

Masterarbeit im Studiengang Ernährungsökonomie

angefertigt an der Justus-Liebig-Universität Giessen
am Institut für Agrarpolitik und Marktforschung,
Professur für Marktlehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft

zum Thema

Genom-Editierung von Nutzpflanzen durch CRISPR/Cas

—

Eine quantitative Analyse der Verbraucherakzeptanz in Deutschland

angefertigt von
Dorothea Elisabeth Kraus
aus Flörsheim am Main

Erstprüferin: Frau Prof. Dr. Ramona Teuber

Zweitprüferin: Frau Maike Kötzsche

Gießen, den 11.11.2021

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Ziel der Arbeit	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 Theoretische Grundlagen gentechnischer Verfahren bei Nutzpflanzen	4
2.1 Überblick gentechnischer Verfahren bei Nutzpflanzen	4
2.2 Die Funktionsweise von CRISPR/Cas	6
2.2.1 Grundlagen der CRISPR/Cas-Systeme	6
2.2.2 Ablauf der Immunantwort von CRISPR/Cas	8
2.2.3 Genom-Editierung durch CRISPR/Cas	10
2.3 Potentiale von CRISPR/Cas	12
2.4 Herausforderungen von CRISPR/Cas	13
2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen gentechnischer Verfahren	15
3 Aktueller Stand der Verbraucherakzeptanz gentechnischer Verfahren bei Nutzpflanzen	19
3.1 Verbraucherakzeptanz pflanzlicher GMO in Deutschland	20
3.2 Globale Betrachtung der Verbraucherakzeptanz der Anwendung von CRISPR/Cas bei Nutzpflanzen	24
3.3 Zwischenfazit	28
4 Quantitative Analyse der Verbraucherakzeptanz CRISPR/Cas-editierter pflanzlicher Nahrungsmittel in Deutschland	29
4.1 Forschungshypothesen	29
4.2 Fragebogenkonzeption	30
4.3 Datenaufbereitung	35
4.4 Auswertung und Ergebnisse	35
4.4.1 Deskriptive Analyse	35
4.4.2 Dependenzanalyse auf Unterschiede	40
4.4.3 Hauptkomponentenanalyse	44

4.4.4	Regressionsanalyse	47
5	Diskussion	54
5.1	Auswirkungen der demographischen Daten auf die Verbraucherakzeptanz	54
5.2	Einfluss des Wissens über CRISPR/Cas auf dessen Verbraucherakzeptanz	55
5.3	Effekte charakterlicher Bewusstseinsseigenschaften auf die Verbraucherakzeptanz	57
5.4	Einflussfaktoren auf die Einstellung gegenüber CRISPR/Cas und GMO: Nutzen und Risiko	59
5.5	Limitationen und weiterer Forschungsbedarf	62
6	Fazit	64
	Literaturverzeichnis	66
	Anhang	74
	Eidesstattliche Erklärung	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CRISPR/Cas-Genlokus.....	7
Abbildung 2: Struktur der CRISPR/Cas Systeme.....	8
Abbildung 3: Erster Schritt der Immunantwort: Adaptation	9
Abbildung 4: Zweiter Schritt der Immunantwort: Expression	9
Abbildung 5: Dritter Schritt der Immunantwort: Interferenz	10
Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Bekanntheit von GMO und CRISPR/Cas im Vergleich	36
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Kauf- und Verzehrswilligkeit der GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmittel im Vergleich	38
Abbildung 8: Wahrgenommenes Risiko von GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln im Vergleich	39
Abbildung 9: Wahrgenommener Nutzen von GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln im Vergleich	40

Abkürzungsverzeichnis

CRISPR	clustered regularly interspaced short palindromic repeats
Cas	CRISPR-assoziierte Sequenzen
crRNS	CRISPR RNS
DNS	Desoxyribonukleinsäure
EFSA	European Food Safety Authority
EK	Europäische Kommission
EU	Europäische Union
GE	Genom-Editierung
GMO	genetisch modifizierter Organismus
PAM	protospacer adjacent motif
precrRNS	Präkursor CRISPR RNS
RNS	Ribonukleinsäure
RNP	Ribonukleoprotein
sgRNS	single guide RNS
Ti	Tumor-induzierend
trancrRNS	trans-aktivierende RNS
VIF	Varianzinflationsfaktor

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfassung des Ernährungsnatürlichkeitsbewusstseins	31
Tabelle 2: Erfassung des Umweltbewusstseins durch die GREEN-Skala	32
Tabelle 3: Wahrgenommenes Risiko der Gentechnikmethoden	34
Tabelle 4: Wahrgenommener Nutzen der Gentechnikmethoden.....	34
Tabelle 5: Mittelwerte der Items zum Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein	37
Tabelle 6: Mittelwerte der Items zum Umweltbewusstsein.....	37
Tabelle 7: Häufigkeitsverteilung der allgemeinen Risikobereitschaft.....	38
Tabelle 8: Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung.....	41
Tabelle 9: Ränge Mann-Whitney-U-Test.....	41
Tabelle 10: Teststatistik Mann-Whitney-U-Test	42
Tabelle 11: Ränge der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests	43
Tabelle 12: Teststatistik des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test	43
Tabelle 13: Erklärte Gesamtvarianz.....	45
Tabelle 14: Rotierte Komponentenmatrix ^a	46
Tabelle 15: Koeffizienten des Grundmodells	48
Tabelle 16: Koeffizienten des Grundmodells ohne Ausreißer	49
Tabelle 17: Koeffizienten des Modells 1	50
Tabelle 18: Koeffizienten des Modells 2	50
Tabelle 19: Koeffizienten des Modells 3	51
Tabelle 20: Koeffizienten des Modells 4	52
Tabelle 21: Koeffizienten des Modells 5	52
Tabelle 22: Überblick über die Überprüfung der aufgestellten Hypothesen.....	53

Gender-Erklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Masterarbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewandt. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll und keine Benachteiligung anderweitiger Geschlechter impliziert.

1 Einleitung

Die Erde ist von einer umfangreichen Pflanzenartenvielfalt geprägt. Dabei werden Pflanzen, die zu unterschiedlichen Zwecken von Menschen genutzt und gezüchtet werden, als Nutzpflanzen bezeichnet. Die Nutzungsformen sind unter anderem die Verwendung als Nahrungsmittel, Gewürze, Arzneimittel, Genussmittel, Futtermittel und zu technischen Zwecken (Lieberei und Reisdorff 2012: 3). Im Folgenden wird sich die Bedeutung des Begriffes Nutzpflanze auf die Verwendung von Pflanzen als Nahrungsmittel beschränken. Pflanzen sind die wichtigste Quelle der drei Makronährstoffe Kohlenhydrate, Proteine und Fette, durch die sich die Weltbevölkerung ernährt (Chen et al, 2019: 18). Obwohl insgesamt etwa 75.000 Pflanzen für den Verzehr geeignet sind, werden nur circa 160 Pflanzen in großem Maßstab angebaut. Für 90 % der globalen Nahrungsmittelversorgung werden wiederum lediglich 20 Nutzpflanzen verwendet. Neben den am meisten angebauten Pflanzen Mais (*Zea mays*), Weizen (*Triticum aestivum*), Reis (*Oryza sativa*) und Soja (*Glycine max*), tragen die Kartoffel (*Solanum tuberosum*), die Süßkartoffel (*Ipomoea batatas*) sowie Maniok (*Manihot esculenta*) maßgebend zur Welternährung bei (Lieberei und Reisdorff, 2012: 3-4; Massawe et al., 2016: 1).

Durch den Domestikationsprozess und die Züchtung unterscheiden sich die Nutzpflanzen von ihren Wildformen. Dies kann sich beispielsweise durch eine veränderte Anatomie, Morphologie oder chemische Zusammensetzung der Inhaltsstoffe ausdrücken. Ziel der Züchtung ist es, Pflanzen mit präferierten Eigenschaften zu selektieren, um diese besser kultivieren und nutzen zu können. Dazu gehören sowohl die Sicherung als auch die Erhöhung der Ernteerträge, eine hohe Toleranz gegenüber Witterung und Schädlingen sowie die Reduktion qualitätsbeeinträchtigender und die Erhöhung qualitätsbedingender Pflanzeninhaltsstoffe. In den letzten Jahrzehnten wurden neben der konventionellen Pflanzenzüchtung vermehrt biotechnologische und molekularbiologische Methoden entwickelt, durch die das Genom der Nutzpflanzen schneller und gezielter für die Erzeugung erwünschter Eigenschaften verändert werden kann (Lieberei und Reisdorff, 2012: 4-7). Eine dieser Technologien stellt die hochspezifische Methode der Genom-Editierung (GE) durch clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR) beziehungsweise CRISPR-assoziierte Sequenzen (Cas) dar (Brandt und Barrangou, 2019: 2; Chen et al., 2019: 2).

1.1 Problemstellung

Der geschätzte Anstieg der Weltbevölkerung auf 10 Milliarden Menschen bis hin zum Jahr 2050 stellt in Bezug auf die Nahrungsmittelsicherheit eine immer größer werdende Herausforderung dar. Die landwirtschaftliche Gesamtproduktion von Nutzpflanzen wird sich im Vergleich zum Jahr 2005 verdoppeln müssen, um die Versorgung der Bevölkerung sicherzustellen. Dabei erfordern insbesondere die Folgen des Klimawandels sowie abnehmende Nutzungsflächen einen Anstieg der landwirtschaftlichen Produktivität und die Beschleunigung der Entwicklung innovativer, nachhaltiger Technologien. Die GE durch CRISPR/Cas bietet unterschiedliche Möglichkeiten, dies zu erreichen. Durch den Einsatz dieses Gentechnikverfahrens in der Züchtung von Nutzpflanzen können beispielsweise Ernteerträge durch die Reduktion biotischer und abiotischer Stressfaktoren signifikant erhöht werden, ohne der Umwelt dabei durch den Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln zusätzlichen Schaden zuzufügen. Zusätzlich können die Inhaltsstoffe einer Nutzpflanze beeinflusst werden (Scheben et al., 2017: 2; Shew et al., 2018:1). Allerdings ist die Verbraucherwahrnehmung der Anwendung bisheriger Gentechnikverfahren, die als gentechnisch modifizierte Organismen (GMO) bezeichnet werden, insbesondere in Europa äußerst negativ. Obwohl sich die Verfahren der GE und GMO unterscheiden, könnte die Wahrnehmung der Verbraucher gleich ausfallen. Dies könnte dazu führen, dass die Verbraucherakzeptanz den wissenschaftlichen Fortschritt sowie die Kommerzialisierung von CRISPR/Cas-editierten Nutzpflanzen hindert (Shew et al., 2018: 1).

1.2 Ziel der Arbeit

Vor dem Hintergrund der Potentiale der Gentechnik für die Agrar- und Ernährungswirtschaft soll in dieser Arbeit auf Grundlage der bestehenden Erkenntnisse eine quantitative Analyse der Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln in Deutschland durchgeführt werden. Zentrale Bedeutung spielt dabei die vergleichende Betrachtung von pflanzlichen GMO. In diesem Rahmen soll festgestellt werden, ob Verbraucher zwischen der Anwendung von CRISPR/Cas und GMO unterscheiden. Weiterhin sollen die in der Literatur diskutierten demographischen und charakterlichen Eigenschaften als ausschlaggebende Einflussfaktoren auf die Akzeptanz untersucht werden. Da die derzeitige Studienlage zu dieser Thematik in Deutschland sehr begrenzt ist, sollen die erworbenen Erkenntnisse mit Ergebnissen von in anderen Ländern durchgeführten Studien verglichen

und diskutiert werden. Auf diese Weise soll geprüft werden, ob von Verbraucherseite die Zustimmung gegeben ist, dass CRISPR/Cas verwendet werden und das Verfahren so einen Beitrag zur Nahrungsmittelsicherung für 10 Milliarden Menschen liefern kann.

1.3 Aufbau der Arbeit

Eine wissenschaftliche Einordnung der Akzeptanz der Anwendung gentechnischer Verfahren an Nutzpflanzen setzt zunächst ein allgemeines Verständnis über die Bedeutung der Nutzpflanzenzüchtung voraus. Diese sowie ein Überblick der in diesem Rahmen angewandten Gentechnikverfahren werden in den folgenden Abschnitten des zweiten Kapitels vorgestellt, bevor schwerpunktmäßig das spezifische Verfahren CRISPR/Cas beleuchtet wird. Hierzu wird neben der ursprünglichen, natürlichen Funktionsweise als Immunsystem von Bakterien und Archaeen die Verwendung als Gentechnikverfahren erklärt. Weiterhin werden damit verbundene Chancen und Herausforderungen für die Agrar- und Ernährungswirtschaft beleuchtet. Abschluss des zweiten Kapitels bildet die Darstellung der derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen, die die Forschung und Anwendung der Technologien maßgeblich beeinflussen. Auf Basis der theoretischen Grundlagen werden die derzeitigen Forschungskenntnisse aus der Literatur in Bezug auf die Verbraucherakzeptanz von Gentechnik dargestellt. Hierbei bildet insbesondere die umfangreich untersuchte Verbraucherakzeptanz pflanzlicher GMO eine bedeutende Grundlage, da die anschließend vorgestellten Studien bezüglich der Akzeptanz von CRISPR/Cas bisher nur in geringer Anzahl vorliegen. Hauptteil dieser Arbeit bildet die im vierten Kapitel beschriebene, in diesem Rahmen durchgeführte quantitative Verbraucheranalyse. Hierzu werden zunächst die auf Basis der Literatur aufgestellten Hypothesen und die Konzeption des Online-Fragebogens vorgestellt, bevor eine statistische Auswertung der Ergebnisse folgt. Letztere werden interpretiert und mit den zugrundeliegenden Literaturerkenntnissen verglichen und diskutiert. Im Rahmen der Diskussion erfolgt neben der Betrachtung der Einflüsse der demographischen sowie charakterlichen Eigenschaften und Wahrnehmungen auf die Verbraucherakzeptanz pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel auch eine kritische Beurteilung der Durchführung der Online-Umfrage sowie dessen Auswertung. Zudem wird jeweils der weitere Forschungsbedarf, der durch die Ergebnisse aufgeworfen wird, thematisiert. Zum Abschluss dieser Arbeit wird ein Fazit gezogen, indem die zugrundeliegende Problemstellung mit den Ergebnissen der quantitativen Analyse der Verbraucherakzeptanz verbunden wird.

2 Theoretische Grundlagen gentechnischer Verfahren bei Nutzpflanzen

Seit der ersten Domestikation von Nutzpflanzen vor etwa 10.000 Jahren werden in der Pflanzenzüchtung Verfahren wie die genetische Kreuzung oder spontane Mutationen verwendet, um Nutzpflanzen mit verbesserten Eigenschaften zu erzeugen. Dies spielt eine bedeutende Rolle für die kontinuierliche Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktivität. Da das Genmaterial in der konventionellen Pflanzenzüchtung nicht präzise kontrolliert werden kann, können mit der Entstehung angestrebter Eigenschaften zudem unvorhergesehene Effekte, beispielsweise die Erzeugung schädlichen Materials, auftreten. Aus diesem Grund sind die aktuellen Züchtungsmethoden zeitaufwendig und erfordern multiple Runden der Kreuzung und Selektion. Dies führt dazu, dass es unwahrscheinlich ist, dass traditionelle Methoden zukünftig den erfordernten Bedarf verbesserter Eigenschaften zur Deckung der Nahrungsmittelsicherheit bis 2050 erreichen können (Brandt und Barrangou, 2019: 7; Scheben et al., 2017: 2,9f.; Zaidi et al., 2019: 1). Im Gegensatz zur konventionellen Züchtung können im Rahmen der Züchtung mit Hilfe von Gentechnik deutlich schneller gewünschte Eigenschaften wie erhöhte Ernteerträge, eine verbesserte Unkraut- und Insektentoleranz sowie eine verbesserte Toleranz gegenüber abiotischem Stress wie beispielsweise Dürre erzielt werden (Kumar et al., 2020: 2f.; Zaidi et al., 2019: 1). Einen Überblick welche Gentechnikverfahren hierfür verwendet beziehungsweise bisher entwickelt wurden, bietet das folgende Kapitel.

2.1 Überblick gentechnischer Verfahren bei Nutzpflanzen

Pflanzen, in deren Genom spezifische Segmente exogener Gensequenzen eingefügt werden, werden als transgene Pflanzen bezeichnet. Die eingefügten Gensequenzen beziehungsweise Transgene können aus anderen Pflanzen, Bakterien, Viren, Pilzen oder einer Tierart stammen (Kumar et al., 2020: 1). 1977 entdeckten Chilton et al. (1977: 5) die Fähigkeit des *Agrobacterium tumefaciens* Tumor-induzierende (Ti) Plasmide in das Genom von Pflanzenzellen einzusetzen. Ti Plasmide dienen auf diese Weise als Vektor, um fremde Gene in Pflanzen zu übertragen, wodurch es Forschern gelang, spezifische Gensequenzen gekreuzter Desoxyribonukleinsäure (DNS) in Pflanzenzellen einzufügen. (Kumar et al., 2020: 2-3; Zaidi et al., 2019: 1). Dadurch entstanden die ersten GMO. Die globale Anbaufläche von transgenen Nutzpflanzen erhöhte sich von 1,7 Millionen Hektar im Jahr 1996 auf

191,7 Millionen Hektar im Jahr 2018. Neben dem Anbau von transgenen Sojabohnen auf etwa der Hälfte dieser Fläche, wurden hauptsächlich transgener Mais, transgene Baumwolle und transgener Raps angebaut (Kumar et al., 2020: 3).

Die aus der Implementierung fremder Gene in Pflanzen resultierenden Risiken führten allerdings zu einer kritischen Haltung der Verbraucher gegenüber GMO. Die Risiken liegen insbesondere in den potenziellen toxischen und allergischen Effekten für den Menschen sowie in der Gefährdung der Umwelt durch den potenziellen Genfluss zwischen transgenen Pflanzen und deren verwandten Wildtypen, der zum Verlust der Biodiversität führen könnte. Des Weiteren wurden Bedenken geäußert, der Transfer von antibiotikaresistenten Genen könnte zu einer Veränderung der Darmmikrobiota von Tier und Mensch und die Toleranz gegenüber Insekten und Unkraut zur Entwicklung von neuen Arten, die gegen die genetisch modifizierten Pflanzen resistent sind, führen (Kumar et al., 2020: 9f.).

Zur Reduktion der aufgeführten Risiken wurden die Cisgenetik, die Intragenetik und die Genom-Editierung (GE) entwickelt. Bei Anwendung dieser Verfahren wird zwar ebenfalls eine genetische Modifikation vorgenommen, jedoch können diese Pflanzen so gezüchtet werden, dass im Endprodukt keine Transgene mehr vorliegen (Kumar et al., 2020: 11; Zaidi et al., 2019: 1). In der Cisgenetik wird eine Kopie einer natürlichen Gensequenz inklusive deren zur Regulation benötigten Elemente aus derselben oder einer nahe verwandten Pflanzenspezies eingefügt. Im Gegensatz zur konventionellen Züchtung enthalten cisgene Pflanzen als Folge nur die gewollten und keine ungewollten Gensequenzen. Die Intragenetik funktioniert nach demselben Grundprinzip. Allerdings unterscheidet sie sich von der Cisgenetik dadurch, dass die Gensequenz und die regulatorischen Elemente aus unterschiedlichen, kombinierten Genen entstammen können (Kumar et al., 2020: 11).

Die GE bietet im Vergleich zu den bisher aufgeführten Verfahren die Möglichkeit der gezielten Kontrolle und Steuerung des Mutationsprozesses. Die hochspezifische Editierung von Genen kann durch zwei verschiedene Methoden erfolgen. Entweder können Hybridenzyme erzeugt oder das CRISPR/Cas-System, auf dem der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt, verwendet werden. Hybridenzyme bestehen aus fusionierten DNS-Bindungsdomänen und Nukleasen. Bei Letzteren handelt es sich um Zinkfinger-nukleasen oder transkriptionsaktivatorartige Effektor-nukleasen. Sie lassen sich erfolgreich bei Nutzpflanzen anwenden. Allerdings ist die Entwicklung der Hybridenzyme komplex und mit hohen Kosten

verbunden, da für jede Zielsequenz ein neues Enzym entwickelt werden muss. Im Gegensatz dazu weist die Ribonukleinsäure (RNS)-basierte Sequenzspezifität des CRISPR/Cas-Systems vielfältige Einsatzmöglichkeiten und niedrige Kosten auf. Die Entwicklung der benötigten Elemente ist vergleichsweise einfach und schnell (Brandt und Barrangou, 2019: 7; Scheben et al., 2017: 2). Ferner bietet die Fähigkeit des CRISPR/Cas-Systems an mehreren spezifischen Stellen im Genom simultan Editierungen vorzunehmen die Möglichkeit mehrere Eigenschaften einer Sorte in einer Generation zu verbessern. Dies ermöglicht im Vergleich zu anderen Züchtungsmethoden, die von Kreuzungen über viele Generationen hinweg und damit zufälligen, simultanen Mutationen abhängig sind, einen Vorteil. Die gewünschten Ergebnisse sind demnach prognostizierbarer und schneller zu erreichen. Durch die Generierung einer umfangreichen Vielfalt an neuartigen Allelen durch CRISPR/Cas werden Labor- und Feldversuche nicht nur zu einer Verbesserung der Nutzpflanzeigenschaften, sondern zu dessen Optimierung führen können (Scheben et al., 2017: 10-12).

2.2 Die Funktionsweise von CRISPR/Cas

Die GE durch CRISPR/Cas beruht auf der Funktionsweise des Immunsystems von Bakterien und Archaeen. Zum Verständnis der gentechnischen Anwendung bei Nutzpflanzen werden im Folgenden zunächst die verschiedenen CRISPR/Cas-Systeme vorgestellt sowie der Ablauf der Immunantwort erläutert. Ausgehend von der Funktionsweise von CRISPR/Cas wird anschließend dargestellt, wie durch die Entdeckung des Immunsystems ein Tool für die GE entwickelt werden konnte, bevor auf die Potentiale, Herausforderungen sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen eingegangen wird.

