

Projekt Kaffeemaschine

Welche Faktoren beeinflussen das Geschmacksurteil?

Ausgehend von der Verkostung an der Hochschule Regensburg und der dabei ausgefüllten Fragebögen soll die Frage untersucht werden, welche Faktoren die Beurteilung des Espresso beeinflussen. Dabei steht die Hypothese im Vordergrund, dass die Einstellungsparameter der Kaffeemaschine (Kaffeemenge, Mahlgrad, Tamperdruck, Durchlaufgeschwindigkeit) den Geschmack beeinflussen. Es wurden fünf verschiedene Kombinationen von Parametern getestet, wobei immer jeweils ein Parameter verändert wurde. Dabei gab es jeweils zwei Möglichkeiten (Kaffeemenge 6,75g, 7,75g, Tamperdruck 5kg, 15kg, Mahlgrad fein und grob); bei der Durchlaufzeit wurden aus technischen Gründen 15sec, 20sec und 25 sec gewählt. Die Auswertung dient der Untersuchung, welchen Einfluss die einzelnen Faktoren auf das Geschmacksempfinden haben, also die Frage, welcher Faktor hat den größten Effekt. Nicht untersucht wird hier das Zusammenwirken der Kombinationen der Einstellungsparameter (die Einstellungen 1 bis 5).

Um zu kontrollieren, ob persönliche Merkmale der Probanden einen Einfluss haben, werden weitere Faktoren (unabhängige Variablen) getestet. Im Fragebogen waren das Geschlecht, das Rauchverhalten (Raucher-Nichtraucher) und das Trinkverhalten (Espresso-Trinker, mit oder ohne Zucker) abgefragt. Es besteht die Hypothese, dass das Geschlecht, das Rauchverhalten und das Trinkverhalten die Bewertung beeinflussen.

Es steht somit die Frage im Mittelpunkt, ob persönliche Merkmale und Verhaltensmerkmale oder ob die Einstellungen der Kaffeemaschine den Geschmack stärker beeinflussen.

Es wurde unterschieden zwischen Einzelbeurteilungen des Geruchs, Geschmacks, der Crema und einer Gesamtbeurteilung des Espresso. Die Einzelbenotungen und die Gesamtnote des Espresso wurden auf einer Skala mit Schulnoten von 1 bis 6 gemessen.

Es werden zunächst bivariate, dann multivariate Analysen durchgeführt. Die multivariate Analyse, lineare Regression, untersucht, ob ein Anstieg einer metrischen unabhängigen Variablen mit einem Anstieg der metrischen abhängigen Variable verbunden ist. Mit dieser Methode kann auch der Einfluss dichotomer unabhängiger Variablen (zwei Ausprägungen) getestet werden. Bei Variablen mit zwei Ausprägungen (männlich-weiblich) ist eine Codierung mit 0 und 1 erforderlich. Die Einstellungsparameter Kaffeemenge 6,75 oder 7,75 wurden daher umcodiert (0 für den kleineren Wert und 1 für den größeren Wert), ebenso Tamperdruck und Mahlgrad. Die Durchlaufzeit hat drei Ausprägungen und wird als metrische Variable direkt verwendet.

1. Zusammenhang zwischen den Geschmacksnoten

Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Benotungen von Geruch, Geschmack und Crema sowie der Gesamtnote. Die Einzelbenotungen korrelieren stark, d.h. sie hängen zusammen. Die Gesamtnote hängt am stärksten vom Geschmack ab, weniger vom Geruch oder der Crema.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Einzelbenotungen und Gesamtbenotung des Geschmacks

		Korrelationen			
		Geruch gesamt	Geschmack gesamt	Crema gesamt	Gesamtnote Espresso
Geruch gesamt	Korrelation nach Pearson	1	,407**	,169**	,355**
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,002	,000
	N	358	349	346	343
Geschmack gesamt	Korrelation nach Pearson	,407**	1	,262**	,719**
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,000	,000
	N	349	365	354	353
Crema gesamt	Korrelation nach Pearson	,169**	,262**	1	,443**
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,000		,000
	N	346	354	362	351
Gesamtnote Espresso	Korrelation nach Pearson	,355**	,719**	,443**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	
	N	343	353	351	359

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

2. Zusammenhang zwischen Geschmacksnoten und Einstellungsparametern

Es wurden 5 Einstellungsvarianten getestet. In der Kreuztabelle ist kein eindeutiges Muster zu erkennen, Einstellung 1, 2 oder 4 scheinen am besten abzuschneiden. Die Einstellungen der Kaffeemaschine haben keinen signifikanten Zusammenhang zur Gesamtnote (Chi-Quadrat-Test zur Kreuztabelle, $p > 0,05$).

