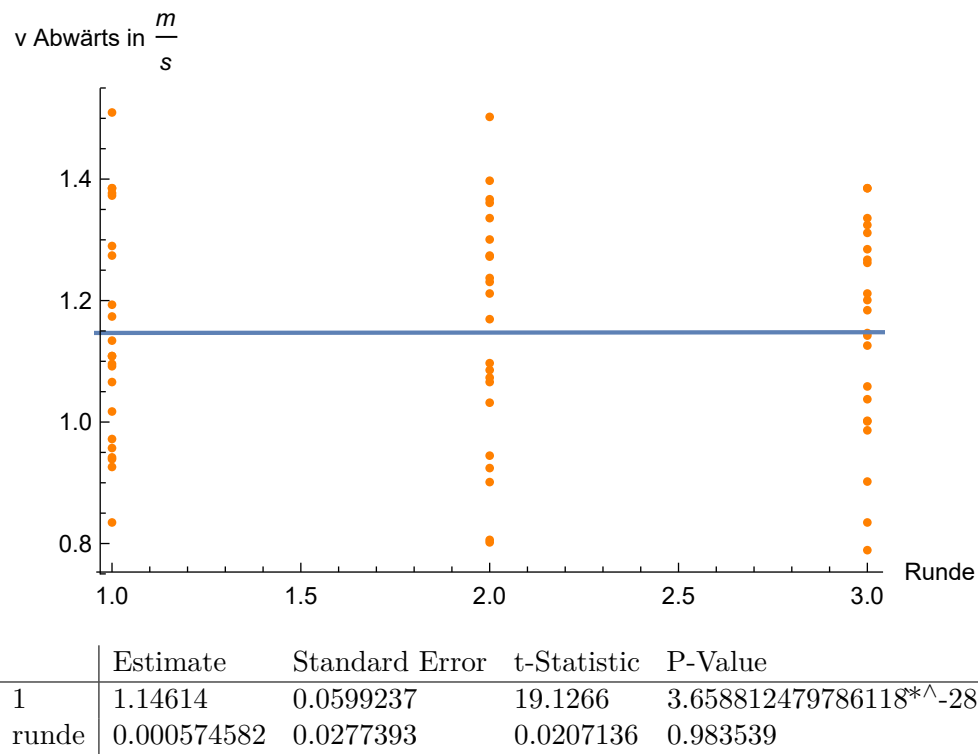


Abbildung 20: Abhängigkeit Rundennummer zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsgerade (blau).

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse$$

$$v_{ab}(v_{ebene}, groesse) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse$$

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse, runde) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse + \beta_3 runde$$

$$v_{ab}(v_{ebene}, groesse, runde) = \beta_0 + \beta_1 v_{ebene} + \beta_2 groesse + \beta_3 runde$$

Für die Plausibilisierung der Regression wird die Nullhypothese $H_0 : \beta_1 = 0 \vee \beta_2 = 0$ bzw. $H_0 : \beta_1 = 0 \vee \beta_2 = 0 \vee \beta_3 = 0$ aufgestellt.

5.2.1 Ebenengeschwindigkeit und Größe

Für die Abhängigkeiten Wunschgeschwindigkeit in der Ebene und Körpergröße wurde der Zusammenhang (21) und (22) ermittelt.

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse) = -0.691667 + 0.425116v_{ebene} + 0.00530344groesse \quad (21)$$

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse) = 0.731523 + 0.445214v_{ebene} + -0.00137494groesse \quad (22)$$

In den Abbildungen 21 und 22 ist zu sehen, dass ein größerer Proband mit schnellerer Ebenengeschwindigkeit auch eine schnellere Treppengeschwindigkeit aufwärts erreicht. Eine schnellere Treppengeschwindigkeit abwärts wird durch einen Proband mit schnellerer Ebenengeschwindigkeit und kleinerer Größe erreicht. Eine Änderung von 50cm in der Größe wirkt sich auf das Besteigen aufwärts mit ca. 0.25m/s und abwärts mit ca. 0.05m/s aus.