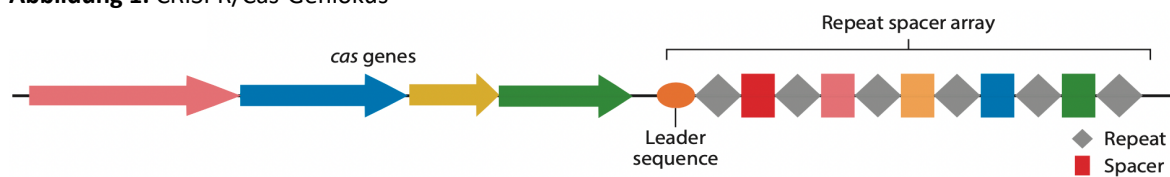
2.2.1 Grundlagen der CRISPR/Cas-Systeme

Ishino et al. (1987: 4) konnten 1987 als Erstes ungewöhnliche, sich wiederholende Sequenzen im Genom von *Escherichia coli* Bakterien identifizieren. Auf Basis dieses Befundes wurden im weiteren Verlauf der Forschung die Abläufe eines DNS-kodierten, RNS-vermittelten und auf Nucleinsäuren abzielenden adaptiven Immunsystems von Bakterien und Archaeen erkannt: das CRISPR/Cas-System (Brandt und Barrangou, 2019: 3; Chen et al., 2019: 4; Nidhi et al., 2021: 7). Das Immunsystem dient dazu im Falle des Eintretens von beispielweise Plasmiden oder Bakteriophagen, sogenannten mobilen genetischen Elementen, deren

DNS-Segmente in einer CRISPR-Matrix zu speichern. Dies führt bei erneutem Eintreten ähnlicher mobiler genetischer Elemente dazu, dass diese erkannt und zerstört werden können (Koonin und Makarova, 2019: 1; Selle und Barrangou, 2015: 3).

Inzwischen wurden zwei Klassen von CRISPR/Cas-Systemen mit jeweils drei Typen und insgesamt 33 Subtypen entdeckt. Zum Verständnis der Abläufe der CRISPR/Cas-Systeme und der Einordnung der Forschungsergebnisse, ist eine Klassifizierung der Systeme essenziell (Nidhi et al. 2021: 7). Jedes System beruht auf einem CRISPR/Cas-Genlokus, der aus einer CRISPR-Matrix und den anhängenden Cas-Genen besteht (Vgl. Abbildung 2).

Abbildung 1: CRISPR/Cas-Genlokus



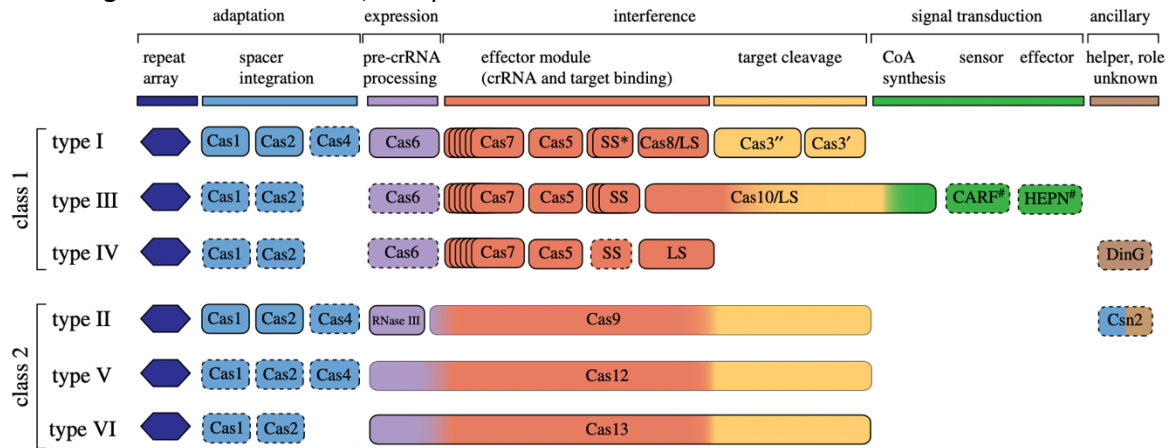
Quelle: Brandt und Barrangou, 2019: 4

Die Matrix besteht bei allen Typen aus einer Leader-Sequenz, die die Transkription der Matrix veranlasst, den palindromischen Wiederholungen – sogenannte Repeats – und den Spacern. Die zwischen zwei und vielen hundert Repeats bestehen aus jeweils 21-47 Basenpaaren. Die Spacer setzen sich typischerweise aus jeweils 20-72 Basenpaaren zusammen. Im Gegensatz zur Matrix sind die anliegenden Cluster der multiplen Cas-Gene je nach Typ der CRISPR/Cas-Systeme jeweils spezifisch. Die Cas-Gene erhalten die Kodierung für Adaptations- und Effektorproteine sowie teils zusätzliche Gene. Die aus den Cas-Genen exprimierten Cas-Proteine stellen einen fundamentalen Bestandteil der Immunantwort dar, da sie die Erkennung, Verarbeitung und den Abbau von CRISPR RNS (crRNS) steuern (Koonin und Makarova, 2019:2; Nidhi et al., 2021: 5; Selle und Barrangou, 2015:3).

Klasse 1 der CRISPR/Cas-Systeme beinhaltet die Typen I, III und IV und ist durch einen aus verschiedenen Einheiten bestehenden Effektorkomplex, der maßgeblich für die Regulation des Ablaufs der Immunantwort verantwortlich ist, charakterisiert. Klasse 2 hingegen besteht aus den Typen II, V und VI und ist durch ein einziges Effektorprotein charakterisiert. Die verschiedenen Typen unterscheiden sich durch die Präsenz unterschiedlicher Cas-Gene (Vgl. Abbildung 1). Beide Klassen der CRISPR/Cas-Systeme haben großes Potential für die GE. Da die Klasse 2 jedoch einfacher in ihren Abläufen ist, ist insbesondere diese von großer Bedeutung. Das am häufigsten für die GE genutzte Protein der CRISPR-Systeme ist dabei

das Cas9 des Typ II (Brandt und Barrangou, 2019: 3; Nidhi et al., 2021: 13; Selle und Barrangou, 2015: 2). Aus diesem Grund wird der Schwerpunkt der Erläuterung des Ablaufs der Immunantwort durch CRISPR/Cas im weiteren Verlauf dieser Arbeit auf Cas9 liegen.

Abbildung 2: Struktur der CRISPR/Cas Systeme



Quelle: Koonin und Makarova, 2019: 3

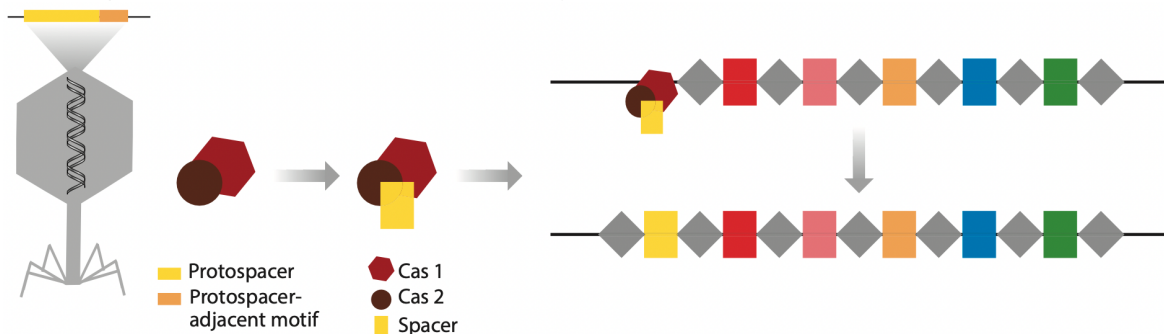
2.2.2 Ablauf der Immunantwort von CRISPR/Cas

Die Immunantwort setzt sich aus drei einzelnen, jedoch ineinander übergehenden Abschnitten zusammen: die Adaptation, die Expression und die Interferenz (Koonin und Makarova, 2019:2; Nidhi et al., 2021: 5; Selle und Barrangou, 2015:3).

(1) Der erste Schritt der Immunantwort, die Adaptation (Vgl. Abbildung 3), besteht aus der Akquise neuer Spacer, beziehungsweise in die Zelle eintretender Fremd-DNS, die von einem Cas-Protein-Komplex erkannt und ein Teil von ihr in die in die Matrix eingebaut wird. Die eindringende DNS wird zunächst als Protospacer und nach erfolgtem Einbau in das Genom als Spacer bezeichnet. Im Typ II System wird ein Protospacer über ein zwei bis vier Basenpaare langes protospacer adjacent motif (PAM) identifiziert. Es handelt sich dabei um eine spezifische Sequenz, die als Erkennungssignal fungiert. An dieser Stelle kommt es durch den Cas-Protein-Komplex zu einem Doppelstrangbruch der Fremd-DNS und der freigesetzte Protospacer wird in das proximale 5' Ende der CRISPR-Matrix hinter die Leader-Sequenz zwischen zwei Repeats eingebaut. Da das PAM nicht in den CRISPR-Genlokus eingebaut wird, dient es zudem zur Unterscheidung zwischen Eigen- und Fremd-DNS, welche für erneute Infektionen mit der Fremd-DNS von Bedeutung ist. Auf diese Weise werden nacheinander kontinuierlich Protospacer in die CRISPR-Matrix eingebaut. Folglich spiegelt

die Matrix die Infektionsgeschichte des Organismus wider (Brandt und Barrangou, 2019: 3; Koonin und Makarova: 2; Selle und Barrangou, 2015: 2).

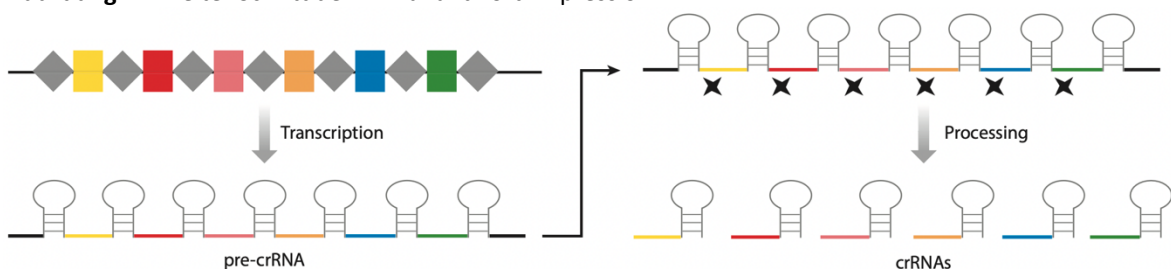
Abbildung 3: Erster Schritt der Immunantwort: Adaptation



Quelle: Brandt und Barrangou, 2019: 4

(2) Der zweite Schritt der Immunantwort ist die Expression von crRNS (Vgl. Abbildung 4). Die Transkription beginnt an der Leader-Sequenz der CRISPR-Matrix. Bei der Transkription entsteht zunächst eine lange Präkursor crRNS (precrRNS), die an den Repeats zu ausgereiften crRNSs gespalten wird. Eine ausgereifte crRNS besteht aus einem Spacer und einem Repeat und ist je nach System in ihrer Länge unterschiedlich. Im Typ II System wird für die Entstehung von precrRNS eine trans-aktivierende RNS (tracrRNS) benötigt. Die crRNS-tracrRNS-Komplexe werden anschließend von Cas9 gebunden und verarbeitet (Brandt und Barrangou, 2019: 2-3; Jinek et al., 2012: 3; Koonin und Makarova, 2019: 2). Die CRISPR-Matrix wird unter Standardbedingungen stetig transkribiert, kann jedoch bei einer Infektion von Phagen auch induziert werden (Selle und Barrangou, 2015: 2).

Abbildung 4: Zweiter Schritt der Immunantwort: Expression

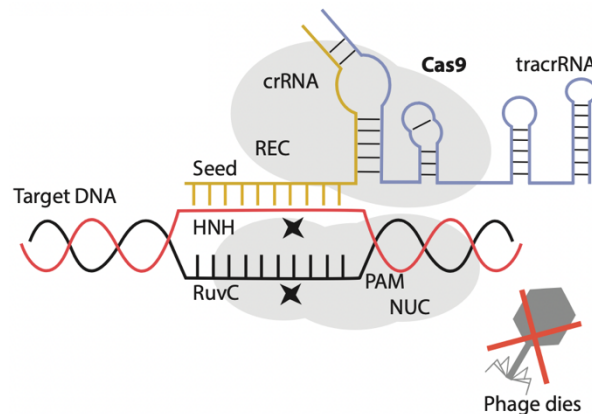


Quelle: Brandt und Barrangou, 2019: 4

(3) Den letzten Schritt der Immunantwort stellt die Interferenz dar (Vgl. Abbildung 5). Die Steuerung erfolgt durch ein Effektorprotein oder einen Effektorkomplex, der exogene Nukleinsäuren erkennt und schneidet. Die Mechanismen des Schneidens sind spezifisch für jeden Typ. Im Typ II System ist hierfür nur das Cas9 notwendig, das den crRNS-tracrRNS-Komplex gebunden hat. Findet das Cas9 eine PAM-Sequenz in eindringender exogener DNS,

bindet es an den nicht-komplementären Strang des PAM und überprüft die DNS auf Ähnlichkeit mit dem Spacer der crRNS. Stimmen diese überein, initiiert Cas9 durch die beiden Nickasen HNH und RuvC einen Doppelstrangbruch in der Fremd-DNS wodurch die eindringende Struktur zerstört wird (Brandt und Barrangou, 2019: 5; Nidhi et al., 2021: 12).

Abbildung 5: Dritter Schritt der Immunantwort: Interferenz



Quelle: Brandt und Barrangou, 2019: 4

2.2.3 Genom-Editierung durch CRISPR/Cas

Das Verständnis über die Abläufe dieses Immunsystems führte zu einer Anpassung als Tool für die GE (Brandt und Barrangou, 2019: 5). Jinek et al. (2012: 2) fanden 2012 heraus, dass das Cas9 programmierbar ist, wofür Jennifer A. Doudna und Emmanuelle Charpentier 2020 den Nobelpreis in Chemie erhielten (Nidhi et al., 2021: 13). Wird einem Protein eine synthetische single-guide RNS (sgRNS), die den natürlichen crRNS-tracrRNS-Komplex imitiert, zur Verfügung gestellt, kann das Cas9 an spezifische Stellen einer exogenen DNS binden und schneiden. Die einzige Voraussetzung für die korrekte Erkennung der Zielsequenz ist das Vorhandensein einer PAM-Sequenz. Die Synthese von sgRNS ist nicht nur mit niedrigen Kosten verbunden, sondern es besteht zudem die Möglichkeit mehrere sgRNS zu bündeln, wodurch die Editierung verschiedener Stellen in einer Zelle simultan möglich ist. Wurden die notwendigen Komponenten erstellt, können diese durch Plasmide, Phagen oder Ribonukleoproteine (RNP) in den Zielorganismus eingeführt und dort auf verschiedene Weise genutzt werden (Brandt und Barrangou, 2019: 5). Die effizienteste DNS-freie Methode mit niedrigstem Risiko für ungewollte Effekte bei den meisten Nutzpflanzen ist der Partikelbeschuss von Cas9/sgRNS RNP durch eine Genkanone (Chen et al., 2019: 12).

Wurde durch Cas9 ein Doppelstrangbruch initiiert, werden auf natürliche Weise endogene Reparaturmechanismen aktiviert, die sich für die GE zu Nutzen gemacht werden. Hauptsächlich handelt es sich dabei um die beiden DNS-Reparaturmechanismen der nicht-homologen Rekombination beziehungsweise der homologen Rekombination. Die nicht-homologe Rekombination repariert Doppelstrangbrüche, ohne eine homologe Reparaturvorlage zu benötigen. Dabei entstehen Insertionen oder Deletionen, die zusammengefasst als Indel bezeichnet werden. Da diese für die GE teilweise nicht präzise genug sind, können in diesen Fällen spezifische Punktmutationen erzeugt und durch die homologe Rekombination gewünschte Sequenzen eingefügt oder ersetzt werden. Die Reparatur des Doppelstrangbruchs erfordert eine zur Schnittstelle homologe Reparaturvorlage, die die Zelle natürlicherweise selbst zur Verfügung stellt. Hierfür kann jedoch auch eine exogen zugeführte DNS, die die gewünschte modifizierte Sequenz enthält, genutzt werden. Auf diese Weise können Gene eingefügt, ersetzt oder entnommen werden (Araki und Ishii, 2015: 3; Brandt und Barrangou, 2019: 5-6; Chen et al., 2019: 7; Nidhi et al., 2021: 13). Voraussichtlich wird die nicht-homologe Rekombination für die GE präferiert werden, da durch diesen Mechanismus kein Transgen eingefügt wird (Ishii und Araki, 2016: 2).

Ergänzend zu Cas9 wurden in den letzten Jahren einige neue effektivere CRISPR/Cas-Systeme für die GE entwickelt, die eine höhere Spezifität aufweisen und die Limitationen des Cas9-Systems überwinden. Beispielsweise benötigt das Cas12a kürzere Nukleotide, kreiert größere Deletionen an den Zielorten und unterstützt zudem den Reparaturmechanismus. Das Cas12b ist im Vergleich zu Cas9 und Cas12a kleiner, wodurch es vielversprechend für eine optimierte Editierung von Nutzpflanzen scheint. Zudem ist die Anpassungsfähigkeit des Proteins höher, wodurch es für eine vielfältigere Nutzung entwickelt werden kann. Nachteilig ist jedoch der erhöhte Temperaturbedarf für eine optimale Aktivität, die die Praktikabilität in der Anwendung bei Nutzpflanzen senkt. Das Cas13 schneidet spezifisch einsträngige RNS. In Kombination mit auf DNS abzielenden Cas-Proteinen bietet es der Pflanzenzüchtung neue Möglichkeiten. Das Cas14a zeigt hingegen Potential in seiner Effektivität gegen Viren und mobilen genetischen Elementen mit einsträngiger DNS und ist das kleinste bisher erforschte Cas-Protein. Zusammen bieten die Cas-Proteine durch ihre spezifischen Charakteristika auf RNS- oder DNS-Ebene vielfältige Möglichkeiten für die Editierung des Genoms von Nutzpflanzen (Biswas et al., 2021: 11-12; Nidhi et al., 2021: 15).

2.3 Potentiale von CRISPR/Cas

Die Potentiale von CRISPR/Cas in der Pflanzenzüchtung wurden bereits in vielzähligen Studien untersucht. Die Elimination ungewollter Gensequenzen stellt dabei die einfachste und am häufigsten genutzte Anwendungsmöglichkeit dar. Die Steigerung der Ernteerträge zur Deckung des zukünftigen Bedarfs für die Nahrungsmittelsicherheit ist das hauptsächliche Ziel der Verbesserung der Nutzpflanzeigenschaften. Durch CRISPR/Cas können die sogenannten ertragsbestimmenden Faktoren, die die Menge, Größe und das Gewicht von Körnern sowie die Anzahl der Wurzelsprossen und die Rispen bestimmen, effektiv beeinflusst und so die Erträge erhöht werden (Chen et al., 2019: 12). Des Weiteren bietet CRISPR/Cas die Möglichkeit, die Effizienz des Kohlenstoffdioxid-fixierenden Enzyms RuBisCo zu steigern und so durch eine effizientere Photosynthese zu einer Erhöhung der Erträge beizutragen (Scheben et al., 2017: 12). Neben den quantitativen Aspekten spielen auch die qualitativen Faktoren eine bedeutende Rolle in der Nutzpflanzenzüchtung. Bisher konnten durch die GE eine Reihe verschiedener Eigenschaften beeinflusst werden. Dazu zählen beispielsweise die Verbesserung des Dufts verschiedener Reissorten sowie dessen Amylosegehalt für verbesserte Koch- und Esseigenschaften. Weiterhin führte die Eliminierung der Gliadin-Domänen bereits zur Züchtung von Weizen mit niedrigem Glutengehalt. Auch der Ölsäuregehalt von Raps konnte durch CRISPR/Cas erhöht werden. In Tomaten konnte neben der Lagerfähigkeit der Gehalt von Lycopin und γ -Aminobuttersäure erhöht und in Kartoffeln der Gehalt an toxischen Glykoalkaloiden reduziert werden (Chen et al., 2019: 14). Zukünftig könnte die Veränderung endogener Stoffwechselwege einer Pflanze auch zu einer Akkumulation von Mikronährstoffen in den verzehrbaren Pflanzenteilen führen und so den Nährwert erhöhen. Zur Erzielung dieser Mengen- und Qualitätsverbesserungen ist in der Regel die simultane Editierung verschiedener Gene von großer Bedeutung, die durch die konventionelle Pflanzenzüchtung nicht erreicht werden kann (Scheben et al., 2017: 12).

Die bedeutendsten Einflüsse auf die Erträge und qualitativen Eigenschaften der Nutzpflanzen stellen Stressfaktoren dar. Biotischer Stress entsteht durch den Befall von Pilzen, Insekten, Bakterien oder Viren. Die Kontaminationen von Anbauflächen mit toxischen Schwermetallen wie beispielsweise Cadmium oder Arsen sowie extreme Temperaturen, Dürre, Überflutungen und der Salzgehalt stellen hingegen abiotische Stressfaktoren dar. Die

Elimination verschiedener Gene durch CRISPR/Cas kann die Toleranz gegenüber diesen Stressoren erhöhen und so Resistenzen gezüchtet werden, die sich wiederum positiv auf die aufgeführten quantitativen und qualitativen Eigenschaften auswirken (Chen et al., 2019: 14; Nidhi et al., 2021: 15). Neben der Elimination ungewollter Gensequenzen kann durch die homologe Rekombination eine präzise Insertion oder der Austausch von Genen erfolgen. Da dieser Reparaturmechanismus allerdings bei Pflanzen natürlicherweise eine untergeordnete Rolle spielt, sind die Einsatzmöglichkeiten der GE bisher beschränkt. Jedoch konnte beispielsweise schon die Dürretoleranz in Mais verstärkt und die Lagerdauer von Tomaten verlängert werden (Chen et al., 2019: 15).

Ein weiterer Anwendungsbereich von CRISPR/Cas besteht in der beschleunigten Domestikation von Wildpflanzen. Zum Beispiel ist das Acker-Hellerkraut ein in Eurasien und Nordamerika weit verbreitetes Unkraut, das zu einer wertvollen kältetoleranten Ölsamennutzpflanze domestiziert werden könnte, wenn deren Ölqualität und die Brucheigenschaften der Samenkapsel verbessert werden würden. Des Weiteren könnte durch die Sequenzierung und Editierung der Vorläufer heutiger Nutzpflanzen wie dem Wilden Emmer (*Triticum dicoccoides*) oder Wildem Reis (*Oryza rufipogon*) die landwirtschaftliche Diversifikation und Nachhaltigkeit gesteigert werden (Chen et al., 2019: 19; Scheben et al., 2017: 13-14).