Tabelle 2: Gesamtnote in Abhängigkeit der Einstellungen

		Einstellung Kaffeemaschine					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Gesamtnote Espresso	sehr gut	5,4%	2,7%	2,8%		5,8%	3,3%
	gut	32,4%	48,0%	27,8%	49,3%	37,7%	39,0%
	befriedigend	32,4%	26,7%	31,9%	26,1%	31,9%	29,8%
	ausreichend	17,6%	13,3%	19,4%	20,3%	15,9%	17,3%
	mangelhaft	12,2%	8,0%	16,7%	2,9%	8,7%	9,7%
	ungenügend		1,3%	1,4%	1,4%		,8%
Gesamt		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	23,125 ^a	20	,283
Likelihood-Quotient	26,874	20	,139
Zusammenhang linear-mit-linear	,436	1	,509
Anzahl der gültigen Fälle	359		

a. 10 Zellen (33,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,58.

Die Durchschnittsnote liegen durchweg bei drei (befriedigend), sind bei Variante 4 und auch 2 am besten (kleinste Durchschnittswerte), jedoch sind die Mittelwertunterschiede nicht signifikant (T-Test für unabhängige Stichproben).

Tabelle 3: Durchschnittsnoten insgesamt bei Einstellungsvarianten 1 bis 5

Einstellung Kaffeemaschine	Mittelwert	N	Standardabweichung
1	3,21	75	1,222
2	3,04	75	1,179
3	3,39	72	1,181
4	3,00	71	1,207
5	3,22	72	1,189
Insgesamt	3,17	365	1,198

Die Durchschnittsnoten bei der Gesamtgeschmacksbeurteilung variieren zwar nach Kaffeemenge, Tamperdruck, Durchlaufzeit und Mahlgrad, jedoch ist keiner der Mittelwertunterschiede statistisch signifikant (T-Tests für unabhängige Stichproben).

Tabelle 4: Durchschnittsnoten bei unterschiedlicher Kaffeemenge

Kaffeemenge	Mittelwert	N	Standardabweichung
6,75 g	3,00	71	1,207
7,75 g	3,21	294	1,194
Insgesamt	3,17	365	1,198

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit	
		F	Signifikanz
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	,071	,790
	Varianzen sind nicht gleich		

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		T	df	Sig. (2-seitig)
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	-1,355	363	,176
	Varianzen sind nicht gleich			

Tabelle 5: Durchschnittsnote bei unterschiedlichem Tamperdruck

Tamperdruck	Mittelwert	N	Standardabweichung
5 kg	3,04	75	1,179
15 kg	3,21	290	1,202
Insgesamt	3,17	365	1,198

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit	
		F	Signifikanz
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	1,930	,166
	Varianzen sind nicht gleich		

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		T	df	Sig. (2-seitig)
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	-1,076	363	,283
	Varianzen sind nicht gleich	-1,088	116,963	,279

Tabelle 6: Durchschnittsnote bei unterschiedlicher Durchlaufzeit

Durchlaufzeit	Mittelwert	N	Standardabweichung
15 sec	3,39	72	1,181
20 sec	3,22	72	1,189
25 sec	3,09	221	1,201
Insgesamt	3,17	365	1,198

15 sec und 20 sec.

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit	
		F	Signifikanz
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	,212	,646
	Varianzen sind nicht gleich		

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		T	df	Sig. (2-seitig)
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	,844	142	,400
	Varianzen sind nicht gleich	,844	141,994	,400

15 und 25 sec

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit	
		F	Signifikanz
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	,115	,735
	Varianzen sind nicht gleich		

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		T	df	Sig. (2-seitig)
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	1,866	291	,063
	Varianzen sind nicht gleich	1,882	122,379	,062

Test bei unabhängigen Stichproben

20 und 25 sec.		Levene-Test der Varianzgleichheit	
		F	Signifikanz
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	,041	,839
	Varianzen sind nicht gleich		

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		T	df	Sig. (2-seitig)
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	,838	291	,403
	Varianzen sind nicht gleich	,842	121,676	,401

Tabelle 7: Durchschnittsnote bei unterschiedlichem Mahlgrad

Mahlgrad	Mittelwert	N	Standardabweichung
fein	3,16	293	1,201
grob	3,22	72	1,189
Insgesamt	3,17	365	1,198

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit	
		F	Signifikanz
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	,184	,668
	Varianzen sind nicht gleich		

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		T	df	Sig. (2-seitig)
Geschmack gesamt	Varianzen sind gleich	-,392	363	,695
	Varianzen sind nicht gleich	-,394	109,392	,694

3. Multivariate Datenanalyse: Einflussfaktoren auf Geschmacksnoten

Welche Faktoren haben einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtnote und wie stark ist dieser?