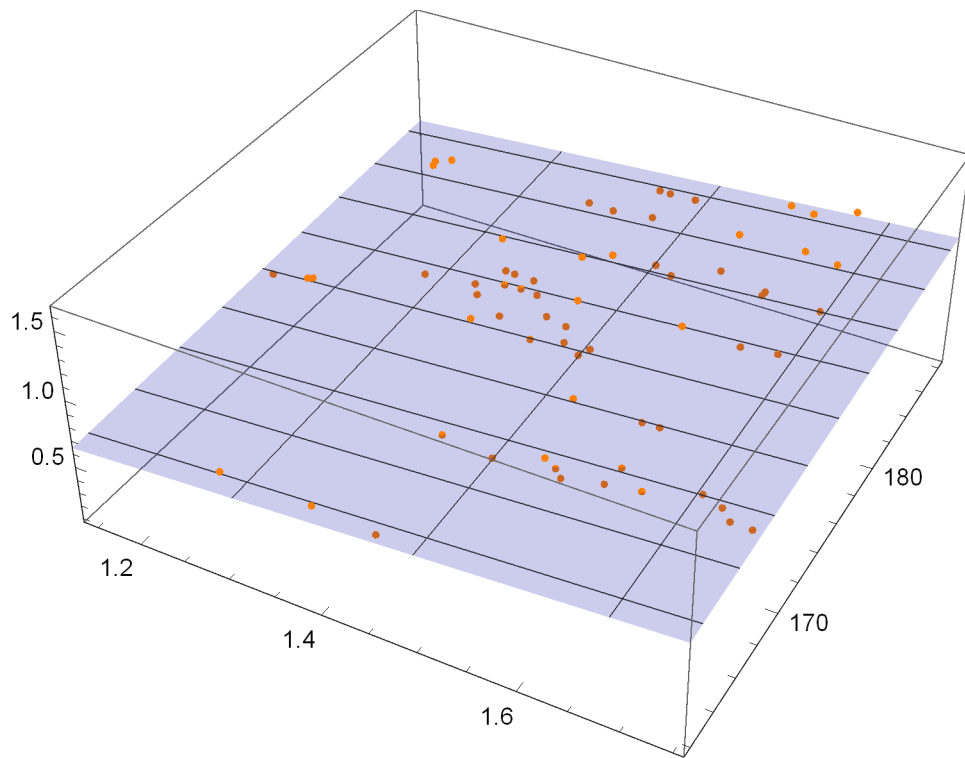
Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 21): Signifikanz liegt vor, weil beide $p < \alpha$. Man lehnt die Nullhypothese ab. Kein Einfluss von v_{ebene} und $groesse$ auf v_{auf} ist unplausibel.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 22): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p_{\beta_2} > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an. Kein Einfluss von v_{ebene} und $groesse$ auf v_{ab} ist plausibel.