2.4 Herausforderungen von CRISPR/Cas

Die GE durch CRISPR/Cas bietet der Nutzpflanzenzüchtung bedeutende Vorteile im Hinblick auf die Effektivität, Präzision, Flexibilität und die Wirtschaftlichkeit der Technologie im Vergleich zur konventionellen Züchtung beziehungsweise der transgenen Gentechnik (Kumar et al., 2020: 15). Allerdings sind mit CRISPR/Cas einige ethische und moralische Risiken sowie Sicherheitsrisiken verbunden. Obwohl die Anwendung der Technologie an menschlichen Zellen im Rahmen von klinischen Studien zu Erbkrankheiten, Krebs, Organtransplantationen oder an Embryos am umstrittensten ist, sind auch für die Nutzung in der Pflanzenzüchtung Bedenken erhoben worden (Camporesi und Cavaliere, 2016: 5; Shinwari et al., 2017: 1-3; Zhang et al., 2020: 4).

Eine der Hauptrisiken stellen die sogenannten Off-Target-Effekte dar. Diese führen aufgrund Nichterkennung der Zielsequenz durch den Spacer der sgRNS zu einem

unspezifischen Schneiden der DNS an ungezielten Regionen im Genom und so zu ungewollten Mutationen, die schädliche Auswirkungen für den Menschen und die Umwelt haben können (Kumar et al., 2020: 15; Nidhi et al, 2021: 28; Shinwari et al., 2017: 4). Obwohl Off-Target-Effekte bereits bei der Anwendung von CRISPR/Cas in der Nutzpflanzenzüchtung beobachtet werden, wird das Risiko der Häufigkeit des Auftretens dieser Effekte bei Pflanzen derzeit als sehr niedrig eingestuft. 2019 konnten Li et al. zeigen, dass von 4413 potenziellen Off-Target-Stellen bei Baumwollpflanzen, die durch CRISPR/Cas editiert wurden, nur vier Indel Mutationen auftraten (Li et al, 2019: 3; Zhang et al., 2020: 4). Durch modifizierte Cas9 und sgRNS wird bereits an der Reduktion von Off-Target-Effekten geforscht (Brandt und Barrangou, 2019: 8). Derzeit ist das Standardverfahren der Entwicklung von sgRNSs, dass das Standardreferenzgenom einer Pflanze als Vergleichsbasis verwendet wird. Allerdings liegen diese Referenzgenome nicht für jede Pflanze vor. Jede genetische Variation einer Pflanze könnte die Spezifität der sgRNS beeinflussen, weshalb die Analyse der Sequenz des gesamten Genoms ein bedeutender Schritt für die Spezifität von CRISPR/Cas ist. Um Off-Target-Effekte erfolgreich zu minimieren, sollte demnach die genetische Variation von unterschiedlichen Sorten einer Pflanze sorgfältig geprüft werden (Li et al., 2019: 8).

Im Zusammenhang der Off-Target-Effekte spielt jedoch auch ein weiteres Risiko eine Rolle: Es besteht die Möglichkeit, dass Gene zwischen Organismen durch die Entwicklung sogenannter Gene Drive Systeme übertragen werden. Dabei handelt es sich um eine genetische Modifikation, durch die die Vererbung bestimmter Gene in einer Population schneller als in normalen Verhältnissen abläuft. Durch das Gene Drive wird eine CRISPR-basierte Mutation aktiv von einem Chromosom auf das Partnerchromosom kopiert. Dadurch werden an Stelle von einer fünfzigprozentigen Erbwahrscheinlichkeit im Rahmen der klassischen GE, die in einem Chromosom angewandt wird, alle Nachkommen in den folgenden Generationen das editierte Gen erben. Geschieht dies, könnte ein Off-Target-Effekt ebenfalls übertragen und so zu einer Gefahr der ökologischen Integrität führen. (Nidhi et al., 2021: 29; Shinwari et al., 2017: 4). Das gefürchtetste Szenario wäre, dass die Technologie illegal oder unverantwortlich eingesetzt wird. So könnte es sowohl absichtlich als auch unabsichtlich zur Produktion einer biologischen Waffe wie die Entwicklung hochinfektöser Viren oder Pathogene, die den Menschen und die Umwelt angreifen, oder der Entwicklung eines hochinvasiven Unkrauts kommen. Die wirtschaftlichen und anwendungsbedingten vorteilhaften Aspekte von CRISPR/Cas im Vergleich zu anderen gentechnischen Verfahren erhöhen

gleichzeitig das Missbrauchsrisiko (Nidhi et al., 2021: 30 Shinwari et al., 2017: 4; Zhang et al., 2020: 4).

Wird CRISPR/Cas ohne die Implementation eines Transgens, also über die nicht-homologe Rekombination genutzt, ist die Wahrscheinlichkeit für die aufgeführten Risiken, abgesehen von einem unverantwortlichen Einsatz, im Vergleich zu den anderen gentechnischen Verfahren bei Nutzpflanzen gering. Die gentechnischen Modifikationen, die durch die GE spezifisch und effizient vorgenommen werden, könnten auch durch natürliche Variationen beziehungsweise Variationen durch chemische und physikalische Mutagenese entstehen. Zudem können die Expressionskassetten, die für die Editierung einer Pflanze benötigt werden, aus dem Genom herausgetrennt werden oder werden bei Transfer durch RNP erst gar nicht eingefügt. Aus diesem Grund sind die editierten Pflanzen ohne Transgen von ihren Risiken her, Pflanzen, die durch konventionelle Pflanzenzüchtung erzeugt werden, ähnlich (Zhang et al., 2020: 8).

2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen gentechnischer Verfahren

Aufgrund der in Kapitel 2.5 aufgeführten Risiken, die mit der Anwendung der CRISPR/Cas-Technologie in der Nutzpflanzenzüchtung einhergehen, sollten beispielsweise nach Caplan et al. (2015: 4) die gesetzlichen Vorschriften klare Anforderungen bezüglich der Sicherheit und der Effektivität editierter Pflanzen vorschreiben. Die derzeitige europäische Rechtslage über GMO setzt sich aus verschiedenen Gesetzen zusammen. Am 25. Juli 2018 wurde entschieden, dass alle durch GE erzeugten Organismen ebenfalls Bestandteil dieser Gesetze sind (Schiemann et al., 2020: 2).

Ziel der rechtlichen Rahmenbedingungen ist es, die Gesundheit der Menschen, Tiere und der Umwelt zu bewahren. Dies wird durch eine Risikoeinschätzung nach höchstmöglichen Standards vor einer Marktzulassung eines GMO abgesichert. Dazu wurden harmonisierte und transparente Prozeduren für die Risikoeinschätzung und Befugnisse von GMO festgelegt und deren Nachverfolgbarkeit sichergestellt. Weiterhin ermöglicht die Verwendung eindeutiger Label es den Konsumenten eine informierte Entscheidung zu treffen. Hauptbestandteil der Gesetzgebung sind sechs Richtlinien und Verordnungen. Zu Ersteren zählen die Richtlinie 2001/18/EC über die vorsätzliche Freisetzung vom GMO in die Umwelt, die Richtlinie 2015/412 über die Möglichkeit der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU)

die Kultivierung von GMO im eigenen Land einzuschränken oder zu verbieten sowie die Richtlinie 2009/41/EC über die kontrollierte Nutzung von genetisch modifizierten Mikroorganismen. Zu den Verordnungen zählen die Verordnung 1829/2003 über genetisch modifizierte Nahrungs- und Futtermittel, die Verordnung 1830/2003 über die Nachverfolgbarkeit und das Labelling von GMO sowie die Nachverfolgbarkeit von Nahrungs- und Futtermittel, die aus GMO produziert wurden und die Verordnung 1946/2003 über die grenzüberschreitende Verbringung von GMO. Diese Gesetze werden durch eine Reihe von Regeln, Empfehlungen und Leitlinien zu spezifischeren Aspekten ergänzt (Europäische Kommission, 2021a).

Auf europaweiter Ebene wird eine Risikoeinschätzung über ein GMO jeweils im Einzelfall in einem schrittweisen Verfahren betrachtet. Dabei wird das Vorsorgeprinzip angewandt, nach dem explizit spekulative Unsicherheiten und Risiken diskutiert werden. Die European Food Safety Authority (EFSA) stellt eine wissenschaftliche Beurteilung und eine Einschätzung der Auswirkungen bezüglich der Sicherheit und des Umwelteinflusses des zu prüfenden GMO bereit. Die Europäische Kommission (EK) ist anschließend für die Entscheidung über das Risikomanagement verantwortlich (Agapito-Tenfen et al., 2018: 2; Lassoued et al., 2018: 2; Zhang et al., 2020: 12). Global erfolgt die Regulierung von allen Gentechnikprodukten entweder technologie- oder produktbasiert. Beispielsweise ordnen die Europäische Union, Neuseeland und Indien die GE unter den GMO ein und regulieren diese basierend auf der Technologie, die zu deren Erzeugung genutzt wurde. Andererseits erfolgt die Einordnung in beispielsweise Argentinien, Australien, Brasilien, Kanada, Chile, Japan und den USA basierend auf dem finalen Produkt. Diese Länder stufen Organismen, die kein Transgen erhalten, als nicht gentechnisch verändert ein. Die unterschiedlichen Auffassungen führten zu einem inkonsistenten globalen Regelwerk (Biswas et al., 2021: 13; Brandt und Barrangou, 2019: 12).

Laut dem 2003 beschlossenen internationalen Cartagena-Protokoll über die biologische Sicherheit, ist ein lebender GMO jeder Organismus, der durch eine moderne Biotechnologie eine neuartige, nicht natürlich vorkommende Kombination seines genetischen Materials aufweist (Biosafety Clearing-House, 2003). Dies lässt einen Interpretationsspielraum offen, ob sich die durch CRISPR/Cas modifizierten Nutzpflanzen, die kein Transgen erhalten, von dieser Definition differenzieren. Da Genom-editierte Nutzpflanzen je nach verwendeter Methode konventionell gezüchteten Pflanzen ähnlich sein können, besteht eine laufende

Debatte darüber, ob genetisch editierte Organismen von ihrer Einordnung mit GMO gleichzusetzen sind und ebenso reguliert werden sollten (Biswas et al., 2021: 13; Zhang et al., 2020: 12). Der Europäische Gerichtshof entschied im Fall C-528/16, dass Organismen, die durch eine Mutagenese erzeugt wurden, als GMO definiert und reguliert werden, da im Prozess das genetische Material auf eine unnatürliche Weise verändert wird. Problematisch ist, dass es für die Erzeugung einer Mutagenese unterschiedliche Technologien gibt, die nicht definiert wurden. Die Argumentation für eine Differenzierung der genetisch editierten Organismen zu GMO liegt in der Auffassung, dass die verwendete Technologie einen Einfluss auf die Definition hat (Agapito-Tenfen et al., 2018: 4; Zhang et al., 2020: 9).

Obwohl viele europäische Forscher den Fortschritt neuer Biotechnologien führend vorantreiben, hindert die derzeitige Gesetzeslage der EU sich daraus ergebende mögliche Innovationen im Agrarsektor. Die Ablehnung von Finanzierungsanträgen führt zu einer Abwanderung der Forschung aus der EU weg, da die Entwicklung sowie die kommerzielle Nutzung neuer Technologien und Nutzpflanzen ohne eine legale Befugnis nicht erfolgen kann (Lassoued et al., 2018: 2). Damit einhergehend stellt sich die Frage, ob die derzeitige Gesetzesgrundlage überarbeitet und an die neuen Technologien der GE wie CRISPR/Cas und deren Produkte angepasst werden sollte (Agapito-Tenfen et al., 2018: 3). Die kontroverse Debatte führte zur Bildung zweier Meinungen bezüglich der Risiken von editierten Pflanzen. Zum einen besteht die Meinung, dass mit bestimmten Methoden der GE ein niedriges beziehungsweise zu vernachlässigendes Risiko einhergeht, weshalb die Regulierung im Vergleich zu GMO weniger strikt sein sollte. Zum anderen werden jedoch auch die Unsicherheiten und Wissenslücken thematisiert, aufgrund derer die Regulierung weiterhin der der GMO entsprechen sollte. Agapito-Tenfen et al. (2018: 14) schlussfolgern, dass ein umfassender gesellschaftlicher Konsens notwendig ist, um mit der GE fortzufahren. Forschung und Innovation sollte nicht nur von der biologischen Sicherheit, sondern auch von gesellschaftlichen Bedürfnissen, ethischen Prinzipien und einer nachhaltigen Entwicklung abhängen (Schiemann et al., 2020: 2).

Der Rat der EU beauftragte die EK, angesichts des Falls C-528/16 eine Studie bezüglich des Status von neuartigen Gentechnikmethoden unter dem derzeitigen Europäischen Gesetz durchzuführen. Als neuartige Methoden wurde dabei jene klassifiziert, die seit der Definition von GMO durch die Richtlinie 2001/18/EC im Jahr 2001 entwickelt wurden. Die Studie bestätigt, dass ein bedeutendes Interesse an der Forschung von neuartigen

Gentechnikmethoden in der EU vorliege, jedoch die meiste Entwicklung außerhalb der EU stattfinde. Die derzeitige Rechtslage halte nicht mit der wissenschaftlichen Entwicklung Schritt und beeinflusse so die öffentliche und private Forschung negativ. Die EFSA könne für Verfahren, die ohne das Einfügen exogener DNS auskommen, wie der gezielten Mutagenese sowie der Cisgenetik keine zusätzlichen Risiken in Bezug auf Off-Target Mutationen im Vergleich zur konventioneller Pflanzenzüchtung oder etablierten Gentechnikmethoden identifizieren. Zudem wurde vermerkt, dass zufällige Veränderungen im Genom unabhängig von der Züchtungsmethode wären. Die Nutzung dieser neuartigen Methoden ziehe ethische Risiken mit sich, allerdings entstünden diese ebenfalls durch Nichtnutzung von Chancen, die sich aus der Nutzung ergeben würden. Der Großteil der ethischen Bedenken beziehe sich nicht auf die Technologien an sich, sondern darauf wie die diese genutzt werden. Über die Sicherheit und die Risikoeinschätzung der Methoden bestehen unterschiedliche Meinungen, jedoch würde eine jeweilige Prüfung des Einzelfalls weitgehend als angemessen erachtet werden (Europäische Kommission, 2021b). Ein weiterer Diskussionspunkt beinhaltet die Möglichkeit einer informierten Entscheidung der Konsumenten. Die in der Studie befragten Stakeholder weisen unterschiedliche Meinung bezüglich der Notwendigkeit des Kennzeichnens von Produkten als GMO, die durch neuartige Gentechnikmethoden produziert wurden, auf. Insbesondere solange der Fokus technologiebasiert anstelle von produktbasiert bleibe, wird die Sicherstellung einer angemessenen Rechtslage herausfordernd sein. Auf die Studie wird ein Follow-up folgen, das potenzielle Maßnahmen, durch die die derzeitige Rechtslage einheitlich anwendbarer und tragfähiger wird, thematisiert. Die neuartigen Gentechnikmethoden weisen das Potential auf zu einer nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion beizutragen, weshalb die EK unter Beachtung der Risiken für die Gesundheit der Menschen, Tiere sowie der Umwelt die Vorteile der Innovationen beurteilen wird. Insbesondere das Informieren der Öffentlichkeit und das Einholen ihrer Sicht soll dabei einen Schwerpunkt darstellen (Europäische Kommission, 2021b).

Die von der Europäischen Kommission geforderte Identifikation der Verbraucherakzeptanz wird, ausgehend von den in diesem Kapitel erläuterten theoretischen Grundlagen, im folgenden Abschnitt dieser Arbeit thematisiert. Zu den bisher lediglich vereinzelt durchgeführten Studien zur Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas, wird die Akzeptanz von transgenen GMO als Ausgangslage vergleichend hinzugezogen.

3 Aktueller Stand der Verbraucherakzeptanz gentechnischer Verfahren bei Nutzpflanzen

Die Produktion der für die Nahrungsmittelsicherheit wichtigsten Nutzpflanzen wie Reis, Mais, Weizen und Kartoffeln wird zukünftig maßgeblich von den Nutzpflanzenwissenschaften abhängig sein. Es bedarf der Züchtung neuer Sorten, die an im Rahmen des Klimawandels vermehrt auftretende Stressoren adaptiert sind, verbesserte Produktionseigenschaften besitzen sowie zu erhöhten Ernteerträgen zur Deckung des Bedarfs der anwachsenden Weltbevölkerung führen. Gleichzeitig gilt es der Degradierung der Umwelt durch eine verringerte Ressourcennutzung sowie weniger negativen Umwelteinflüssen entgegenzuwirken (Anders et al., 2021: 1; Brandt und Barrangou, 2019: 7; Shew et al., 2018: 1). In diesem Zusammenhang zeigen die in Kapitel 2 vorgestellten gentechnischen Verfahren, insbesondere die GE durch CRISPR/Cas, großes Potential. Problematisch an der Implementierung des CRISPR/Cas-Verfahrens in die Nutzpflanzenzüchtung ist neben den bereits thematisierten rechtlichen Rahmenbedingungen (Vgl. Kapitel 2.6) die negative Wahrnehmung der Konsumenten auf bisherige Gentechnikmethoden – hauptsächlich die negative Wahrnehmung von transgenen GMO (Vgl. Kapitel 2.2). Obwohl sich die Funktionsweise des transgen-freien CRISPR/Cas-Verfahrens und die der transgenen GMO unterscheiden, ist es denkbar, dass Verbraucher bei Kauf und Konsum von Nahrungsmitteln nicht zwischen den beiden Verfahren differenzieren beziehungsweise aufgrund ihres Wissens differenzieren können. Dies hätte zur Folge, dass das Potential von CRISPR/Cas in der Nutzpflanzenzüchtung nicht ausgeschöpft werden könnte (Shew et al., 2018: 1), weshalb der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Ermittlung der Verbraucherakzeptanz liegt. Die Wahrnehmung von genetisch modifizierten Nahrungsmitteln wurde bereits durch eine Vielzahl von Studien evaluiert, während die von genetisch editierten Nahrungsmitteln, beziehungsweise CRISPR/Cas, nur durch einige wenige Studien erforscht ist (Son und Lim, 2021: 2).

Aufgrund des bedeutenden Einflusses der Verbraucherakzeptanz von GMO für die Akzeptanz von CRISPR/Cas im Bereich der Nutzpflanzenzüchtung, wird im folgenden Abschnitt dieser Arbeit zunächst die bisherige Wahrnehmung pflanzlicher GMO in Deutschland dargestellt. Darauf anschließend folgt die Beleuchtung des aktuellen Kenntnisstands der Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas bei pflanzlichen Nahrungsmitteln angesichts der begrenzten Datenlage aus globaler Perspektive.

3.1 Verbraucherakzeptanz pflanzlicher GMO in Deutschland

Der Einsatz transgener GMO in der Nahrungsmittelproduktion wird insbesondere in der Europäischen Union kontrovers diskutiert (Shew et al., 2018: 1; Wüpper et al., 2018:1). Aufgrund der Bedeutung des Forschungsgebiets biotechnologisch modifizierter Nahrungsmittel, wurden bereits zahlreiche Studien hinsichtlich ökonomischer, psychologischer und sozialwissenschaftlicher Aspekte durchgeführt, um die Beurteilung der Verbraucher zu evaluieren. Dies dient hauptsächlich dem Zweck zu prognostizieren, ob Konsumenten die Anwendung biotechnologischer Verfahren an verschiedenen Nahrungsmittelgruppen akzeptieren (Hess et al., 2016: 1-2).

Genetisch modifizierte Nutzpflanzen (GMN) werden von Deutschen oftmals als nicht nützlich, moralisch inakzeptabel und risikoreich für die Umwelt sowie die Gesellschaft erachtet (Emberger-Klein et al., 2016: 2). In den Augen der meisten Konsumenten stehen die Risiken der GMN im Vordergrund, während Chancen nicht wahrgenommen werden, beziehungsweise nicht ausreichen, um Risiken zu akzeptieren (Costa-Font et al., 2009: 9; Zapilko et al., 2009: 2). Gegenwärtig sind in der EU lediglich zwei GMN für den kommerziellen Markt bewilligt. Dabei handelt es sich um die Kartoffelsorte „Amflora“ sowie den Bt-Mais „MON 810“. Während Spanien das einzige europäische Land, das einen signifikanten Anbau von GMN betreibt, findet in Deutschland seit dem Jahr 2012 kein kommerzieller Anbau von GMN mehr statt (Bundesregierung, 2021; Lucht, 2015: 3). Hartl und Herrmann (2009: 5) können beispielsweise zeigen, dass sich 74% der Deutschen gegen genetisch modifiziertes Rapsöl aussprechen. Auch in einer Studie von Christoph et al. (2008: 7) können nur 21% der Befragten als Befürworter von GMN klassifiziert werden. Zudem ermitteln sie einen Anteil von 28% GMN-Gegnern sowie eine indifferente Gruppe von 51%. Da insgesamt jedoch eine niedrige Akzeptanzrate von unter 50% vorliegt, scheint sich die indifferente Gruppe eher negativ zu positionieren (Christoph et al., 2008: 7-8). Von 1996 bis 2005 sank die Rate der Befürworter von GMN in Deutschland von 47% auf 22%, während sie zwischen 2005 und 2010 bei 22% stabil blieb. Zudem lag der Anteil an Deutschen, die nach eigenen Angaben niemals ein GMN kaufen würden zwischen 2010 und 2014 konstant bei 53% (Emberger-Klein et al., 2016: 15). Butkowski et al. (2017: 8) zeigen jedoch auch, dass, obwohl über 50% der deutschen Teilnehmer ein hohes Risiko mit der Vermarktung von GMN assoziieren, 82% ein niedriges Risiko in der weiteren Forschung und Entwicklung derer sehen.