Bei einer Linearen Regressionsanalyse stellt sich heraus, dass lediglich die Benotung des Geschmacks und der Crema einen Einfluss auf die Gesamtnote ausüben (Signifikanz $p < 0,05$). Hierbei ist der relative Effekt der Gesamtbeurteilung des Geschmacks höher als der Gesamtbeurteilung Crema (Beta 0,611 zu 0,275).

Die Faktoren männlich-weiblich, Raucher-Nichtraucher, Espresso-Trinker- nicht Espresso-Trinker oder ob der Kaffee mit oder ohne Zucker getrunken wurde, haben keinen signifikanten Einfluss auf den Gesamtgeschmack. Auch Kaffeemenge, Tamperdruck, Mahlgrad und Durchlaufzeit haben keinen Einfluss. Die untersuchten Faktoren erklären einen großen Teil der Varianz, d.h. das R-Quadrat ist relativ hoch. Dies hängt vermutlich am hohen Erklärungsgrad der Variable Geschmack Gesamt und Crema Gesamt.

Tabelle 8: Welche Faktoren beeinflussen die Gesamtnote ?

Modell		Koeffizienten ^a				
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	,078	,444		,176	,861
	Geschlecht	-,104	,086	-,046	-1,205	,229
	Raucher ?	-,124	,114	-,041	-1,090	,277
	Espresso-Trinker ?	,163	,085	,072	1,902	,058
	mit oder ohne Zucker ?	,012	,083	,005	,141	,888
	Kaffeemenge	,104	,127	,038	,821	,412
	Tamperdruck	,202	,123	,078	1,637	,103
	Mahlgrad	-,189	,113	-,069	-1,678	,094
	Durchlaufzeit	-,002	,013	-,007	-,142	,887
	Geruch gesamt	,066	,042	,064	1,570	,117
	Geschmack gesamt	,556	,038	,611	14,701	,000
	Crema gesamt	,253	,036	,275	6,978	,000

a. Abhängige Variable: Gesamtnote Espresso

Tabelle 9: Erklärungskraft der untersuchten Faktoren auf die Gesamtnote

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,761 ^a	,579	,564	,709

a. Einflußvariablen : (Konstante), Crema gesamt, Kaffeemenge, Geschlecht, mit oder ohne Zucker ?, Raucher ?, Geruch gesamt, Espresso-Trinker ?, Tamperdruck, Mahlgrad, Geschmack gesamt, Durchlaufzeit

Da offenbar die Gesamtnote Geschmack der wichtigste Aspekt bei der Geschmacksbeurteilung darstellt, wurde im zweiten Schritt untersucht, welche Faktoren auf diese Geschmacksbeurteilung einwirken. Hierbei zeigt sich, dass wiederum die Einstellungsparameter Kaffeemenge, Tamperdruck, Mahlgrad und Durchlaufzeit keinen Effekt haben. Ebenso beeinflussen Geschlecht und Rauchverhalten die Geschmacksbeurteilung nicht.

Ein leicht signifikanter Effekt (Signifikanzniveau < 0,5) ist jedoch beim Espresso-Trinkverhalten und der Zuckerzugabe zu sehen. Testpersonen, die angeben, Espresso zu trinken, beurteilen den Geschmack signifikant besser, ebenso wie Testpersonen, die mit Zucker getestet haben (der Effekt ist negativ, jeweils - 0,1. Da in der Notenskala eine niedrige Note sehr gut, eine hohe Note sehr schlecht ist, besagt ein negatives Vorzeichen, dass die Benotung besser wird mit steigenden Werten bei der unabhängigen Variable, d.h. Werte 1 = Espresso-Trinker im Vergleich zu 0=kein Espresso-Trinker). Die Benotung verbessert sich im Vergleich zu Testpersonen, die keinen Espresso trinken oder ohne Zucker getrunken haben (die Note sinkt um 0,269 bzw. 0,255).

Tabelle 10: Welche Faktoren beeinflussen die Geschmacksnote?

Koeffizienten ^a						
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	3,450	,649		5,312	,000
	Geschlecht	,178	,135	,071	1,317	,189
	Raucher ?	-,030	,178	-,009	-,168	,867
	Espresso-Trinker ?	-,269	,133	-,108	-2,014	,045
	mit oder ohne Zucker ?	-,255	,129	-,106	-1,973	,049
	Kaffeemenge	,213	,199	,072	1,069	,286
	Tamperdruck	,197	,198	,067	,994	,321
	Mahlgrad	-,017	,173	-,006	-,101	,920
	Durchlaufzeit	-,018	,020	-,059	-,875	,382