5.2.2 Ebenengeschwindigkeit, Größe und Rundennummer

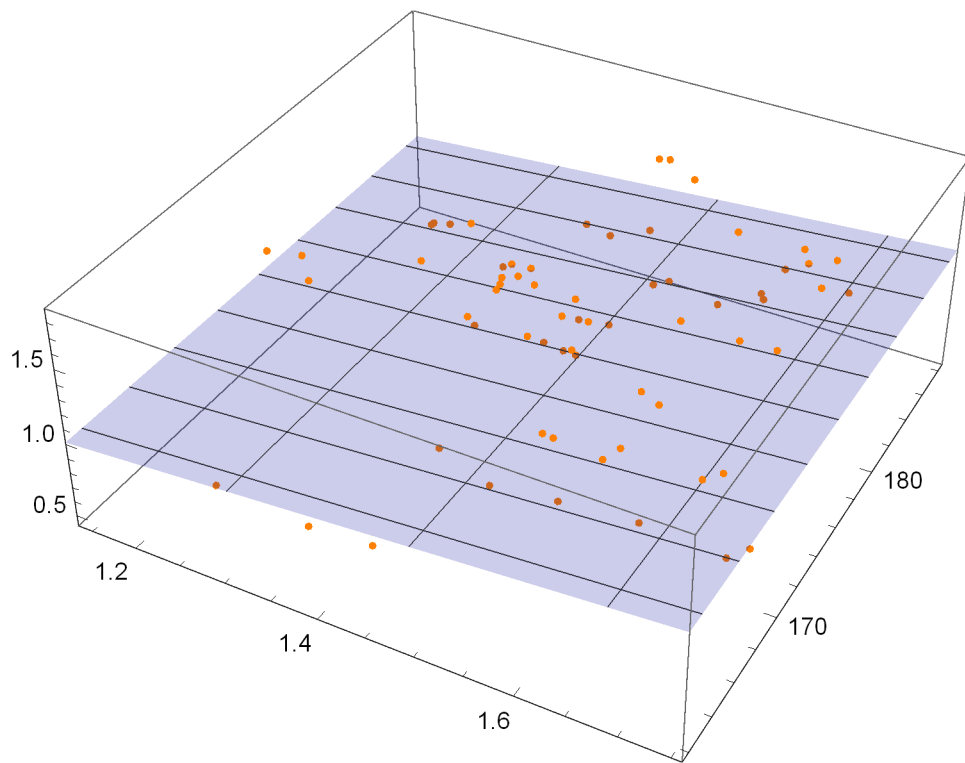
Für die Abhängigkeiten Wunschgeschwindigkeit in der Ebene, Körpergröße und Rundennummer wurde der Zusammenhang (23) und (24) ermittelt.

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse, runde) = -0.68569 + 0.424337v_{ebene} + 0.00530141groesse + -0.00223211runde \quad (23)$$



	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	-0.691667	0.526543	-1.3136	0.193745
vEbene	0.425116	0.126864	3.35095	0.0013649
größe	0.00530344	0.00264683	2.00369	0.0494078

Abbildung 21: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit und Größe zur Treppengeschwindigkeit aufwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsebene (blau).



	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.731523	0.622489	1.17516	0.244354
vEbene	0.445214	0.149981	2.96846	0.00422828
größe	-0.00137494	0.00312913	-0.439401	0.661875

Abbildung 22: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit und Größe zur Treppengeschwindigkeit abwärts. Messdaten (orange) mit ermittelter Regressionsebene (blau).

	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	-0.68569	0.534068	-1.2839	0.203954
vEbene	0.424337	0.128109	3.31231	0.00154696
größe	0.00530141	0.00266795	1.98707	0.0513371
runde	-0.00223211	0.0222654	-0.10025	0.920469

Abbildung 23: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit, Größe und Runde zur Treppengeschwindigkeit aufwärts.

	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.717358	0.631231	1.13644	0.260145
vEbene	0.447061	0.151416	2.95254	0.00444651
größe	-0.00137015	0.00315333	-0.434507	0.665429
runde	0.00529011	0.0263161	0.201022	0.84134

Abbildung 24: Abhängigkeiten Ebenengeschwindigkeit, Größe und Runde zur Treppengeschwindigkeit abwärts.

$$v_{auf}(v_{ebene}, groesse, runde) = 0.717358 + 0.447061v_{ebene} - 0.00137015groesse + 0.00529011runde \quad (24)$$

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Aufstieg (Abbildung 23): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p_{\beta_2} > \alpha$ und $p_{\beta_3} > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an.

Ergebnisse der Plausibilisierung für den Abstieg (Abbildung 24): Signifikanz liegt nicht vor, weil $p_{\beta_2} > \alpha$ und $p_{\beta_3} > \alpha$. Man nimmt die Nullhypothese an.

6 Ergebnisse

7 Ermitteltes Modell

8 Vergleich mit Daten aus 2012

8.1 Überprüfung auf Normalverteilung

8.2 Lineare Regression

8.3 Vergleich

9 Verbund von alten und neuen Daten

10 Fazit