Da eine Vielzahl von Studien die Verbraucherakzeptanz in mehreren Ländern untersuchen, beziehen sich die im Folgenden thematisierten Einflussfaktoren überwiegend auf Deutsche, teilweise werden jedoch auch die Ergebnisse von Befragung aus dem europäischen Raum allgemein miteinbezogen. Allgemein betrachtet sind Europäer hinsichtlich GMO negativer eingestellt als Nordamerikaner oder Asiaten (Hartl und Herrmann, 2009: 1; Wüpper et al., 2018: 4). Innerhalb der EU empfinden Deutsche ein höheres Risiko bei GMO als Personen aus den Niederlanden, Spanien, Großbritannien oder skandinavischen Ländern (Hartl und Hermann, 2009: 1; Hess et al., 2016: 25). Allerdings gilt es dabei zu beachten, dass in europäischen Studien häufiger nach den wahrgenommenen Risiken und ethischen Bedenken gefragt wird als beispielsweise in den USA, wodurch es zu Verzerrungen der Studienergebnisse kommen kann (Hess et al., 2016: 20; Lucht, 2015: 6; Wüpper et al., 2018: 4). Abgesehen von regionalen Präferenzen spielen insbesondere Bildung, Einkommen, Vertrauen, Wissen sowie in den Studien bereitgestellte Informationen über die Charakteristika der Produkte und der Produktion eine bedeutende Rolle für die Verbraucherakzeptanz von GMN (Hess et al., 2016: 5; Wunderlich und Gatto, 2015: 6; Wüpper et al., 2008: 3). Allerdings ist die Richtung dieser Effekte in der Literatur nicht eindeutig. Beispielsweise führt ein erhöhter Wissensstand in einigen Studien zu einer höheren Zahlungsbereitschaft für GMN, während dieser in anderen Studien mit einer niedrigeren Zahlungsbereitschaft verbunden ist (Christoph et al., 2008: 2; Wüpper et al., 2018: 4). Bezüglich der Informationen zeigen Wüpper et al. (2018: 20), dass Personen, die initial eine geringe Ablehnung gegen genetisch modifiziertes Brot vorweisen, durch die Bereitstellung von Informationen eine ablehnendere Haltung als zuvor einnehmen. Diejenigen, die bereits von Beginn an eine ablehnende Haltung einnehmen, werden durch die Informationsbereitstellung nicht signifikant beeinflusst. Wüpper et al. argumentieren, der Effekt der Information sei somit gering (Wüpper et al., 2018: 20). Hess et al. betonen allerdings den Einfluss der bereitgestellten Informationen, den Wortlaut der formulierten Fragen sowie die Antwortskalen als bedeutende Faktoren für die Studienergebnisse (Hess et al., 2016: 26).

Insgesamt weisen sowohl Befürworter als auch Gegner einen höheren Wissensstand als indifferente Konsumenten auf, da sie sich vermutlich mehr mit der Thematik beschäftigen (Christoph et al., 2008: 8). Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass bei dem von Probanden selbst eingeschätzten Wissensstand zwischen der Vertrautheit mit der Thematik und dem

naturwissenschaftlichen Verständnis der Gentechnik differenziert werden muss. Dabei ist ein höheres naturwissenschaftliches Verständnis mit höheren Akzeptanzraten assoziiert (Wunderlich und Gatto, 2015: 8). Die differenzierte Betrachtungsweise ist insofern bedeutend, da in manche Studien der Wissensstand über GMN von den Teilnehmern selbst angegeben wird, während er in anderen gemessen wird (Wüpper et al., 2018: 19). Weitere potenzielle Einflussfaktoren stellen zudem das Geschlecht sowie das Alter dar. Tendenziell haben Frauen eine negativere Haltung bezüglich GMN als Männer. Ältere Konsumenten zeigen sich zudem ablehnender als jüngere. Jedoch konnte auch dies nicht in jeder Studie bestätigt werden (Christoph et al., 2008: 8; Hartl und Hermann, 2009: 1; Zapilko et al., 2009: 3).

Neben den erläuterten Einflussfaktoren mit zum Teil nicht eindeutigen Richtungseffekten, stellen die Faktoren, die hauptsächlich die Verbrauchereinstellung beeinflussen, die wahrgenommenen Risiken sowie der wahrgenommene Nutzen dar (Christoph et al., 2008: 7; Siegrist und Hartmann, 2020: 4; Zapilko et al., 2009: 3). Ebenfalls von Bedeutung ist die Natürlichkeit von Nahrungsmitteln als ein wichtiges Entscheidungsmotiv. Dabei wird die Auswahl von vermeintlich unveränderten Nahrungsmitteln im Vergleich zu denen, die durch eine Technologie verändert wurden, favorisiert. In Studien korreliert die Natürlichkeitswahrnehmung, die durch eine von Steptoe et al. konzipierte Skala gemessen wird, positiv mit der wahrgenommenen Gesundheit eines Nahrungsmittels und ethischen Bedenken sowie invers mit den Präferenzen für GMN (Lusk et al., 2014: 14; O'Connor et al., 2005: 11; Steptoe et al., 1995: 9). Die Akzeptanz und die Bereitschaft ein GMN zu konsumieren, sinkt insbesondere, wenn eindeutige Risiken mit der Technologie assoziiert werden. Andererseits führt der wahrgenommene Nutzen zu einer Steigerung der Akzeptanz (Zapilko et al., 2009: 3). Gaskell et al. (2004: 8) argumentieren auf Basis der Daten des Eurobarometer 52.1 aus dem Jahr 1999, dass insbesondere die wahrgenommenen Vorteile Voraussetzung für die Befürwortung von GMO sind, beziehungsweise das aus Sicht der Verbraucher vermeintliche Nichtvorhandensein dieser Vorteile die Grundlage der niedrigen Akzeptanz bilden (Lucht, 2015: 7).

Im Zusammenhang der Risiken und des Nutzens ist auch das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Entwickler bezüglich der Sicherheit der GMN beziehungsweise die in Kapitel 2.5 dargelegten Herausforderungen zu beachten (Ishii und Araki, 2016: 4). Aus diesen Gründen gilt

es bei der Frage nach der Verbraucherakzeptanz von GMN zu beachten, ob es sich um GMN der sogenannten ersten beziehungsweise der zweiten Generation handelt. Während GMN der ersten Generation mit Vorteilen für die Produzenten wie beispielsweise Unkraut- oder Insektenresistenzen assoziiert sind, bieten GMN der zweiten Generation Vorteile für die Konsumenten. Für Letztere ist ein verbessertes Nährwertprofil als Beispiel zu nennen (Hartl und Herrmann, 2009: 2). Weist ein GMN einen Nutzen für den Verbraucher auf, fällt dessen Akzeptanz sowie die Wahrscheinlichkeit des Kaufes im Vergleich zu einem GMN der ersten Generation höher aus (Hartl und Herrmann, 2009: 9; Lucht, 2015: 7; Zapilko et al., 2009: 3). Nichtsdestotrotz führt der Term „genetisch modifiziert“ für viele deutsche Konsumenten dazu eine generell ablehnende Haltung einzunehmen (Hartl und Herrmann, 2009: 9).

Der Erfolg innovativer Biotechnologien hängt nicht nur von dem naturwissenschaftlichen Forschungsstand, sondern insbesondere auch von den politischen und soziokulturellen Einflüssen ab. Regulatorische Einschränkungen werden typischerweise zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung sowie der Umwelt eingeführt, weshalb in Europa das Vorsorgeprinzip einer extensiven Regulation von Züchtungsmethoden zu Grunde liegt. Die in Kapitel 2.6 thematisierten rechtlichen Rahmenbedingungen gentechnischer Verfahren führen zum einen dazu, dass sich die Forschung an neuen Technologien in Europa nicht entwickeln kann. Andererseits kommt es durch die kontroverse Debatte über die definitorische Abgrenzung der einzelnen Verfahren zu sozialer Unsicherheit, die ebenfalls eine bedeutende Rolle für die negative Verbraucherakzeptanz gegenüber transgener GMO spielt. Soziale Unsicherheit entsteht insbesondere durch unvollständige Information. Wird eine Differenzierung neuartiger Züchtungsmethoden wie CRISPR/Cas von transgenen GMO von der Öffentlichkeit weder verstanden noch akzeptiert, wird der politische Druck, diese weiterhin unter den Gesetzen der GMO einzuordnen, steigen, wodurch die Forschung und Entwicklung weiter eingeschränkt wird (Lassoued et al., 2018: 2-3). In diesem Zusammenhang wird im folgenden Abschnitt der aktuelle Kenntnisstand der Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas dargestellt.

3.2 Globale Betrachtung der Verbraucherakzeptanz der Anwendung von CRISPR/Cas bei Nutzpflanzen

Die derzeitige Studienlage bezüglich der Verbraucherakzeptanz des Einsetzens der Genom-Editierungsmethode CRISPR/Cas bei Nutzpflanzen ist begrenzt, da die Programmierbarkeit des Cas9 erst im Jahr 2012 entdeckt wurde und somit auch die Entwicklung des CRISPR/Cas-Systems als Gentechniktool erst seitdem Anwendung findet (Brandt und Barrangou, 2019: 5; Son und Lim, 2021: 3). Insbesondere in Deutschland ist dies der Fall: Bisher wurde die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas nur in einer Studie gemeinsam mit weiteren Ländern untersucht (Busch et al., 2021: 3). Zum Zeitpunkt des Anfertigens dieser Arbeit konnten acht Studien, die die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas untersuchen, ausfindig gemacht werden. Die für diese Arbeit relevanten Ergebnisse dieser werden im Folgenden vorgestellt.

(1) Shew et al. untersuchten die Konsum- sowie die Zahlungsbereitschaft für einen CRISPR-Reis im Vergleich zu einem GMO-Reis in den USA, Kanada, Belgien, Frankreich und Australien. Die Teilnehmer erhielten zu Beginn der Umfrage in randomisierter Reihenfolge entweder eine kurze oder eine lange Erklärung der beiden genetisch veränderten Reissorten, die durch die biotechnologische Behandlung eine Glyphosatresistenz aufweisen. Die Zahlungsbereitschaft fällt für den CRISPR-Reis im Vergleich zum GMO-Reis signifikant höher aus. Die längere Erklärung resultiert in den USA und Australien im Vergleich zu einer kürzeren Erklärung zudem in einer höheren Zahlungsbereitschaft. In allen Ländern außer Frankreich liegt der Anteil an Personen, die beide biotechnologisch behandelten Reissorten konsumieren würden, höher als der Anteil, der keine von beiden konsumieren würde. Unter den Personen, die nur eine der beiden behandelten Reissorten verzehren würde, liegt die Bereitschaft für CRISPR in allen Ländern außer Australien signifikant höher als für GMO. Die Faktoren, die die Konsumbereitschaft hauptsächlich beeinflussen, stellen die wahrgenommene Sicherheit, der Nutzen für die Umwelt, vorherige Konsumerfahrungen von GMO und Bekanntheit der Technologie dar. Die demographischen Angaben zeigen keine Effekte (Shew et al., 2018: 3-7).

(2) Gatica-Arias et al. erfragten den soziodemographischen Hintergrund, bereits vorhandenes Wissen über GE sowie die Einstellung, das Vertrauen und die Wahrnehmung von Vorteilen und Risiken durch CRISPR/Cas in Costa-Rica. 96,3% der Teilnehmer haben zuvor noch nie von CRISPR/Cas gehört, wobei höhere Bildungsgrade und höheres Einkommen mit dem Vorwissen korrelieren. Unabhängig davon erhielten jedoch alle Befragten eine Erklärung bezüglich CRISPR/Cas. Die Akzeptanz für die Anwendung bei Nutzpflanzen liegt bei 80,9% und rund zweidrittel glauben an eine Steigerung der Produktion, eine verbesserte Wirtschaft sowie einen Nutzen für die eigene Familie. Die geringste Zustimmung erhält die Frage nach der moralischen Akzeptanz. Etwa die Hälfte der Teilnehmer assoziiert zudem keine, beziehungsweise niedrige Risiken mit der GE, wobei diesen von über einem Drittel ein mittleres bis hohes Risiko zugeordnet wird. 59,4% weisen eine positive Konsumbereitschaft auf. Diese erhöht sich zudem insbesondere, wenn die Nährwertqualität erhöht und der Preis niedriger im Vergleich zu konventionellen Nahrungsmitteln ist. Auch in dieser Studie konnten keine Einflüsse der soziodemographischen Angaben ermittelt werden, eine inverse Korrelation des wahrgenommenen Risikos und der wahrgenommenen Vorteile mit der Verbraucherakzeptanz hingegen schon (Gatica-Arias et al., 2019: 2-8).

(3) Basierend auf dem Fragebogen von Gatica-Arias et al. wurde eine weitere Befragung von Studenten in Costa-Rica durchgeführt. Etwa 74% stimmten der Anwendung von CRISPR/Cas zur verbesserten Züchtung von Nutzpflanzen zu. 62,1% glauben an eine Steigerung der Produktion, 37,2% an einen Nutzen für die eigene Familie sowie 36,1% an einen Nutzen für die Umwelt. Bezüglich der Risiken schätzen jedoch über die Hälfte der Teilnehmer ein mittleres bis hohes Risiko für die menschliche Gesundheit, einen negativen Einfluss für nachkommende Generationen sowie auf die Umwelt in Costa-Rica ein. Studenten der Agrar- und Ernährungswissenschaften stufen die Risiken geringer ein als Studenten anderer Fachrichtungen. Am höchsten ist die Konsumbereitschaft, wenn die Nahrungsmittel verbesserte Nährwerte und einen günstigeren Preis aufweisen. Insgesamt sinkt die Konsumbereitschaft der Studenten mit steigendem Alter (Arias-Salazar et al., 2020: 3-8).

(4) Muringai et al. nutzen eine Online-Umfrage in Kanada, um die Verbraucherakzeptanz von mit verschiedenen Gentechnikverfahren erzeugter Tiefkühlpommes mit verbesserten Produkteigenschaften zu bestimmen. Generell zeigen Männer höhere Akzeptanzwerte als

Frauen. Die Zahlungsbereitschaft für konventionelle Tiefkühlpommes ist höher als die aller Gentechnikverfahren, wobei die Zahlungsbereitschaft für die GE höher ist als für GMN. Die Akzeptanz steigt zudem, wenn die Tiefkühlpommes gesundheitliche Vorteile für den Konsumenten oder Vorteile für die Umwelt aufweisen. Weiterhin sind die Teilnehmer der Meinung, dass Gentechnikverfahren den Produzenten einen größeren Nutzen stiften als den Konsumenten und Landwirten. Für den Kontext dieser Arbeit anzumerken ist jedoch, dass bei der GE nicht zwischen Zinkfingernukleasen, Transkriptionsaktivatorartigen Effektor-nukleasen und CRISPR/Cas differenziert wurde (Muringai et al., 2020: 5-12).

(5) Son und Lim führten 2019 eine Verbraucherumfrage über die Akzeptanz von biotechnologisch verändertem Sojaöl in Südkorea durch. Während 85% der Teilnehmer bereits von GMO gehört haben, ist dies für die GE nur bei 45% der Fall. Weniger als 50% geben jedoch korrekte Antworten in zwei Wissensfragen über GMO an. Insgesamt empfinden 51% der Befragten die GE als sicherer und nur 7% GMO. Die Akzeptanz der Anwendung der GE in der Produktion von Sojaöl ist höher als die von GMO. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch, dass den Befragten die Herkunft des Sojaöls wichtiger als die Produktionstechnologie ist. Ferner zeigen Son und Lim, dass wenn das Wissen erhöht sowie die technologische Sicherheitssensibilität erniedrigt ist, die Zahlungsbereitschaft für GE und GMO näher an konventionellen Produkten liegt (Son und Lim, 2021: 6-13).

(6) Marette et al. verglichen die Akzeptanz von Äpfeln, die nach dem Aufschneiden nicht braun werden, in den USA und in Frankreich. Die Amerikaner wertschätzen die verbesserten Eigenschaften solange diese nicht durch eines der biotechnologischen Verfahren GMO oder GE resultieren. Die Franzosen hingegen lehnen den innovativen Apfel in jeder Situation ab. Die Analyse zeigt, dass gegebene Information zu GMO und GE einen Einfluss hat. Nach Erhalt dieser erniedrigt sich die Zahlungsbereitschaft für Äpfel, die durch eine der beiden Technologien verändert wurden, wobei die für GE weniger sinkt als für GMO. Das Ausmaß dieser Effekte ist in Frankreich größer als in den USA. Für beide Technologien zeigt sich zudem, dass in Frankreich kürzere Informationen einen negativeren Effekt auf die Zahlungsbereitschaft haben als eine längere Erklärung. In den USA trifft dies nur auf GE zu. Auch die Reihenfolge der Informationen über GE beziehungsweise GMO führt vor allem in Frankreich zu unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften. Wird die Information zu GE zuerst

gezeigt, ist die Zahlungsbereitschaft für die innovative Apfelsorte höher, als wenn die zu GMO zuerst gezeigt wird. Auch wenn sich teils Unterschiede zwischen GMO und GE zeigen, ist die Haltung der Befragten dennoch ablehnend gegenüber beiden biotechnologischen Verfahren (Marette et al., 2020: 12-21).

(7) Busch et al. befragten Personen aus Deutschland, Österreich, Italien, Kanada und den USA bezüglich ihrer Akzeptanz fünf verschiedener Anwendungsbereiche von CRISPR/Cas. Ihr Wissen über GE beziehungsweise GMO schätzen die Teilnehmer als sehr niedrig ein. Es ist deutlich, dass die GE weniger gut verstanden wird als GMO. In allen Ländern wird die Anwendung an Weizen, nach der Anwendung zur Erzeugung einer HIV-Resistenz bei Menschen, am meisten akzeptiert. Die Ergebnisse einer Clusteranalyse zeigen, dass von den deutschen Teilnehmern 15,4% als starke Befürworter, 21,2% als schwache Befürworter, 30,8% als neutral und 32,5% als Gegner von CRISPR/Cas eingeordnet werden (Busch et al., 2021: 3-10).

(8) Lassoued et al. führten zwischen 2015 und 2019 ein Umfrageprojekt aus sieben Studien mit internationalen Experten für Pflanzenbiotechnologie durch, um deren Meinungen über die Herausforderungen der Verwendung neuartiger Züchtungsmethoden, insbesondere der GE, einzuholen. Aufgrund der Vielzahl an Studien nahmen nicht immer dieselben Experten teil. Unter den neuartigen Züchtungsmethoden wurde CRISPR/Cas als diese mit dem höchsten Potential eingestuft. Die Befragten stimmen überwiegend zu, dass durch editierte Nutzpflanzen eine verbesserte Agrarperformance wie Resistenzen, Dürretoleranz und höhere Erträge, eine höhere Produktqualität bezogen auf den Nährwert sowie die Haltbarkeit und eine verbesserte Widerstandsfähigkeit gegen Klimastressoren erzielt werden kann. Diese Faktoren tragen alle dazu bei die globale Nahrungsmittelsicherheit günstiger und schneller zu verbessern. Obwohl über 70% der Befragten jeweils ein niedriges Risiko für die Gesellschaft, die Wirtschaft, die menschliche Gesundheit und die Umwelt sieht, zeigen die Experten gemischte Meinungen bezüglich des Handels editierter Nutzpflanzen, des Umwelteinflusses sowie der Verbraucherakzeptanz. Dies ist insbesondere in den derzeit beschränkten Forschungskenntnissen zu begründen. Im Vergleich zu GMO sehen die Hälfte der Experten geringere Risiken in der GE (Lassoued et al., 2021: 2-3). Weiterhin von Bedeutung ist, dass die auseinandergehende Wahrnehmung der Risiken durch die GE nicht durch

den aktuellen Forschungsstand, sondern durch die jeweiligen politischen Präferenzen eines Landes, die sich in deren Gesetzen und Regelungen widerspiegeln, verursacht wird. Dabei sieht ein Viertel der Befragten das politische Involvement in den Regulationsprozess als hauptsächlich limitierenden Faktor der regulatorischen Unsicherheit. Als kritischste soziale Barriere für die Entwicklung der GE stufen ein Drittel der Experten die Verbrauchervernehmung ein, gefolgt von Sicherheitsbedenken über die so produzierten Nahrungsmittel. Vor allem unter den europäischen Befragten zeigt sich dieses Bild (Lassoued et al., 2021: 4).

3.3 Zwischenfazit

GMN werden von einem überwiegenden Anteil der deutschen Bevölkerung abgelehnt. Einen deutlichen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz zeigen dabei vor allem der wahrgenommene Nutzen, die wahrgenommenen Risiken sowie die wahrgenommene Natürlichkeit beziehungsweise Unnatürlichkeit von Nahrungsmitteln (Christoph et al., 2008: 7; Lusk et al., 2014: 14; Siegrist und Hartmann, 2020: 4). Im Vergleich zu GMN zeigt sich in den bisher durchgeführten Studien zu genetisch editierten Nahrungsmitteln eine Tendenz zu einer höheren Verbraucherakzeptanz (Lassoued et al., 2021: 3; Muringai et al., 2020: 12; Shew et al. 2018: 4; Son und Lim, 2021: 11). Auch hier spielen der wahrgenommene Nutzen sowie das wahrgenommene Risiko eine bedeutende Rolle. Wie auch bei GMN erhöht sich die Akzeptanz, wenn ein editiertes Nahrungsmittel den Nutzen in Form von positiven Eigenschaften für den Konsumenten erhöht (Muringai et al., 2020: 11). Weiterhin zeigen sowohl der vorhandene Wissensstand als auch bereitgestellte Information einen Einfluss auf die Akzeptanz (Shew et al., 2018: 5; Son und Lim, 2021: 13-14; Marette et al., 2020: 15). Die demographischen Angaben zeigen nur teils einen Effekt (Muringai et al., 2020: 10). Insgesamt ist die GE jedoch weniger bekannt und wird von Verbrauchern weniger verstanden als GMO (Busch et al., 2021: 5; Son und Lim, 2021: 7).

Aufgrund der wenigen bisher durchgeführten Studien zur Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas, insbesondere in Bezug auf deutsche Verbraucher und im Vergleich zu GMO, wird eine solche Erhebung im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt und deren Ergebnisse im Folgenden dargestellt.

4 Quantitative Analyse der Verbraucherakzeptanz CRISPR/Cas-editierter pflanzlicher Nahrungsmittel in Deutschland

Vor dem Hintergrund der begrenzten Datenlage der Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland, besteht der folgende empirische Teil dieser Arbeit aus einer Erhebung und Analyse quantitativer Daten deutscher Verbraucher durch eine Online-Umfrage. Diese soll dazu dienen die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas zu bestimmen sowie auf Grundlage der in Kapitel 3 thematisierten Einflüsse potenzielle Akzeptanz beeinflussende Faktoren zu ermitteln. In diesem Zuge soll zudem in Anlehnung auf die Literatur ein Vergleich zwischen der Wahrnehmung von CRISPR/Cas und GMO bei Nutzpflanzen gezogen werden, da dieser in Deutschland bisher noch nicht untersucht wurde (Busch et al., 2021: 11; Muringai et al., 2018: 2; Shew et al., 2018: 1; Son und Lim, 2021: 2).