4. Auswertung der Gruppe der Kaffeetrinker

Unter den Probanden, die Angaben zu ihrem Kaffeetrinkverhalten gemacht haben, gehören 65 Prozent zur Gruppe der Espresso-Trinker. Die Angaben dieser Gruppe werden im Folgenden gesondert ausgewertet.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	nein	128	34,0	34,8	34,8
	ja	240	63,7	65,2	100,0
	Gesamt	368	97,6	100,0	
Fehlend	keine Angabe	9	2,4		
Gesamt		377	100,0		

Ebenso wie in der Untersuchung mit allen Probanden haben die Geschmacksnote und die Note der Crema signifikanten Einfluss auf die Gesamtbeurteilung. Der Einfluss der Geschmacksnote ist sehr stark (Beta-Koeffizient 11,6). Steigt die Geschmacksnote um 1, so steigt die Gesamtbeurteilung um 0,529 (Regressionskoeffizient B). Hier stellt sich heraus, dass der Tamperdruck einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtnote hat, allerdings einen relativ niedrigen (Beta 0,127). Der Effekt ist positiv, d.h. bei einem Tamperdruck von 15kg (Codierung 1), erhöht sich die Gesamtnote um 0,327 (Regressionskoeffizient B) im Vergleich zur Versuchsreihe mit Tamperdruck 5kg (Codierung 0). Dies bedeutet, bei Tamperdruck 15 ist die Geschmacksbeurteilung schlechter, oder anders ausgedrückt, ein niedriger Tamperdruck (unter sonst gleichen Bedingungen) führt zu besseren Geschmacksnoten.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-,013	,545		-,023	,981
	Geschlecht	-,202	,106	-,089	-1,894	,060
	Raucher ?	,017	,133	,006	,125	,901
	mit oder ohne Zucker ?	,105	,104	,048	1,014	,312
	Kaffeemenge	,215	,163	,077	1,320	,188
	Tamperdruck	,327	,153	,127	2,138	,034
	Mahlgrad	-,231	,133	-,089	-1,732	,085
	Durchlaufzeit	-4,188E-5	,016	,000	-,003	,998
	Geruch gesamt	,062	,052	,059	1,177	,241
	Geschmack gesamt	,529	,045	,596	11,634	,000
	Crema gesamt	,291	,044	,313	6,656	,000

a. Abhängige Variable: Gesamtnote Espresso

Betrachtet man den stärksten Faktor, die Geschmacksbeurteilung, so stellt sich heraus, wie auch in der Gesamtgruppe, dass der einzige signifikante Einfluss auf den Geschmack vom Zucker ausgeht.

Befragte, die die Kaffee mit Zucker probiert haben, verringert sich die Note um -0,37, d.h. sie benoten um 0,37 besser als Probanden, die keinen Zucker genommen haben.

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient	Standardfehler	Beta		
		1	(Konstante)	2,797		
	Geschlecht	,180	,172	,071	1,049	,295
	Raucher ?	,123	,218	,038	,564	,573
	mit oder ohne Zucker ?	-,372	,167	-,150	-2,223	,027
	Kaffeemenge	,263	,258	,086	1,018	,310
	Tamperdruck	,384	,253	,129	1,521	,130
	Mahlgrad	,024	,212	,008	,115	,909
	Durchlaufzeit	-,008	,026	-,027	-,317	,751

a. Abhängige Variable: Geschmack gesamt

5. Fazit

Es lässt sich insgesamt kein signifikanter Einfluss der vier Einstellungsparameter der Kaffeemaschine feststellen. Einzig der Tamperdruck hat einen geringfügigen signifikanten Einfluss auf die Geschmacksbeurteilung, jedoch nur bei der Gruppe der Personen, die üblicherweise Espresso trinken. Je niedriger der Druck, umso besser der Kaffee.

Die Geschmacksunterschiede zwischen den Einstellungsvarianten und Einstellungsparametern sind nicht systematisch und unter Kontrolle anderer Faktoren nicht signifikant, d.h. andere Faktoren sind entscheidender für die Beurteilung des Geschmacks. Hierbei haben sich einige Merkmale der Probanden in diesem Test als sehr wichtig herauskristallisiert. Dies ist insbesondere die Frage, wie der Kaffee üblicherweise getrunken wird (Espressotrinker). Auch der Zucker hat einen starken Einfluss auf das Geschmackempfinden; mit Zucker schmeckt jeder Kaffee besser.

Es könnte noch überprüft werden, ob im Einzelnen Zusammenhänge zwischen den Faktoren und den einzelnen anderen Beurteilungsnoten bestehen (Crema, Geruch); allerdings ist der Geschmack die wichtigste Komponente für die Gesamtnote.

Möglicherweise würde auch eine große Rolle spielen, ob Milchkaffee/Latte Machiato bevorzugt wird. Dies wurde mit der Versuchsreihe nicht überprüft.