4.1 Forschungshypothesen

Auf Grundlage der vorhandenen Datenlage zur Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas und GMO bei Nutzpflanzen wurden folgende, eigene Forschungshypothesen abgeleitet. Bei allen Hypothesen handelt es sich um gerichtete Hypothesen. Zur Beantwortung der Hypothesen 1, 7b sowie 8b werden Dependenzanalysen auf Unterschiede durchgeführt. Um den Einfluss der verschiedenen Parameter auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas zu bestimmen und die Hypothesen 2 bis 8 zu beantworten, wird zudem eine lineare Regressionsanalyse erhoben.

- H1** Die Kauf- und Verzehrbereitschaft von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln ist in Deutschland bei Männern höher als bei Frauen.
- H2** Das Alter einer Person hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.
- H3** Der bereits vorhandene Wissensstand hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.
- H4** Das Bewusstsein für eine natürliche Ernährung hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.
- H5** Das Umweltbewusstsein hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.

- H6** Die Risikobereitschaft hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.
- H7a** Der wahrgenommene Nutzen hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.
- H7b** Der wahrgenommene Nutzen von CRISPR/Cas in Deutschland ist höher als der von GMO.
- H8a** Das wahrgenommene Risiko hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.
- H8b** Das wahrgenommene Risiko von CRISPR/Cas in Deutschland ist niedriger als das von GMO.

4.2 Fragebogenkonzeption

Die Erhebung der quantitativen Daten, anhand derer die aufgestellten Forschungshypothesen zur Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas und GMO beantwortet werden sollen, erfolgte über einen Fragebogen. Hierfür diente das Online-Befragungstool „EFS Survey“ der Tivian XI GmbH. Als Thema der Umfrage dient der Titel „Innovative Züchtungsmethoden bei pflanzlichen Nahrungsmitteln“. Aus Gründen der Allgemeinverständlichkeit wird von dem Begriff „Nutzpflanze“ abgesehen und von pflanzlichen Nahrungsmitteln gesprochen. Bevor der im Folgenden beschriebene finalisierte Fragebogen in den Umlauf gebracht wurde, erfolgte vom 16.07. – 18.07.2021 ein Pretest mit insgesamt sieben Teilnehmern. Dies diente der Prüfung auf Verständlichkeit, und um mögliche Unklarheiten des Fragebogens anzupassen. Insgesamt setzt sich der finale Fragebogen in sieben Abschnitten aus 18 Fragen sowie einem Beispielszenario zur Sicherstellung des allgemeinen Verständnisses über den Unterschied zwischen GMO und CRISPR/Cas zusammen (Vgl. Anhang 1).

Zu Beginn der Umfrage werden die Teilnehmer willkommen geheißen und über das Thema sowie das Ziel, die Verbraucherwahrnehmung innovativer Züchtungsmethoden zu bestimmen, informiert. Zur Erfüllung der rechtlichen Grundlagen müssen alle Teilnehmer zustimmen, dass ihre Daten gemäß des Artikel 13 der Datenschutz-Grundverordnung (Verordnung (EU) 2016/679) verarbeitet werden dürfen. Erfolgt die Zustimmung nicht, ist die Teilnahme an der Umfrage nicht möglich. Bei erfolgter Zustimmung gelangen die Teilnehmer auf die erste Seite der Umfrage, auf der die demographischen Daten erfasst werden.

Zunächst geben die Teilnehmer ihr Geschlecht (männlich, weiblich, divers) und ihr Alter in ganzen Ziffern an, bevor der höchste Bildungsabschluss (Kein Schulabschluss, Hauptschulabschluss, Realschulabschluss, Abitur, Abgeschlossene Ausbildung, Bachelor, Master, Promotion, Staatsexamen, anderer Abschluss, und zwar:) sowie das durchschnittliche monatliche Haushaltsnettoeinkommen anhand einer Einteilung des Statistischen Bundesamts (2020:12) (< 1300€, 1300-1700€, 1700-2600€, 2600-3600€, 3600-5000€, über 5000€, keine Angabe) erfragt wird. Zu Letzterem wird zudem der Hinweis „mit Haushaltsnettoeinkommen ist die Summe aller Ihrer Einnahmen abzüglich Steuern, Pflichtbeiträge zur Sozialversicherung und Solidaritätszuschlag gemeint“ gegeben. Zuletzt werden die Teilnehmer bei den demographischen Angaben nach ihrer Haushaltsgröße sowie der Personenanzahl, die zu ihrem Haushaltsnettoeinkommen beitragen, befragt.

Im nächsten Abschnitt der Umfrage wird zunächst der bereits vorhandene Wissensstand geprüft. Dies erfolgt über die Frage, ob die Teilnehmer schon einmal von GMO beziehungsweise in einer zweiten Frage von CRISPR/Cas gehört haben (Son und Lim, 2021: 8). Weiterhin müssen zwei Aussagen über CRISPR/Cas bewertet werden (richtig, falsch, ich weiß es nicht) (Busch et al., 2021: 3). Anschließend wird das Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein, das Umweltbewusstsein sowie die allgemeine Risikobereitschaft der Teilnehmer erfragt. Das Bewusstsein über die Natürlichkeit der Ernährung wird durch eine ins Deutsche übersetzte Skala von Steptoe et al. (1995: 6), die drei Items enthält, abgefragt (Vgl. Tabelle 1). Die Antwortmöglichkeiten werden randomisiert dargestellt und die Wichtigkeit der Aussagen für die Teilnehmer durch eine vierstufige Likert-Skala erfasst. Dabei bedeutet eins „gar nicht wichtig“, zwei „weniger wichtig“, drei „eher wichtig“ und vier „sehr wichtig“.

Tabelle 1: Erfassung des Ernährungsnatürlichkeitsbewusstseins

Es ist mir wichtig, dass die Nahrungsmittel, die ich typischerweise esse:	
1.	Keine Zusatzstoffe enthalten
2.	Natürliche Zutaten enthalten
3.	Keine künstlichen Zutaten enthalten

Quelle: Steptoe et al., 1995: 6

Das Umweltbewusstsein wird anhand der ins Deutsche übersetzten GREEN-Skala ermittelt (Haws et al., 2014: 5). Diese beinhaltet sechs Aussagen in randomisierter Reihenfolge, die durch eine fünfstufige Likert-Skala von eins „stimme gar nicht zu“, zwei „stimme nicht zu“, drei „teils-teils“, vier „stimme zu“ bis fünf „stimme voll zu“ bewertet werden (Vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Erfassung des Umweltbewusstseins durch die GREEN-Skala

Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?	
1.	Es ist mir wichtig, dass die Produkte, die ich nutze, der Umwelt nicht schaden.
2.	Ich berücksichtige den potenziellen Umwelteinfluss meiner Aktivitäten in den meisten Entscheidungen.
3.	Meine Einkaufsgewohnheiten werden von meinem Interesse für unsere Umwelt beeinflusst.
4.	Ich bin besorgt darüber die Ressourcen unserer Erde zu verschwenden.
5.	Ich würde mich selbst als umweltbewusst bezeichnen.
6.	Ich nehme Unannehmlichkeiten in Kauf, um umweltbewusster zu handeln.

Quelle: Haws et al.,2014: 5

Zum Abschluss dieses Abschnittes müssen die Teilnehmer auf einer siebenstufigen Likert-Skala in Anlehnung an Beierlein et al. (2014: 29) ihre allgemeine Risikobereitschaft einschätzen. Dabei sind die beiden Endpunkte mit eins „gar nicht risikobereit“ und sieben „sehr risikobereit“ beschriftet, während die restliche Skala mit Zahlen von zwei bis sechs gekennzeichnet ist. Dabei ist anzumerken, dass die Risikobereitschaft als Einflussfaktor bisher noch nicht untersucht wurde. Um quantitative Daten über die Akzeptanz von CRISPR/Cas und GMO der Teilnehmer zu ermitteln, wird den Teilnehmern im Folgenden zunächst eine Erklärung inklusive eines Beispielszenarios zur Verfügung gestellt.

„Stellen Sie sich vor Sie stehen im Supermarkt und möchten Kartoffeln kaufen. Bevor Sie die Kartoffelsorte entdecken, die Sie normalerweise kaufen, fallen Ihnen zwei neue Sorten in den Blick. Auf den Verpackungen finden Sie jeweils eine der folgenden Informationen. Bitte beachten Sie dabei, dass es sich bei Glykoalkaloiden um von Kartoffeln produzierte Verbindungen handelt, die vor allem in der Schale und den „Augen“ vorkommen und bei übermäßigem Verzehr toxisch wirken.“

Die Erklärung stellt sicher, dass die Beantwortung der Fragen auch durch Teilnehmer ohne Vorwissen erfolgen kann. Ferner sollen sich die Teilnehmer durch die Schilderung einer realistischen Kaufsituation besser in die Entscheidungslage hineinversetzen können. Die darauffolgenden Beschreibungen der CRISPR-Kartoffeln sowie der GMO-Kartoffeln in Anlehnung an Shew et al. (2018: 3) werden in randomisierter Reihenfolge dargestellt, um potenzielle Bias durch die Abfolge der Erklärungen zu vermeiden. Es werden jeweils eine kurze Information über die verwendete Gentechnikmethode sowie aus dessen Anwendung resultierende verbesserte Eigenschaften in Bezug auf einen umweltbezogenen sowie einen gesundheitsbezogenen Aspekt gegeben. Dabei unterscheiden sich die Erklärungen lediglich durch die jeweils verwendete Technologie.

„Genetisch modifizierte Kartoffeln (GMO-Kartoffeln):

Das Kartoffelgenom wurde durch das Einfügen eines fremden Gens modifiziert. Durch dieses fremde Gen ist die Kartoffelsorte resistenter gegen Unkraut, weshalb weniger Unkrautbekämpfungsmittel eingesetzt werden müssen. Außerdem enthalten die Kartoffeln durch die genetische Modifizierung einen geringeren Gehalt an Glykoalkaloiden.“

„Genetisch editierte Kartoffeln (CRISPR-Kartoffeln):

Das Kartoffelgenom wurde durch das CRISPR/Cas-Verfahren editiert. Diese Technologie ändert die Sequenz der Kartoffel-DNA, ohne dabei ein fremdes Gen einzufügen. Durch die Editierung ist die Kartoffelsorte resistenter gegen Unkraut, weshalb weniger Unkrautbekämpfungsmittel eingesetzt werden müssen. Außerdem enthalten die Kartoffeln durch die genetische Editierung einen geringeren Gehalt an Glykoalkaloiden.“

Um die Beantwortung der weiteren Fragen denjenigen Teilnehmern, die mit der Thematik nicht oder nur geringfügig vertraut sind, zu erleichtern, wird zudem bei jeder Frage ein Hinweis mit jeweils dem ersten Satz der jeweiligen Kartoffelsorte, zu der eine Frage gestellt wird, angezeigt. Die Hinweise beginnen jeweils mit „Zur Erinnerung:“, sodass deutlich ist, dass es sich hierbei nicht um neue Informationen handelt und die Frage sich nicht auf den Hinweis bezieht. Nach den Erklärungen werden die Teilnehmer in Anlehnung auf Shew et al. (2018: 4) und Busch et al. (2021: 4) nach ihrer Zustimmung zu vier Aussagen bezüglich ihrer Kaufentscheidung gefragt. Die ersten beiden Aussagen thematisieren, ob der Teilnehmer sich bewusst für den Kauf und Verzehr eines pflanzlichen CRISPR/Cas- beziehungsweise GMO-Nahrungsmittels, wie der in der Erklärung als Beispiel gewählten Kartoffeln, entscheiden würde. Diese beiden Aussagen werden randomisiert dargestellt, um Bias der angezeigten Reihenfolge zu vermeiden. In der in Kapitel 4 folgenden Auswertung wird die Kauf- und Verzehrsbereitschaft synonym mit der Verbraucherakzeptanz betrachtet. In der dritten Aussage geht es darum, dass die durch die Gentechnikmethoden erzeugten positiven Eigenschaften keinen Einfluss nehmen und der Teilnehmer sich auf jeden Fall für eine konventionell produzierte Kartoffelsorte entscheiden würde. Zuletzt erfolgt die Aussage, es sei moralisch richtig, Gentechnik zur Erzeugung von gesundheitlich und ökologisch förderlichen Eigenschaften einzusetzen. Die Zustimmung der Teilnehmer wird bei allen Items über eine fünfstufige Likert-Skala gewichtet. Die Skala reicht von eins „stimme gar nicht zu“, zwei „stimme nicht zu“, drei „teils-teils“, vier „stimme zu“ bis fünf „stimme voll zu“.

Im letzten Abschnitt des Fragebogens werden der wahrgenommene Nutzen sowie das wahrgenommene Risiko von pflanzlichen Nahrungsmitteln, die durch CRISPR/Cas beziehungsweise GMO genetisch verändert wurden, erfasst. Um auch hier Bias der Reihenfolge zu vermeiden, werden sowohl die Fragen nach dem Nutzen und dem Risiko als auch zu jeder Kategorie die Fragen nach CRISPR/Cas und GMO als auch die Items jeder Frage in randomisierter Abfolge gestellt. Alle Fragen dieses Abschnittes wurden in Anlehnung an Busch et al. (2021: 4) konzipiert. Beide Fragen werden im selben Wortlaut mit denselben Items für die CRISPR/Cas-Technologie (Vgl. Tabellen 3 und 4) und die GMO-Technologie gestellt. Die Teilnehmer schätzen den von Ihnen empfundenen Nutzen sowie das empfundene Risiko auf einer siebenstufigen Likert-Skala ein. Dabei werden nur die jeweiligen Endpunkte der Skalen mit den Wortlauten eins „gar nicht risikoreich“ bis sieben „sehr risikoreich“ beziehungsweise eins „gar nicht nützlich“ bis sieben „sehr nützlich“ gekennzeichnet, während die restlichen Punkte der Skalen von zwei bis sechs nummeriert sind.

Tabelle 3: Wahrgenommenes Risiko der Gentechnikmethoden

Wie risikoreich schätzen Sie die Verwendung der CRISPR/Cas-Technologie an pflanzlichen Nahrungsmitteln wie den Kartoffeln hinsichtlich der folgenden Aspekte ein?	
1.	Für die Umwelt
2.	Für die Gesundheit des Menschen
3.	Für kommende Generationen

Quelle: In Anlehnung an Busch et al., 2021: 4

Tabelle 4: Wahrgenommener Nutzen der Gentechnikmethoden

Wie nützlich schätzen Sie die Verwendung der CRISPR/Cas-Technologie an pflanzlichen Nahrungsmitteln wie den Kartoffeln hinsichtlich der folgenden Aspekte ein?	
1.	Für Ihre Gesundheit
2.	Für die deutsche Bevölkerung
3.	Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung
4.	Für die Umwelt

Quelle: In Anlehnung an Busch et al., 2021: 4

Mit diesem Abschnitt ist die Umfrage beendet. Als zusätzlichen Anreiz zur Teilnahme wurden unter den Probanden zehn 10€ Amazon-Gutscheine verlost. Hierfür wurde auf der finalen Seite der Umfrage ein Link eingeblendet, über den die Teilnahme an dem Gewinnspiel durch Angabe der E-Mail-Adresse erfolgen konnten. Aus datenschutzrechtlichen Gründen erfolgte dies separat zur Hauptumfrage, um nicht auf die Angaben der Hauptumfrage rückschließen zu können und so die anonyme Teilnahme zu garantieren. Die Teilnehmer wurden zudem informiert, dass die E-Mail-Adresse nur zur Verlosung sowie zur Kontakttierung der Gewinner verwendet wurden.

4.3 Datenaufbereitung

Die Rekrutierung der Umfrageteilnehmer erfolgte über die Probandensuche des Hochschulrechenzentrums per E-Mail an alle Studenten, Mitarbeiter und Professoren der Justus-Liebig-Universität in Gießen. Zudem wurde der Link privat über Soziale Medien sowie per E-Mail geteilt. Die Datenerhebung erfolgte vom 27.07. – 11.08.2021. In dieser Zeit hat ein Gesamtsample von 615 Teilnehmern auf die Umfrage zugegriffen. Da zwei Personen den Datenschutzbestimmungen nicht zugestimmt haben, besteht das bereinigte Gesamtsample aus 613 Teilnehmern. Mit einer Beendigungsquote von 91,84% stehen nach Abschluss der Umfrage 563 beantwortete Fragebogendatensätze zur Auswertung zur Verfügung. Aufgrund unvollständiger Angaben müssen 23 Personen ausgeschlossen werden, sodass schlussendlich ein aufbereiteter Datensatz von 540 Teilnehmern vorliegt.

4.4 Auswertung und Ergebnisse

Die Auswertung der durch die Online-Umfrage erhobenen Querschnittsdaten über die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas und GMO in Deutschland erfolgt durch das Statistikprogramm SPSS. Die deskriptive Analyse wird zu Beginn für einen Überblick über die Stichprobe von 540 Teilnehmern durchgeführt. Anschließend werden die verschiedenen Auswertungsmethoden sowie deren Ergebnisse dargestellt. Aus Platzgründen wird auf alle erhobenen Daten, die nicht für die Hypothesen relevante Aspekte darstellen, nicht eingegangen.

4.4.1 Deskriptive Analyse

4.4.1.1 Demographische Angaben

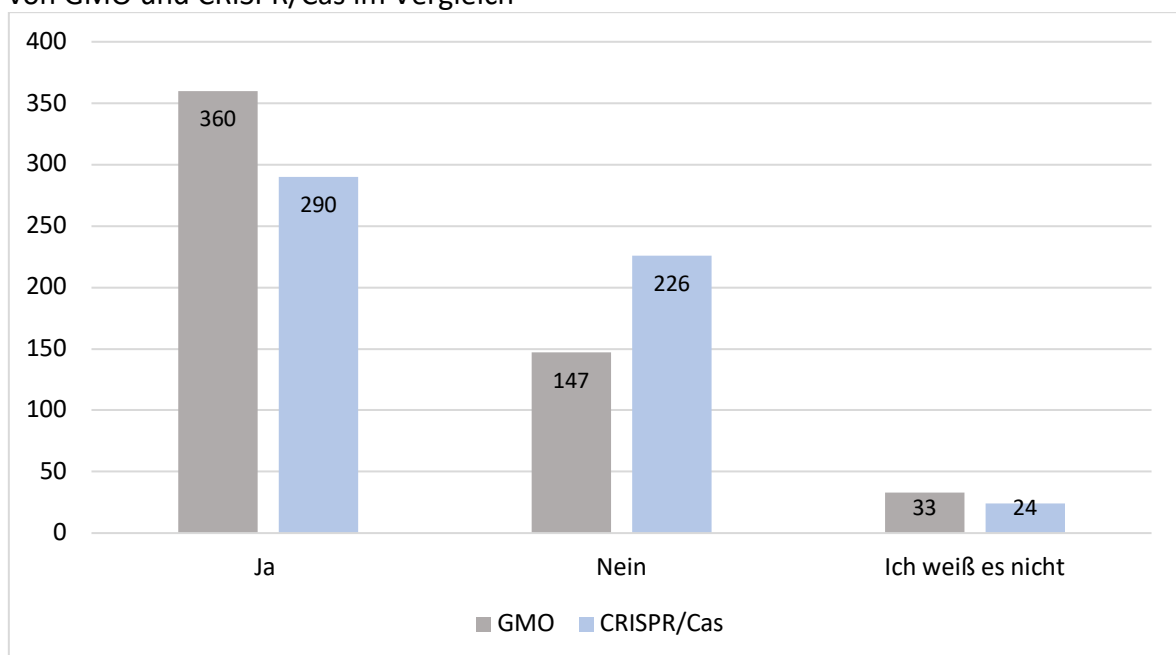
Die Verteilung der Geschlechter (Vgl. Anhang 2) der 540 Teilnehmern fällt unausgeglichen aus. Während 70%, beziehungsweise 378 weibliche Probanden teilgenommen haben, sind nur 30%, beziehungsweise 162 Probanden männlich. Nach der Datenaufbereitung und dem Ausschluss der Teilnehmer mit unvollständigen Angaben, lagen keine Datensätze von Teilnehmern mit der Geschlechtsangabe „divers“ mehr vor. Bezüglich der Altersverteilung (Vgl. Anhang 3) besteht eine Spannweite von 63 Jahren. Das beiden jüngsten Teilnehmer sind 18 Jahre alt, während der älteste Teilnehmer 81 Jahre alt ist. Der Modus beträgt 24 Jahre, wodurch sich auf ein durchschnittlich junges Alter schließen lässt. Da der Mittelwert von

29,37 Jahren im Vergleich zum Modus höher liegt, kann von einer Verteilungsschiefe ausgegangen werden. Die Frage nach dem höchsten Bildungsabschluss zeigt einen Anteil von 38,1%, die das Abitur absolviert haben (Vgl. Anhang 4). Aufgrund der Verbreitungskanäle des Fragebogens deutet dies auf einen hohen Anteil von Bachelorstudenten hin. Mit Beachtung der Option „Anderer Abschluss, und zwar:“ haben 268 Teilnehmer beziehungsweise 49,6% einen universitären Abschluss angegeben (Vgl. Anhang 5). Folglich kann von einem durchschnittlich hohen Bildungsgrad der Teilnehmer ausgegangen werden. In der Verteilung des Nettoeinkommens geben 42,8% ein niedriges Einkommen von unter 1300€ an (Vgl. Anhang 6). Die übrigen höheren Einkommensklassen sind mit jeweils circa 10% ähnlich vertreten. Allerdings geben 8,9% der Teilnehmer keine Angabe bezüglich ihres Einkommens.

4.4.1.2 Personenbezogene Eigenschaften

Im Vergleich der Fragen, ob die beiden Gentechnikverfahren bekannt sind, zeigt sich, dass mehr Teilnehmer bereits von GMO (66,7%) als von CRISPR/Cas (53,7%) gehört haben (Vgl. Abbildung 6). Allerdings ist der Anteil an Personen, die sich nicht sicher sind bei der Frage nach GMO etwas (+ 1,7%) höher. Da für die Wissensfragen über CRISPR/Cas 36,3% beziehungsweise 61,1% der Teilnehmer „Ich weiß es nicht“ angeben, werden diese Fragen in der Auswertung nicht weiter berücksichtigt (Vgl. Anhang 7 und 8).

Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Umfrageteilnehmer nach Angabe der Bekanntheit von GMO und CRISPR/Cas im Vergleich



Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Das durch drei Items auf einer Skala von 1 bis 4 abgefragte Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein nach Steptoe et al. (1995: 6) (Vgl. Anhang 9-11) weist einen Gesamtmittelwert von 3,07 auf (Vgl. Tabelle 5). Demnach ist das Bedürfnis nach einer natürlichen Ernährung der 540 Teilnehmer durchschnittlich „eher wichtig“. Das Minimum der Durchschnittswerte liegt bei 1 und das Maximum bei 4. Diese Werte zeigen, dass in der Stichprobe sowohl Teilnehmer mit niedrigem als auch mit hohem Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein vorliegen. Um die interne Reliabilität der Skala zu prüfen, wurde Cronbach's Alpha berechnet, das mit einem Wert von 0,778 nach Kuckartz et al. als geeignet reliabel gilt (Kuckartz et al., 2013: 247).

Tabelle 5: Mittelwerte der Items zum Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein

Item	Mittelwert (SD)
Keine Zusatzstoffe enthalten	2,85 (0,745)
Natürliche Zutaten enthalten	3,41 (0,607)
Keine künstlichen Zutaten enthalten	2,94 (0,735)

Standardabweichung (SD) in Klammern

Antwortmöglichkeiten: 1 = gar nicht wichtig, 2 = weniger wichtig, 3 = eher wichtig, 4 = sehr wichtig

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Der Gesamtmittelwert über die sechs Items der Skala zur Abfrage des Umweltbewusstseins von 3,68 zeigt ein tendenziell höheres Umweltbewusstsein unter den Teilnehmern (Vgl. Tabelle 6 und Anhang 12-17). Da jedoch auch hier der durchschnittliche Minimalwert von 1 sowie der Maximalwert von 5 vertreten sind, ist sowohl von wenig umweltbewussten als auch von sehr umweltbewussten Probanden auszugehen. Die interne Reliabilität der Skala ist nach Cronbach's Alpha von 0,888 als gut zu bewerten (Kuckartz et al., 2013: 247).

Tabelle 6: Mittelwerte der Items zum Umweltbewusstsein

Item	Mittelwert (SD)
Es ist mir wichtig, dass die Produkte, die ich nutze, der Umwelt nicht schaden.	3,85 (0,789)
Ich berücksichtige den potenziellen Umwelteinfluss meiner Aktivitäten in den meisten Entscheidungen.	3,48 (0,860)
Meine Einkaufsgewohnheiten werden von meinem Interesse für unsere Umwelt beeinflusst.	3,60 (0,951)
Ich bin besorgt darüber die Ressourcen unserer Erde zu verschwenden.	4,15 (0,899)
Ich würde mich selbst als umweltbewusst bezeichnen.	3,60 (0,840)
Ich nehme Unannehmlichkeiten in Kauf, um umweltbewusster zu handeln.	3,41 (0,890)

Standardabweichung (SD) in Klammern; Antwortmöglichkeiten: 1 = stimme gar nicht zu, 2 = stimme nicht zu, 3 = teils-teils, 4 = stimme zu, 5 = stimme voll zu

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhand des Gesamtmittelwerts der allgemeinen Risikobereitschaft von 3,83 zeigt sich eine leicht risikoscheue Haltung der Teilnehmer (Vgl. Tabelle 7). Bei Betrachtung der

Häufigkeiten der beiden Extremwerte sind eine höhere Anzahl gar nicht risikobereiter (15) als sehr risikobereite (12) Teilnehmer vertreten.

Tabelle 7: Häufigkeitsverteilung der allgemeinen Risikobereitschaft

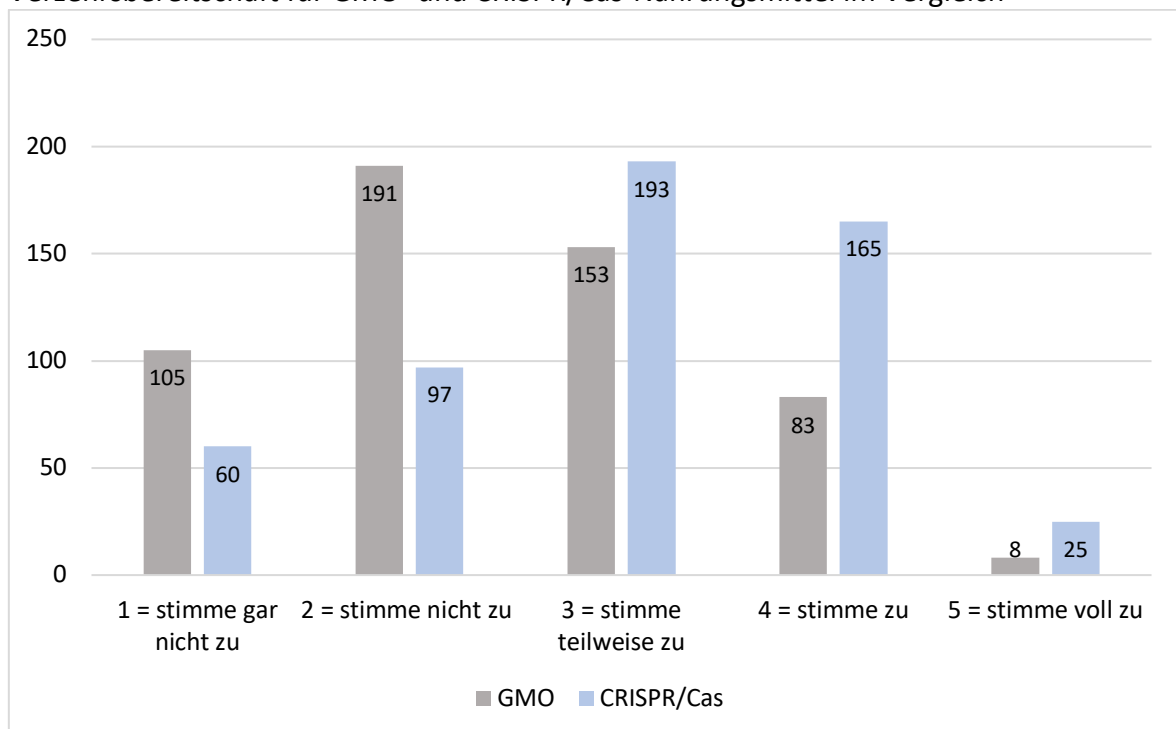
Risikobereitschaft	Teilnehmer (n = 540)		
	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht risikobereit	15	2,8	2,8
2	66	12,2	15,0
3	137	25,4	40,4
4	153	28,3	68,7
5	129	23,9	92,6
6	28	5,2	97,8
7 = sehr risikobereit	12	2,2	100,0

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

4.4.1.3 Einstellung gegenüber CRISPR/Cas und GMO

Bei Betrachtung der Häufigkeitsverteilung der Fragen nach der Kauf- und Verzehrbereitschaft von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln beziehungsweise GMO-Nahrungsmitteln wird bereits eine Tendenz einer höheren Zustimmung der Kaufbereitschaft für die CRISPR/Cas-Nahrungsmittel deutlich (Vgl. Abbildung 7). Der Mittelwert sowie der Median der Kaufbereitschaft der CRISPR/Cas-Nahrungsmittel liegen bei 3,0, während der Mittelwert der Kaufbereitschaft der GMO-Nahrungsmittel bei 2,44 und der Median bei 2,0 liegen.

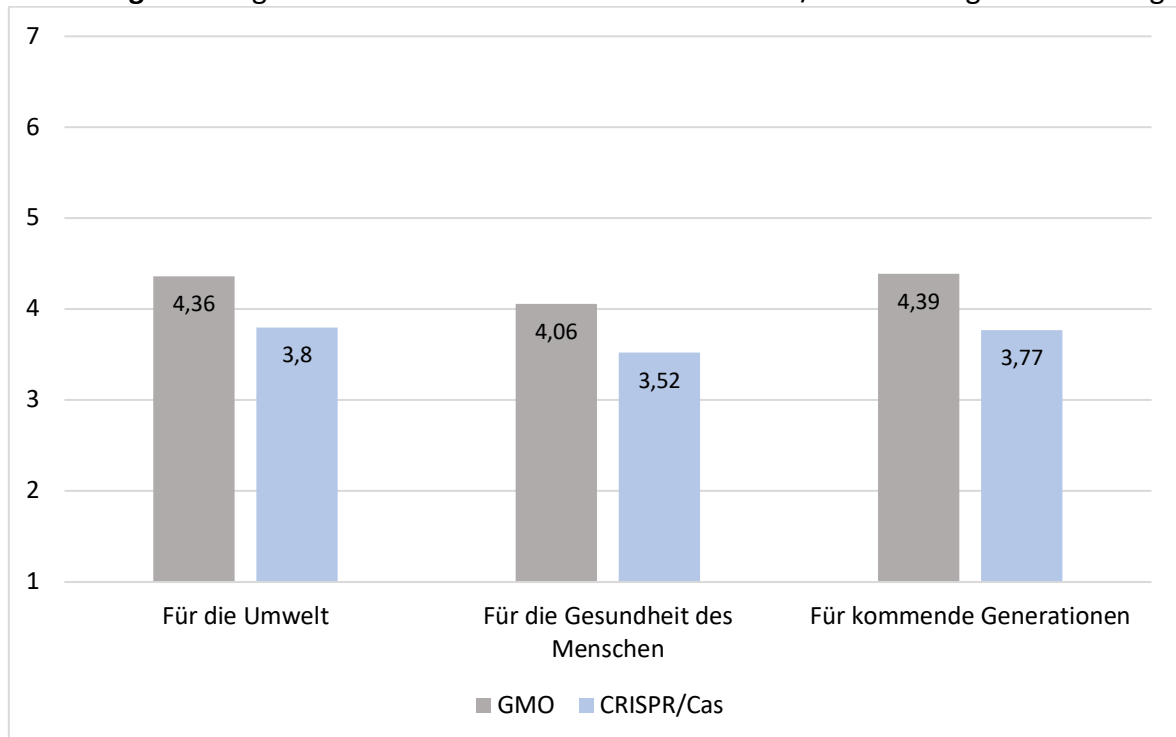
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Umfrageteilnehmer nach Angabe der Kauf- und Verzehrsbereitschaft für GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmittel im Vergleich



Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Diese Tendenz spiegelt sich ebenfalls in den Mittelwerten des wahrgenommenen Risikos sowie des wahrgenommenen Nutzens wider. Für jedes Item des Risikos von GMO zeigen sich jeweils höhere Mittelwerte im Vergleich zu denen des Risikos von CRISPR/Cas (Vgl. Abbildung 8 und Anhang 18-23). Gleichzeitig liegen die Item-Mittelwerte des Nutzens von CRISPR/Cas jeweils höher als die des Nutzens von GMO (Vgl. Abbildung 9 und Anhang 24-31). Bei Betrachtung aller Items des wahrgenommenen Nutzens von CRISPR/Cas liegt der Mittelwert bei 4,33 und der Median bei 4,25. Zur Messung der internen Validität der Skala wurde Cronbach's Alpha berechnet. Dieses ist mit einem Wert von 0,816 als sehr gut zu bewerten (Kuckartz et al., 2013: 247). Im Vergleich liegt der Mittelwert des Nutzens von GMO über alle Items bei 3,94 und der Median bei 4,0. Auch hier ist die interne Validität der Skala mit einem Cronbach's Alpha von 0,822 als sehr gut zu bewerten (Kuckartz et al., 2013: 247). Die Untersuchung des wahrgenommenen Risikos von CRISPR/Cas der Teilnehmer zeigt hingegen einen Mittelwert von 3,69 und einen Median von 3,67 über alle Items. Vergleichsweise kann für GMO bei diesem Aspekt ein Mittelwert von 4,27 sowie ein Median von 4,33 über alle Items festgestellt werden. Cronbach's Alpha liegt für das Risiko für CRISPR/Cas bei 0,876 und für GMO bei 0,87, wodurch die Skalen ebenfalls mit einer sehr guten Validität zu verzeichnen sind (Kuckartz et al., 2013: 247).

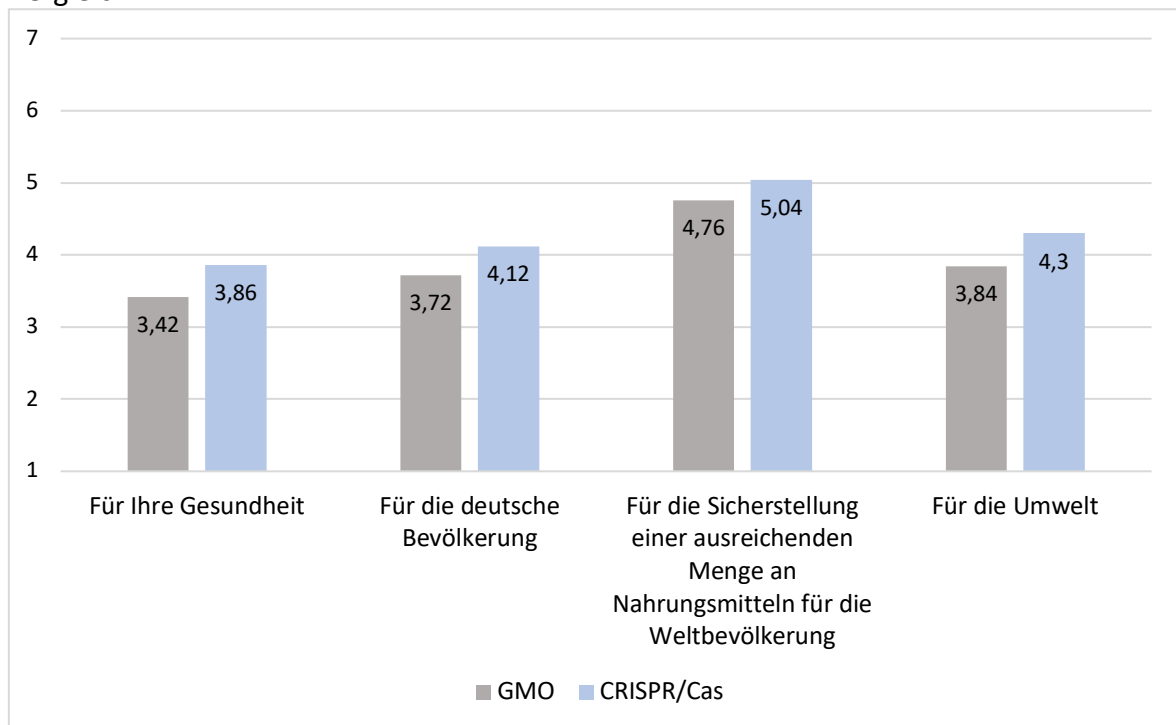
Abbildung 8: Wahrgenommenes Risiko von GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln im Vgl.



Skala: 1 = „gar nicht risikoreich“ bis 7 = „sehr risikoreich“

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Abbildung 9: Wahrgenommener Nutzen von GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln im Vergleich



Skala: 1 = „gar nicht nützlich“ bis 7 = „sehr nützlich“

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

4.4.2 Dependenzanalyse auf Unterschiede

Zur Überprüfung, ob bezüglich der Akzeptanz von CRISPR/Cas zwischen den Geschlechtern (H1) beziehungsweise der Risiko- und Nutzenwahrnehmung zwischen CRISPR/Cas und GMO (H7b und H8b) statistisch signifikante Unterschiede vorliegen, werden Dependenzanalysen auf Unterschiede durchgeführt (Universität Zürich, 2021a). Für die Entscheidung, ob parametrische oder nicht-parametrische Tests durchgeführt werden, ist es hierzu zunächst von Bedeutung die Daten auf Normalverteilung zu testen. Dies wird über den Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft, der sich insbesondere bei großen Stichproben ab $N \geq 50$ eignet. Ergänzend wird der Shapiro-Wilk-Test hinzugezogen, der über eine höhere Testgüte verfügt (Brosius, 2018: 480). Für die Parameter der Risiko- und Nutzenwahrnehmung werden jeweils die Mittelwerte über alle Items zu einer neuen Variablen zusammengefasst. Bei Betrachtung der Signifikanzen wird deutlich, dass in allen Fällen die Nullhypothese, dass Normalverteilung vorliegt, abgelehnt und die Alternativhypothese, dass keine Normalverteilung vorliegt, angenommen werden muss (Vgl. Tabelle 8). Folglich müssen nicht-parametrische Tests verwendet werden.

Tabelle 8: Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung

Parameter	Kolmogorov-Smirnov-Test ¹			Shapiro-Wilk-Test		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Kaufbereitschaft CRISPR/Cas	,211	540	<,001	,897	540	<,001
Risiko CRISPR/Cas	,075	540	<,001	,985	540	<,001
Risiko GMO	,089	540	<,001	,984	540	<,001
Nutzen CRISPR/Cas	,083	540	<,001	,985	540	<,001
Nutzen GMO	,091	540	<,001	,985	540	<,001

¹Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Bei der Überprüfung auf Unterschiede zwischen beiden Geschlechtergruppen auf die Kauf- und Verzehrbereitschaft von CRISPR/Cas handelt es sich um unabhängige Stichproben, weshalb der Mann-Whitney-U-Test verwendet wird. Dieser Test setzt für die abhängige Variable mindestens ordinal skalierte Daten voraus, welche durch die fünfstufige Likert-Skala der Frage nach der Kauf- und Verzehrbereitschaft gegeben sind. Die Gruppenbildung der unabhängigen Variable erfolgt durch die Angabe „männlich“ beziehungsweise „weiblich“. Der Test erfolgt, indem innerhalb der Gruppen den Werten jeweils ein Rang zugeordnet wird und anschließend die Rangwerte für beide Gruppen summiert werden. Die Nullhypothese keiner Unterschiede zwischen den Gruppen wird nun mit Hilfe dieser Summen getestet (Brosius, 2018: 1008). Die Auswertung der Ränge zeigt für die Gruppe der Männer einen höheren mittleren Rang mit 290,03 als für die Gruppe der Frauen mit 262,13 (Vgl. Tabelle 9). Dies liefert einen Hinweis, dass zwischen den beiden Gruppen eine unterschiedliche Kauf- und Verzehrbereitschaft vorliegen könnte.

Tabelle 9: Ränge Mann-Whitney-U-Test

Geschlecht	n	Mittlerer Rang	Rangsumme
Männlich	162	290,03	46985,00
Weiblich	378	262,13	99085,00

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Die berechnete Teststatistik gibt zunächst das Mann-Whitney-U (27454,00) sowie das Wilcoxon-W (99085,00) aus (Vgl. Tabelle 10). Ersteres untersucht wie häufig Werte einer Gruppe vor denen der jeweils anderen Gruppe angeordnet sind und gibt die geringere Häufigkeit aus. Letzteres gibt hingegen die Rangsumme für die Gruppe mit dem niedrigeren mittleren Rang aus. Hieraus wird schlussendlich die Signifikanz berechnet (Brosius, 2018: 1009f.). Da es sich um eine gerichtete Hypothese handelt, wird die asymptotische Signifikanz beziehungsweise der p-Wert händisch halbiert, woraus sich ein Wert von 0,0235

ergibt. Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ wird somit die Nullhypothese abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen, dass anhand der mittleren Ränge zwischen Männern und Frauen ein Unterschied in der Kauf- und Verzehrbereitschaft von CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln vorliegt.

Tabelle 10: Teststatistik Mann-Whitney-U-Test

	Kauf- und Verzehrbereitschaft CRISPR/Cas
Mann-Whitney-U	27454,00
Wilcoxon-W	99085,00
Z	-1,987
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,047

Gruppenvariable: Geschlecht

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Zur weiteren Einschätzung der Ergebnisse wird die Effektstärke berechnet (Universität Zürich, 2021b). Die Effektstärke eines Mann-Whitney-U-Test wird händisch nach Cohen's r durch den Z-Wert berechnet. Da eine Effektstärke ab $r = 0,1$ nach Cohen als kleiner Effekt eingeordnet wird und das Ergebnis in diesem Fall $r = 0,0855$ beträgt, ist von keinem Effekt auszugehen (Cohen, 1988: 79; Fritz et al., 2012: 11). Aufgrund der sehr niedrigen Effektstärke wird das Geschlecht der Teilnehmer als Variable in die noch folgende Regressionsanalyse aufgenommen und damit der tatsächliche Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel geprüft. Dennoch wird die Hypothese H1, dass die Kauf- und Verzehrbereitschaft bei Männern höher ist, an dieser Stelle angenommen.

Anschließend wird die Überprüfung auf Unterschiede der Nutzen- und Risikowahrnehmung zwischen CRISPR/Cas- und GMO-Nahrungsmitteln durchgeführt. Alle Teilnehmer der Online-Umfrage werden zu beiden Gentechnikverfahren befragt, weshalb es sich hierbei um abhängige Stichproben handelt. Folglich werden für die Überprüfung der Hypothesen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests verwendet. Aufgrund der bereits festgestellten Verletzung der Normalverteilung werden zunächst über jeweils alle Items hinweg die Mediane der Wahrnehmungsparameter für die beiden Verfahren berechnet und als neue Variable abgespeichert. Auch dieser Test setzt für die abhängige Variable mindestens ordinal skalierte Daten voraus, welche durch die siebenstufige Likert-Skalen zu der Risiko- beziehungsweise Nutzenwahrnehmung gegeben sind. Weiterhin sind die jeweiligen Messwertpaare der verbundenen Stichprobe voneinander unabhängig (Universität Zürich, 2021c). In diesem Zusammenhang wurden die Wahrnehmungsparameter sowie deren Items zudem zur

Vermeidung von Rangfolgenbias randomisiert abgefragt. Die Methodik des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests beruht auf der Bildung von Differenzen der Messwertpaare, aus denen zunächst eine Rangordnung gebildet wird. Aus dieser Rangordnung folgt eine Berechnung der positiven und negativen Ränge jeweils inklusive des mittleren Rangs (Brosius, 2018: 1020). Für die Risikowahrnehmung zeigen sich 37 negative Ränge, 229 positive Ränge und 274 Bindungen (Vgl. Tabelle 11). Dies bedeutet, dass 37 Teilnehmer GMO und 229 Teilnehmer CRISPR/Cas risikoärmer einschätzen. Sogenannte Bindungen liegen bei gleicher Bewertung der Verfahren vor. Bezüglich der Nutzenwahrnehmung zeigt sich ein umgekehrtes Bild. Dabei schätzen 221 Teilnehmer CRISPR/Cas und 71 Teilnehmer GMO für nützlicher ein. In diesem Fall zeigt die Auswertung 248 Bindungen (Vgl. Tabelle 11). Analog sind auch die mittleren Ränge jeweils kleiner beziehungsweise größer.

Tabelle 11: Ränge der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests

Parameter	Risikowahrnehmung			Nutzenwahrnehmung		
	N	Mittlerer Rang	Rangsumme	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Negative Ränge	37 ^a	111,24	4116,00	221 ^d	158,73	35078,50
Positive Ränge	229 ^b	137,10	31395,00	71 ^e	108,44	7699,5
Bindungen	274 ^c			248 ^f		

a. Risikowahrnehmung GMO < Risikowahrnehmung CRISPR

b. Risikowahrnehmung GMO > Risikowahrnehmung CRISPR/Cas

c. Risikowahrnehmung GMO = Risikowahrnehmung CRISPR/Cas

d. Nutzenwahrnehmung GMO < Nutzenwahrnehmung CRISPR/Cas

e. Nutzenwahrnehmung GMO > Nutzenwahrnehmung CRISPR/Cas

f. Nutzenwahrnehmung GMO = Nutzenwahrnehmung CRISPR/Cas

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Um die tatsächliche statistische Signifikanz dieser Ergebnisse einzuordnen, wird die Teststatistik berechnet (Vgl. Tabelle 12). Da es sich um gerichtete Hypothesen handelt, werden die p-Werte zunächst händisch halbiert (<,001). Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ werden die Nullhypothesen, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Gentechnikverfahren bzgl. der Risiko- und der Nutzenwahrnehmung vorliegt, in beiden Fällen abgelehnt. Die Alternativhypothesen unterschiedlicher Wahrnehmungen von GMO und CRISPR/Cas werden angenommen.

Tabelle 12: Teststatistik des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

	Risikowahrnehmung	Nutzenwahrnehmung
Z	-11,251 ^a	-9,586 ^b
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	<,001	<,001

a. Basiert auf negativen Rängen

b. Basiert auf positiven Rängen

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Die Berechnung der Effektstärke zur Bewertung des Ergebnisses erfolgt analog zu der des Mann-Whitney-U-Tests händisch. Hierbei ergibt sich für die Risikowahrnehmung ein Wert von $r = 0,48$ sowie für die Nutzenwahrnehmung von $r = 0,41$. Somit liegt bei beiden Ergebnissen ein mittlerer Effekt vor (Cohen, 1988: 79; Fritz et al., 2012: 11).

In Anbetracht der signifikanten Teststatistik sowie der Effektstärken können sowohl die Hypothese H7b, dass der wahrgenommene Nutzen von CRISPR/Cas in Deutschland höher ist als der von GMO, als auch die Hypothese H8b, dass das wahrgenommene Risiko von CRISPR/Cas in Deutschland niedriger ist als das von GMO, bestätigt werden.

4.4.3 Hauptkomponentenanalyse

Im nächsten Schritt der Analyse wird über die Fragen des Ernährungsnatürlichkeitsbewusstseins, des Umweltbewusstseins sowie dem wahrgenommenen Risiko und dem wahrgenommenen Nutzen von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln eine Faktorenanalyse durchgeführt. Diese erfolgt in Anlehnung an Busch et al. (2021: 4) und Backhaus et al. (2018: 371-406) zur Überprüfung, ob die jeweiligen Items tatsächlich auf den entsprechenden Einflussparameter laden, um vier Faktoren zu extrahieren. Als Extraktionsmethode wird in Anlehnung an Busch et al. (E-Mail-Verkehr mit Frau Gesa Busch am 09.09.2021) eine Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt. Ziel dieser Methode ist es, die auf jeweils eine Komponente ladenden Items zusammenzufassen, sodass sie unter einem Sammelbegriff betrachtet werden können. Im Gegensatz zu den Methoden der klassischen Faktorenanalyse unterscheidet sich die Hauptkomponentenanalyse darin, dass daraus keine kausale Interpretation erfolgt und die Annahme besteht, die Varianz wird anstelle aus der Zusammensetzung der Kommunalitäten und Einzelrestvarianzen vollständig durch die Varianz der Ausgangsvariablen erklärt. Aus diesem Grund werden die Kommunalitäten bei der Hauptkomponentenanalyse nicht geschätzt.

Bevor die Komponenten extrahiert werden können, müssen zunächst einige Aspekte bezüglich der Eignung des Datensatzes analog zur Faktorenanalyse überprüft werden. Für die Größe der Stichprobe wird eine Zahl von mindestens 50 und dem Dreifachen der Itemzahl vorausgesetzt. Zudem müssen die Daten mindestens intervallskaliert sein (Backhaus et al., 2018: 429). Beide dieser Voraussetzungen sind für den Datensatz erfüllt. Während die Korrelationsmatrix nur vereinzelt hohe Werte über 0,7 zeigt, unterscheiden sich die

Signifikanzniveaus einiger Korrelationskoeffizienten von Null. Zur weiteren Überprüfung der Daten wird zudem die inverse Korrelationsmatrix bewertet. Die Voraussetzung, dass die Werte der Nicht-Diagonal-Elemente nahe Null liegt, ist erfüllt. Ebenso müssen die Werte der Anti-Image-Kovarianz-Matrix nahe Null liegen. Hierfür besteht nach Dziuban und Shirkey als Kriterium für die Eignung einer Faktorenanalyse ein Maximum von 25% der Nicht-Diagonal-Elemente, die einen Wert von über 0,09 annehmen dürfen. Im Fall dieser Analyse trifft diese Überschreitung bei 23 Werten beziehungsweise 9,6% zu. Folglich sind die Daten für eine Hauptkomponentenanalyse geeignet. Weiterhin prüft der Bartlett-Test auf Sphärizität den Zusammenhang zwischen Korrelationsmatrix und Einheitsmatrix. Das Ergebnis von 0,000 führt zu einer Bestätigung der Alternativhypothese. Demnach besteht ein Unterschied zwischen den Matrizen und die Variablen sind unkorreliert, weshalb die Hauptkomponentenanalyse durchgeführt werden darf. Als letzte Voraussetzung wird durch das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium die Stichprobeneignung geprüft. Da sowohl alle Diagonal-Werte der Anti-Image-Korrelations-Matrix deutlich über dem Grenzwert der Eignung von 0,5 liegen als auch der Kaiser-Meyer-Olkin-Wert von 0,84 als „verdienstvoll“ einzuordnen ist, ist die Eignung des Datensatzes erfüllt. Den Erwartungen treu werden durch die Hauptkomponentenanalyse vier Faktoren extrahiert. Insgesamt erklären diese 69,232% der Gesamtvarianz (Vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Erklärte Gesamtvarianz

Komponenten	Anfängliche Eigenwerte			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	4,787	29,921	29,921	3,911	24,445	24,445
2	3,519	21,994	51,915	2,621	16,380	40,825
3	1,586	9,914	61,828	2,440	15,248	56,073
4	1,185	7,404	69,232	2,106	13,160	69,232

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Aus Gründen verbesserter Interpretierbarkeit folgt eine rechtwinklige Varimax-Rotation, deren Ladungsmatrix die Ladungen der Items auf die jeweiligen Komponenten zeigt. Ab einem Wert von 0,5 wird von einer hohen Ladung ausgegangen. Da dies für alle Komponenten der Fall ist und kein Item auf mehrere Komponenten lädt, werden keine Items ausgeschlossen. Komponente 4 fasst die Items des Ernährungsnatürlichkeitsbewusstseins zusammen, Komponente 1 die des Umweltbewusstseins, Komponente 3 die der Risikowahrnehmung sowie Komponente 2 die der Nutzenwahrnehmung (Vgl. Tabelle 14).

Anschließend folgt durch SPSS eine Regressionsanalyse zur Bestimmung der Faktorwerte. Durch diese werden vier neue Variablen für die Komponenten bestimmt, die der in dieser Arbeit noch folgenden Analyse dienen. In Anlehnung an Busch et al. (2021: 4) wird an dieser Stelle zudem Cronbach's Alpha betrachtet. Dieses wurde für alle vier Skalen bereits in den Kapiteln 4.4.1.2 sowie 4.4.1.3 berechnet und ist für das Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein als geeignet reliabel (0,778) sowie in den anderen Fällen als gut reliabel (Umweltbewusstsein: 0,888; Nutzenwahrnehmung: 0,816; Risikowahrnehmung: 0,876) einzuordnen.

Tabelle 14: Rotierte Komponentenmatrix^a

Item	Komponenten			
	1	2	3	4
Ernährung: Keine Zusatzstoffe enthalten	,183	-,027	,091	,823
Ernährung: Natürliche Zutaten enthalten	,303	-,022	,119	,707
Ernährung: Keine künstlichen Zutaten enthalten	,128	-,070	,082	,861
Umwelt: Es ist mir wichtig, dass die Produkte, die ich nutze, der Umwelt nicht schaden.	,779	,054	,069	,244
Umwelt: Ich berücksichtige den potenziellen Umwelteinfluss meiner Aktivitäten in den meisten Entscheidungen.	,818	-,038	-,046	,152
Umwelt: Meine Einkaufsgewohnheiten werden von meinem Interesse für unsere Umwelt beeinflusst.	,856	-,002	,009	,067
Umwelt: Ich bin besorgt darüber die Ressourcen unserer Erde zu verschwenden.	,711	,005	,102	,093
Umwelt: Ich würde mich selbst als umweltbewusst bezeichnen.	,772	-,012	-,018	,182
Umwelt: Ich nehme Unannehmlichkeiten in Kauf, um umweltbewusster zu handeln.	,802	-,102	,026	,072
Risiko: Für die Umwelt.	,085	-,318	,795	,042
Risiko: Für die Gesundheit.	-,031	-,196	,849	,156
Risiko: Für kommende Generationen.	,050	-,212	,905	,115
Nutzen: Für Ihre Gesundheit.	-,056	,754	-,291	-,059
Nutzen: Für die deutsche Bevölkerung.	-,028	,823	-,253	-,095
Nutzen: Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung.	,044	,756	,002	,000
Nutzen: Für die Umwelt	-,050	,773	-,264	,008

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung

^aDie Rotation ist in 6 Iterationen konvergiert

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

4.4.4 Regressionsanalyse

Die in der Hauptkomponentenanalyse extrahierten vier Komponenten werden in diesem Teil der Analyse nun in Anlehnung an Gatica-Arias et al. (2019: 7) gemeinsam mit dem Alter und dem Geschlecht der Teilnehmer, dem Vorwissen sowie der Risikobereitschaft auf den tatsächlichen jeweiligen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln geprüft. Hierzu wird eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

Vor Durchführung der linearen Regressionsanalyse muss geprüft werden, ob alle Annahmen des Gauß-Markow-Theorems erfüllt sind. Ist dies der Fall, liegen nach der Methode der kleinsten Quadrate effiziente und unverzerrte Schätzer vor (Backhaus et al., 2018: 90). Unter die erste Annahme fallen die Bedingungen, dass Parameterlinearität besteht, dass das Modell alle relevanten Variablen enthält, die die abhängige Variable erklären sowie dass mehr Beobachtungen als Parameter vorliegen. Dadurch wird sichergestellt, dass das Modell korrekt spezifiziert ist. Weiterhin wird angenommen, dass dem Modell eine Zufallsstichprobe zugrunde liegt. Die dritte Annahme besagt, dass die Störgrößen einen Erwartungswert von Null aufweisen. Dies wird mittels eines Streudiagramms der standardisierten geschätzten Werte gegen die standardisierten geschätzten Residuen visuell geprüft (Vgl. Anhang 32). Da Störgrößen nicht betrachtet werden können, werden hierfür die Residuen verwendet. Die Annahme ist erfüllt, wenn die geschätzten Residuen im Mittel den Wert Null annehmen. Im selben Diagramm wird die nächste Annahme, dass Stichprobenvariation vorliegt, überprüft. Weiterhin muss geprüft werden, ob die Residuen homoskedastisch und normalverteilt sind. Die Normalverteilung wird durch ein Histogramm visuell geprüft (Vgl. Anhang 33). Liegt jedoch wie im Falle dieser Analyse ($n = 540$) eine große Stichprobe vor, darf diese nach dem zentralen Grenzwertsatz auch bei einer Annäherung an eine Normalverteilung angenommen werden. Die Prüfung auf Homoskedastizität erfolgt mittels des Breusch-Pagan-Tests. Da es sich bei den zu analysierenden Daten nicht um Zeitreihendaten handelt, wird die Überprüfung auf Autokorrelation hier nicht vorgenommen. Zuletzt muss noch die Annahme keiner Multikollinearität erfüllt sein, die anhand der Toleranz sowie des Varianzinflationsfaktors (VIF) geprüft wird. Die Toleranz sollte dabei Werte über 0,1 annehmen und der VIF Werte unter 10 (Auer und Rottmann, 2015: 447-454 & 528-532; Backhaus et al., 2018: 90-103; Brosius, 2018: 669-680; Universität Zürich, 2021d).

Im Folgenden wird für die Analyse zunächst ein Grundmodell geschätzt, das alle zu testenden Variablen einschließt. Zunächst werden hierfür die Angabe des Geschlechtes sowie das Vorwissen über CRISPR/Cas in Dummy-Variablen transformiert. Dabei wird der Gruppe der Männer der Wert 1 gegeben. Weist die Variable den Wert 0 auf, handelt es sich entsprechend um eine Frau. Bezüglich des Vorwissens, ob dem Teilnehmer CRISPR/Cas bekannt ist, steht der Wert 1 für die Antwortmöglichkeit „ja“ sowie der Wert 0 für „nein“ und „ich weiß es nicht“ zugleich. An diesem Grundmodell werden nun die aufgeführten Annahmen geprüft. Dabei zeigt sich, dass für den vorliegenden Datensatz alle Annahmen des Gauß-Markow-Theorems erfüllt sind. Analytisch zeigt der Breusch-Pagan-Test mit einem Ergebnis von 0,751 keine Signifikanz, weshalb Homoskedastizität angenommen werden kann. Die Toleranz- und VIF-Werte entsprechen ebenfalls den aufgeführten Erfordernissen (Vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15: Koeffizienten des Grundmodells

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten			Kollinearitätsstatistik	
Modell	Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta	T	Signifikanz	Toleranz	VIF
Konstante	2,615	,155		16,849	<,001		
Geschlecht ^a	-,061	,082	-,026	-,738	,461	,911	1,098
Alter	,000	,003	,000	,006	,995	,931	1,074
Vorwissen ^b	,064	,075	,030	,853	,394	,931	1,074
Risikobereitschaft	,095	,029	,115	3,269	,001	,950	1,053
Faktor Umwelt	,057	,037	,054	1,536	,125	,956	1,046
Faktor Nutzen	,517	,037	,489	14,019	<,001	,957	1,045
Faktor Risiko	-,346	,036	-,327	-9,525	<,001	,988	1,012
Faktor Ernährung	-,042	,037	-,040	-1,134	,257	,930	1,075

F = 40,776; R² = ,381; Korrigiertes R² = ,371

^aDummy-Variable für Geschlecht mit 1 = männlich; 0 = weiblich

^bDummy-Variable für CRISPR/Cas bekannt mit 1 = ja; 0 = nein, ich weiß es nicht

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Allerdings können in diesem Modell drei Ausreißer, deren standardisierte Residuen über dem Schwellenwert von ± 3 Standardabweichungen von Null liegen, identifiziert werden. Aufgrund der Empfindlichkeit auf Ausreißer der Methode der kleinsten Quadrate, werden die drei Fälle eliminiert und ein neues Grundmodell ohne Ausreißer geschätzt (Backhaus et al., 2018: 108-110). Das Bestimmtheitsmaß R², das auf einer Skala von 0 bis 1 den Anteil an der Gesamtstreuung angibt, der erklärt wird, steigt durch den Ausschluss der Ausreißer von 0,381 auf 0,410 (Backhaus et al., 2018: 77). Folglich erklärt das Grundmodell ohne Ausreißer einen höheren Anteil der Streuung. Zusätzlich sinkt der Standardfehler des Schätzers von 0,838 auf 0,812. Mit Ausnahme der Variable des Vorwissens weisen zudem alle

Regressionskoeffizienten höhere und alle Signifikanzen niedrigere Werte auf (Vgl. Tabelle 15 und 16). Aus diesen Gründen wird dem Grundmodell ohne Ausreißer eine bessere Schätzung zugeordnet und dieses für die weitere Analyse verwendet. Auch in diesem Modell sind die Annahmen des Gauß-Markov-Theorems erfüllt. Auffallend ist jedoch, dass die Signifikanz des Breusch-Pagan-Tests von 0,085 zwar immer noch zu einer Bestätigung der Nullhypothese, dass Homoskedastizität vorliegt, führt, der Wert im Vergleich zum ersten Grundmodell jedoch deutlich gesunken ist.

Tabelle 16: Koeffizienten des Grundmodells ohne Ausreißer

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta			Toleranz	VIF
Konstante	2,614	,151		17,292	<,001		
Geschlecht ^a	-,068	,080	-,030	-,847	,397	,907	1,102
Alter	,000	,003	-,003	-,084	,933	,932	1,073
Vorwissen ^b	,045	,073	,022	,621	,535	,930	1,075
Risikobereitschaft	,105	,029	,127	3,686	<,001	,947	1,056
Faktor Umwelt	,067	,036	,064	1,877	,061	,956	1,047
Faktor Nutzen	,527	,036	,503	14,728	<,001	,958	1,044
Faktor Risiko	-,364	,035	-,346	-10,292	<,001	,988	1,012
Faktor Ernährung	-,049	,036	-,047	-1,349	,178	,929	1,077

F = 45,836; R² = ,410; Korrigiertes R² = ,401

Abhängige Variable: Kauf- und Verzehrswilligkeit CRISPR/Cas

^aDummy-Variable für Geschlecht mit 1 = männlich; 0 = weiblich

^bDummy-Variable für CRISPR/Cas bekannt mit 1 = ja; 0 = nein, ich weiß es nicht

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Im nächsten Schritt der Analyse wird auf Basis des Grundmodells ohne Ausreißer eine blockweise Regression durchgeführt, in der nacheinander die Variablen gruppiert aufgenommen werden. Auf diese Weise kann das Modell bestimmt werden, das die Akzeptanzeinflüsse tatsächlich am besten widerspiegelt. Aus diesem Grund wird auf eine nähere Erläuterung der in Tabelle 26 dargestellten Regressionskoeffizienten und Signifikanzen zunächst verzichtet. Für alle Modelle der blockweisen Regression wird ein Signifikanzniveau von 5%, beziehungsweise $\alpha = 0,05$ angenommen. Bei allen aufgestellten Hypothesen handelt es sich allerdings um gerichtete Hypothesen, weshalb die p-Werte jeweils händisch halbiert werden. Das erste Modell der blockweisen Regression umfasst die demographischen Variablen Alter und Geschlecht. Die Auswertung zeigt, dass für dieses Modell ein sehr niedriges Bestimmtheitsmaß von R² = 0,012 vorliegt. Folglich werden nur 1,2% der Streuung durch das Modell erklärt. Für eine verbesserte Vergleichbarkeit des Erklärungsgehalts der Variablen untereinander werden die standardisierten Koeffizienten beziehungsweise

die Beta-Koeffizienten betrachtet (Brosius, 2018: 667-668). Dabei wird ersichtlich, dass das Geschlecht einen stärkeren Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz als das Alter hat (Vgl. Tabelle 17) und, dass der Einfluss des Geschlechts in diesem Modell positiv signifikant ist. Demzufolge steigt die Akzeptanz für pflanzliche CRISPR/Cas-Nahrungsmittel, wenn die befragte Person ein Mann ist.

Tabelle 17: Koeffizienten des Modells 1

Modell 1	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta			Toleranz	VIF
Konstante	3,136	,128		24,419	<,001		
Alter	-,006	,004	-,069	-1,599	,055 ¹	,991	1,009
Geschlecht ^a	,209	,099	,091	2,110	,018 ¹	,991	1,009

F = 3,209; R² = ,012; Korrigiertes R² = ,008

^aDummy-Variable für Geschlecht mit 1 = männlich; 0 = weiblich

¹halbierter p-Wert (einseitiger Signifikanzwert)

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

In Modell 2 wird zusätzlich der Einfluss des Vorwissens betrachtet, wodurch das Bestimmtheitsmaß auf R² = 0,018 leicht steigt. Sowohl das Vorwissen als auch das Geschlecht weisen einen signifikanten Einfluss auf (Vgl. Tabelle 18). Allerdings ist der des Geschlechts etwas schwächer signifikant als in Modell 1.

Tabelle 18: Koeffizienten des Modells 2

Modell 2	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta			Toleranz	VIF
Konstante	3,055	,135		22,584	<,001		
Alter	-,007	,004	-,070	-1,631	,052 ¹	,990	1,010
Geschlecht ^a	,186	,099	,081	1,870	,031 ¹	,976	1,025
Vorwissen ^b	,169	,091	,080	1,856	,032 ¹	,984	1,016

F = 3,298; R² = ,018; Korrigiertes R² = ,013

^aDummy-Variable für Geschlecht mit 1 = männlich; 0 = weiblich

^bDummy-Variable für CRISPR/Cas bekannt mit 1 = ja; 0 = nein, ich weiß es nicht

¹halbierter p-Wert (einseitiger Signifikanzwert)

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Im nächsten Schritt der blockweisen Regression werden dem Modell die Variablen der Risikobereitschaft, des Umweltbewusstseins und des Ernährungsnatürlichkeitsbewusstseins hinzugefügt. Hierdurch steigt das Bestimmtheitsmaß auf R² = 0,054. Zwar weist die Variable der Risikobereitschaft einen signifikant positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz auf

(Vgl. Tabelle 19), jedoch ist der Anteil der erklärten Streuung von 5,4% der Gesamtstreuung immer noch sehr niedrig. Im Gegensatz zu Modell 2 weisen das Vorwissen sowie das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss mehr auf.

Tabelle 19: Koeffizienten des Modells 3

Modell 3	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta			Toleranz	VIF
Konstante	2,497	,190		13,115	<,001		
Alter	-,006	,004	-,063	-1,447	,075 ¹	,950	1,052
Geschlecht ^a	,122	,101	,053	1,217	,112 ¹	,924	1,083
Vorwissen ^b	,117	,092	,056	1,274	,102 ¹	,933	1,072
Risikobereitschaft	,153	,036	,184	4,251	<,001 ¹	,955	1,047
Umweltbewusstsein	,066	,045	,063	1,463	,072 ¹	,956	1,047
Ernährungs-natürlichkeitsbewusstsein	-,028	,046	-,027	-,607	,272 ¹	,930	1,075

F = 5,081; R² = ,054; Korrigiertes R² = ,044

^aDummy-Variable für Geschlecht mit 1 = männlich; 0 = weiblich

^bDummy-Variable für CRISPR/Cas bekannt mit 1 = ja; 0 = nein, ich weiß es nicht

¹halbierter p-Wert (einseitiger Signifikanzwert)

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Das vierte Modell prüft zusätzlich den Einfluss der Risiko- und Nutzenwahrnehmung. Mit diesem Einbezug steigt das Bestimmtheitsmaß erheblich auf R² = 0,410. Da die Aufnahme von weiteren Variablen mit einer Anpassung einhergeht, jedoch nicht unbedingt mit besseren Schätzwerten für die Daten, wird an dieser Stelle zudem das korrigierte Bestimmtheitsmaß (korrigiertes R² = 0,401) hinzugezogen (Backhaus et al., 2018: 78). Daraus folgend werden 40,1% der Gesamtstreuung durch das Modell erklärt. Beide aufgenommenen Variablen sowie nun auch das Umweltbewusstsein weisen neben der Risikobereitschaft einen signifikanten Einfluss auf (Vgl. Tabelle 20). Bei der Betrachtung der standardisierten Koeffizienten wird zudem ersichtlich, dass die Risikowahrnehmung den größten Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz hat. Erwartungsgemäß steigt die Verbraucherakzeptanz mit erhöhtem wahrgenommenem Nutzen und sinkt mit erhöhtem wahrgenommenem Risiko. Wie in Modell 3 führt eine erhöhte Risikobereitschaft zu einer erhöhten Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln. Das Umweltbewusstsein zeigt entgegen den Erwartungen einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz.

Tabelle 20: Koeffizienten des Modells 4

Modell 4	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta			Toleranz	VIF
Konstante	2,614	,151		17,292	<,001		
Alter	,000	,003	-,003	-,084	,467 ¹	,932	1,073
Geschlecht ^a	-,068	,080	-,030	-,847	,199 ¹	,907	1,102
Vorwissen ^b	,045	,073	,022	,621	,268 ¹	,930	1,075
Risikobereitschaft	,105	,029	,127	3,686	<,001 ¹	,947	1,056
Umweltbewusstsein	,067	,036	,064	1,877	,031 ¹	,956	1,047
Ernährungsnaturalitätsbewusstsein	-,049	,036	-,047	-1,349	,089 ¹	,929	1,077
Nutzenwahrnehmung	,527	,036	,503	14,728	<,001 ¹	,958	1,044
Risikowahrnehmung	-,362	,035	-,346	-10,292	<,001 ¹	,988	1,012

F = 45,836; R² = ,410; Korrigiertes R² = ,401

^aDummy-Variable für Geschlecht mit 1 = männlich; 0 = weiblich

^bDummy-Variable für CRISPR/Cas bekannt mit 1 = ja; 0 = nein, ich weiß es nicht

¹halbierter p-Wert (einseitiger Signifikanzwert)

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Als Abschluss der blockweisen Regression wird zusätzlich ein fünftes Modell geschätzt, das nur die vier signifikanten Variablen enthält. Mit Entfernen der übrigen Variablen sinkt das Bestimmtheitsmaß auf R² = 0,407. Allerdings steigt das korrigierte Bestimmtheitsmaß im Vergleich zu Modell 4 auf R² = 0,402. Der p-Wert des Umweltbewusstseins sinkt deutlich, während die der anderen Variablen gleich bleiben (Vgl. Tabelle 21). Schlussfolgernd kann das Modell 5 als das Modell betrachtet werden, das die Einflüsse auf die Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln am besten beschreibt.

Tabelle 21: Koeffizienten des Modells 5

Modell 5	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
	Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta			Toleranz	VIF
Konstante	2,632	,113		23,381	<,001 ¹		
Risikobereitschaft	,099	,028	,120	3,554	<,001 ¹	,984	1,016
Umweltbewusstsein	,073	,035	,070	2,094	,019 ¹	1,000	1,000
Nutzenwahrnehmung	,526	,035	,502	14,943	<,001 ¹	,989	1,011
Risikowahrnehmung	-,362	,035	-,345	-10,305	<,001 ¹	,996	1,004

F = 91,129; R² = ,407; Korrigiertes R² = ,402

¹halbierter p-Wert (einseitiger Signifikanzwert)

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Auf Basis der Modelle 4 und 5 werden nun die Entscheidungen getroffen, ob die jeweiligen aufgestellten Hypothesen angenommen oder verworfen werden. Auch wenn ein

Unterschied in der Verbraucherakzeptanz von Männern und Frauen besteht und Hypothese H1 angenommen wird (Vgl. Kapitel 4.4.2), stellt das Geschlecht keinen signifikanten Einflussfaktor dar. Die Hypothesen H2 und H3 werden verworfen, da weder das Alter einer Person noch die vorherige Kenntnis von CRISPR/Cas einen Einfluss zeigt. Gleiches gilt für das Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein, weshalb die Hypothesen H4 verworfen wird. Trotz des signifikant positiven Einflusses des Umweltbewusstseins wird die Hypothese H5 verworfen, da diese einen negativen Einfluss postuliert. Hingegen werden die Hypothesen H6, H7a und H8a angenommen. Die Risikobereitschaft, das wahrgenommene Risiko sowie der wahrgenommene Nutzen weisen in allen Modellen, in die die Variablen aufgenommen wurden, einen signifikanten Einfluss auf. Zusammenfassend sind in Tabelle 22 alle in diesem Kapitel behandelten Hypothesen inklusive deren Entscheidung über Bestätigung oder Ablehnung aufgeführt. Aus Platzgründen beziehen sich die Hypothesen, die durch die Regressionsanalyse geprüft wurden, auf Modell 4. Eine Übersicht über die anderen Modelle ist im Anhang zu finden (Vgl. Anhang 34).

Tabelle 22: Überblick über die Überprüfung der aufgestellten Hypothesen

Hypothesen	Entscheidung
H1: Die Kauf- und Verzehrbereitschaft von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln ist in Deutschland ist bei Männern höher als bei Frauen.	✓ ($p = 0,024$) ^{1b}
H2: Das Alter einer Person hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.	× ($p = 0,467$) ^{1a}
H3: Der bereits vorhandene Wissensstand hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.	× ($p = 0,268$) ^{1a}
H4: Das Bewusstsein für eine natürliche Ernährung hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.	× ($p = 0,089$) ^{1a}
H5: Das Umweltbewusstsein hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.	× ($p = 0,031$) ^{1a}
H6: Die Risikobereitschaft hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.	✓ ($p < 0,001$) ^{1a}
H7a: Der wahrgenommene Nutzen hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.	✓ ($p < 0,001$) ^{1a}
H7b: Der wahrgenommene Nutzen von CRISPR/Cas in Deutschland ist höher als der von GMO.	✓ ($p < 0,001$) ^{1c}
H8a: Das wahrgenommene Risiko hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas in Deutschland.	✓ ($p < 0,001$) ^{1a}
H8b: Das wahrgenommene Risiko von CRISPR/Cas in Deutschland ist niedriger als das von GMO.	✓ ($p < 0,001$) ^{1c}

¹ halbiertes p-Wert (einseitiger Signifikanzwert); ✓ = Hypothese angenommen; × = Hypothese abgelehnt

^a Bezieht sich auf Modell 4 der multiplen linearen Regressionsanalyse

^b Bezieht sich auf den Mann-Whitney-U-Test

^c Bezieht sich auf den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

5 Diskussion

Die Ergebnisse der quantitativen Analyse zur Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln in Deutschland werden im folgenden Abschnitt dieser Arbeit interpretiert und vergleichend zu der dem Online-Fragebogen zugrundeliegenden Literatur diskutiert. Aufgrund der insbesondere in Deutschland bisher spärlich vorhandenen Studienlage über die Akzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln, werden vergleichend zu Kapitel 3.2 auch Daten aus anderen Ländern hinzugezogen. Zudem wird für die jeweiligen untersuchten Einflussfaktoren ein Vergleich zwischen GMO und GE gezogen, um potenzielle unterschiedliche Wahrnehmungen zu identifizieren.

5.1 Auswirkungen der demographischen Daten auf die Verbraucherakzeptanz

Im Rahmen der Auswertung der Ergebnisse der durchgeführten Online-Umfrage werden die Hypothese H1 über den Einfluss des Geschlechts eines Teilnehmers sowie die Hypothese H2 über den negativen Einfluss des Alters eines Teilnehmers abgelehnt, da durch die Regressionsanalyse keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden können (Vgl. Kapitel 4.4.4). In Bezug auf das Alter einer Person entspricht dies den Ergebnissen von Shew et al. (2018: 5) und Gatica-Arias et al. (2019: 8), die ebenfalls keine signifikanten Einflüsse des Alters zeigen können. Andererseits stellen Muringai et al. (2020: 10) und Arias-Salazar et al. (2020: 8) fest, dass die Verbraucherakzeptanz mit steigendem Alter abnimmt. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Altersverteilung der in dieser Arbeit durchgeführten Umfrage mit einer Spannweite von 63 Jahren zwar breit ist, jedoch eine rechtsschiefe Verteilung vorliegt. Letztere sowie der Modus von 24 Jahren sprechen für eine durchschnittlich jüngere Stichprobengruppe und gegen eine homogene Altersverteilung. Potenzielle daraus resultierende Effekte auf den Einfluss des Alters auf die Verbraucherakzeptanz können deshalb nicht ausgeschlossen werden. Wird ein Vergleich zur Verbraucherakzeptanz von GMO gezogen, wird wiederum deutlich, dass auch hier unterschiedliche Studienergebnisse bezüglich des Einflusses des Alters vorliegen. Liegt in einer Studie der in Kapitel 3.1 betrachteten Studien ein signifikanter Einfluss vor, weist dieser in dieselbe Richtung, dass ältere Personen Gentechnik mehr ablehnen als jüngere (Christoph et al., 2008: 8; Hartl und Hermann, 2009: 1).

Ebenso wie in Bezug auf das Alter, bestehen auch für den Einfluss des Geschlechts unterschiedliche Ergebnisse in den verschiedenen Studien. Die Ausführung des Mann-Whitney-U-Tests zeigt für die erhobene Online-Umfrage einen signifikanten Unterschied, nach dem Männer eine eher akzeptierende Haltung gegenüber pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln einnehmen als Frauen (Vgl. Kapitel 4.4.2). Gleichzeitig zeigt das Geschlecht als erklärende Variable in der Regressionsanalyse in den Modellen 3 und 4, beziehungsweise den Modellen mit hohem Bestimmtheitsmaß, keinen signifikanten Einfluss (Vgl. Kapitel 4.4.4). Gatica-Arias et al. (2019: 8), Arias-Salazar et al. (2020: 7) und Shew et al. (2018: 5) können ebenfalls keinen Einfluss des Geschlechts feststellen. Konträr dazu können beispielsweise Muringai et al. (2020: 10) eine signifikant höhere Akzeptanz für genetisch editierte Nahrungsmittel bei Männern ausmachen und so die Richtung des Unterschiedes zwischen den Geschlechtern dieser Studie bestätigen. Eventuell führt die unausgeglichene Geschlechterverteilung von 70% Frauen und 30% Männern zu einer Verzerrung der Auswertungsergebnisse in der Regressionsanalyse (Vgl. Kapitel 4.4.1). Da jedoch analog zum Alter als Einflussfaktor auch die Studien, die die Verbraucherakzeptanz von GMO untersuchen, widersprüchliche Studienergebnisse zeigen, ist ein nicht signifikanter Einfluss nicht selten. Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern, zeigen auch für GMO weibliche Probanden niedrigerer Akzeptanzwerte als männliche (Vgl. Kapitel 3.1). Sowohl der Einfluss des Alters als auch der des Geschlechtes sollte in zukünftigen Studien unter Beachtung einer repräsentativen Stichprobe weiter erforscht werden.

5.2 Einfluss des Wissens über CRISPR/Cas auf dessen Verbraucherakzeptanz

Ob die Teilnehmer vor Ausfüllen der Online-Umfrage bereits von CRISPR/Cas gehört haben, hat in der durchgeführten Umfrage ebenfalls keinen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz (Vgl. Kapitel 4.4.4). Insgesamt geben 53,7% der Teilnehmer an bereits bekannt mit der Gentechnikmethode zu sein, während 66,7% bereits von GMO gehört haben. Die Differenz kann durch die Neuheit des CRISPR/Cas-Verfahrens im Vergleich zur transgenen Gentechnik begründet werden, weshalb in Deutschland darüber bisher weniger kommuniziert wurde (Gatica-Arias et al., 2019: 9). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Busch et al. sowie Son und Lim (Vgl. Kapitel 3.2). Allerdings geben für die spezifischen Wissensfragen insgesamt 39,6% für die erste Frage und 80,0% für die zweite Frage eine falsche Antwort

an oder, dass sie es nicht wissen. Aus diesem Grund wurden die Fragen vor der Auswertung eliminiert (Vgl. Kapitel 4.4.1). Während die Ergebnisse von Busch et al. (2021: 11) zeigen, dass unter der Gruppe der Personen, die sehr hohe Zustimmungswerte gegenüber GEN aufweisen, ein größerer Anteil bereits davon gehört und die Wissensfragen korrekt beantwortet hat, ist dies in dieser Studie nicht der Fall. Im Gegenteil wird analog zu den Wissensfragen bezüglich GMO von Son und Lim (2021: 7) deutlich, dass sich durch die Fragen über CRISPR/Cas darauf schließen lässt, dass der tatsächliche Wissensstand selbst bei den Personen, die angeben bereits davon gehört zu haben, insgesamt unzureichend ist. Folglich bedeutet dies, dass die im Fragebogen bereitgestellte Information über die Gentechnikmethoden für viele Teilnehmer den ersten Berührungspunkt mit der Thematik darstellt und somit einen großen Einfluss auf das Antwortverhalten, über die im Anschluss an die Erklärung gestellten Fragen, aufweisen könnte. Die von Shew et al. (2018: 1) thematisierte Problematik, dass Personen aufgrund ihrer Kenntnisse nicht zwischen GE und GMO differenzieren, beziehungsweise differenzieren können, könnte deshalb auch hier von Bedeutung sein. Da der Effekt der Informationsgabe in dieser Arbeit jedoch nicht untersucht wird, können diesbezüglich keine konkreten Aussagen getroffen werden.

Der bei Marette et al. identifizierte Einfluss der Reihenfolge der Informationsgabe auf die Verbraucherakzeptanz wurde in dieser Studie durch die randomisierte Darstellung der Erklärungen der Gentechnikverfahren eliminiert (Vgl. Kapitel 3.2 und 4.2). Zu beachten ist dennoch, dass auch Son und Lim feststellen können, dass ein erhöhter Wissensstand zu erhöhten Akzeptanzraten führt. Ferner korrelieren in der Studie von Gatica-Arias et al. höhere Bildungsgrade mit dem Vorwissen und Shew et al. stellen einen positiven Zusammenhang der Vertrautheit mit der Akzeptanz von CRISPR/Cas und GMO fest (Vgl. Kapitel 3.2). Arias-Salazar et al. können zudem zeigen, dass Studenten der Agrar- und Ernährungswissenschaften ein geringeres Risiko mit dem Einsatz von CRISPR/Cas verbinden als andere Studenten (Vgl. Kapitel 3.2). Da die Fachrichtung beziehungsweise die Branche, in der die Teilnehmer dieser Studie tätig sind, jedoch nicht erfragt wurde, kann hierzu keine vergleichende Aussage getroffen werden. Zusammenfassend kann das Ergebnis der Online-Umfrage von den anderen Studien allerdings nicht bestätigt werden. Eventuell könnte dies in der generell negativeren Einstellung der Deutschen bezüglich der Anwendung gentechnischer Verfahren an pflanzlichen Nahrungsmitteln begründet sein (Vgl. Kapitel 3.1).

Zumindest in Bezug auf GMO weisen Deutsche nach Christoph et al. (2008: 8) im Vergleich zu Personen aus anderen Ländern kein Wissensdefizit auf (Vgl. Kapitel 3.1). Da das naturwissenschaftliche Verständnis jedoch mit einer erhöhten Verbraucherakzeptanz assoziiert (Vgl. Kapitel 3.1) und der Kenntnisstand, wie an den Wissensfragen deutlich wird, allgemein begrenzt ist, sollten, um diesen zu erhöhen und die Verbraucherakzeptanz von genetisch editierten Nahrungsmitteln zu steigern, den Konsumenten objektive Informationen über das Verfahren CRISPR/Cas sowie den Unterschieden zu GMO zur Verfügung gestellt werden (Son und Lim, 2021: 15). Ebenso argumentieren Wunderlich und Gatto (2015: 8), dass die Verbreitung der Erkenntnisse wissenschaftlicher Studien einen ausschlaggebenden Faktor für die Verbraucherbildung und somit deren Akzeptanz von Gentechnik darstellt. Allerdings müssen hierfür durch weitere Studien angemessene Methoden entwickelt werden, da eine Informationsgabe die Verbraucherakzeptanz unterschiedlich beeinflussen kann (Vgl. Kapitel 3.1 und 3.2).

5.3 Effekte charakterlicher Bewusstseinsseigenschaften auf die Verbraucherakzeptanz

Die nächsten im multiplen linearen Regressionsmodell überprüften Einflussfaktoren stellen das Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein, das Umweltbewusstsein sowie die generelle Risikobereitschaft der Teilnehmer dar. In diesem Zuge konnten die Hypothesen H4 und H5 bezüglich eines signifikant negativen Einflusses des Ernährungsnatürlichkeitsbewusstseins und des Umweltbewusstseins nicht bestätigt werden.

In anderen Studien wurde festgestellt, dass die Akzeptanz für die Anwendung von Gentechnik durch eine favorisierende Einstellung für natürliche Nahrungsmittel geprägt wird. Dabei werden Methoden der GE ohne Einfügen eines exogenen Gens insbesondere im Vergleich zu transgenen GMO als natürlicher wahrgenommen und weisen aus diesem Grund eine höhere Akzeptanz auf (Busch et al., 2021: 11; Muringai et al., 2020: 12). Allerdings muss bei diesen Erkenntnissen differenziert werden, dass es sich um die Natürlichkeitswahrnehmung einer jeweiligen Technologie handelt und diese nicht direkt mit der in der Online-Umfrage verwendeten Skala von Steptoe et al. vergleichbar ist (Vgl. Kapitel 4.2). Da Letztere bisher in keiner Studie über die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas untersucht wurde, kann nur ein Vergleich zu den Kenntnissen über GMO gezogen werden. Diese zeigen

eine inverse Korrelation zwischen dem Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein und der Verbraucherakzeptanz von GMO (Vgl. Kapitel 3.1). Auch wenn das Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein in dieser Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz aufweist und somit nicht als erklärender Einflussfaktor auszumachen ist, wird anhand des höheren Mittelwertes sowie Medians der Kauf- und Verzehrswilligkeit von CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln im Vergleich zu GMO-Nahrungsmitteln dennoch eine Tendenz für eine höhere Akzeptanz der GE ersichtlich (Vgl. Kapitel 4.4.1.3).

In Anlehnung auf Shew et al. wurde der Einfluss des Umweltbewusstseins untersucht. Aufgrund der Länge der von Shew et al. (2018: 4) hierfür genutzten „New Ecological Paradigm“ Skala von 15 Items im Vergleich zu der Anzahl von Items der anderen in dieser Studie erfragten Parameter, wurde eine kürzere Skala mit nur sechs Items von Haws et al. verwendet (Vgl. Kapitel 4.2). Dadurch sollte einerseits bei den Teilnehmern nicht das Gefühl entstehen, Fragen bezüglich des Umweltbewusstseins würden einen besonderen Schwerpunkt der Online-Umfrage darstellen, und andererseits der Fragebogen nicht zu lang werden. Entgegen den Erwartungen weisen Individuen mit hohem individuellen Umweltbewusstsein eine signifikant höhere Akzeptanz für CRISPR/Cas auf. Shew et al. können hingegen nur für die Zahlungsbereitschaft für einen CRISPR/Cas-Reis in den USA und für einen GMO-Reis in Australien einen Einfluss des Umweltbewusstseins feststellen. Sie begründen dies damit, dass der Aspekt des Umweltbewusstseins auch durch die Fragen nach dem Empfinden der Sicherheit und des Nutzens der gentechnischen Verfahren abgedeckt sei (Shew et al., 2018: 5). Auch in dieser Studie weist die Risiko- und Nutzenwahrnehmung einen signifikanten Einfluss auf (Vgl. Kapitel 4.4.4). Das Umweltbewusstsein wird in Bezug auf die Reihenfolge im Fragebogen erfragt, bevor die Teilnehmer die Erläuterung über die Gentechnikverfahren inklusive des konkreten Beispiels eines positiven Nutzens für die Umwelt durch die Verwendung weniger Unkrautbekämpfungsmittel bei den Gentechnikkartoffeln erhalten (Vgl. Kapitel 4.2). Auf diese Weise wird die Unabhängigkeit der Effekte sichergestellt. Entgegen der Erwartung, dass eine umweltbewusste Einstellung aufgrund von Unnatürlichkeitsargumenten die Akzeptanz von Gentechnik negativ beeinflusst, kann der positive Einfluss durch die in dem Erklärungstext deutlich werdenden Vorteile für die Umwelt begründet werden. Nimmt ein Umfrageteilnehmer demnach eine umweltbewusste Haltung ein, bewertet er die Vorteile stärker und stimmt der Verwendung des Gentechnikverfahrens CRISPR/Cas

eher zu. Der Nutzenaspekt für die Umwelt wird im nächsten Abschnitt dieses Kapitels weiter diskutiert werden. Da für GMO keine Untersuchung des Einflusses des individuellen Umweltbewusstseins auf die Verbraucherakzeptanz bekannt ist, wird hierzu an dieser Stelle kein Vergleich gezogen.

Der Einfluss der Risikobereitschaft einer Person auf die Verbraucherakzeptanz sowohl eines CRISPR/Cas- als auch eines GMO-Nahrungsmittels ist bisher ebenfalls nicht bekannt. Allerdings wird durch die multiple lineare Regressionsanalyse deutlich, dass diese einen signifikant positiven Einfluss aufweist (Vgl. Kapitel 4.4.4). Folglich führt eine höhere Risikobereitschaft einer Person zu einer Steigerung der Verbraucherakzeptanz eines pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmittels. Deutlich wird auch, dass eine inverse Korrelation zum signifikant negativen Einfluss der Risikowahrnehmung vorliegt. Dies ist inhaltlich stimmig, dass eine geringere Bewertung des Risikos durch diejenigen Personen erfolgt, die eher Risiken in Kauf nehmen. Auch wenn die Risikobereitschaft als solche bisher nicht untersucht wurde, kann dennoch ein Vergleich zur Studie von Son und Lim gezogen und das Ergebnis bestätigt werden. Die Studie zeigt, dass die Zahlungsbereitschaft für GE und GMO steigt, wenn die technologische Sicherheitssensibilität verringert ist (Vgl. Kapitel 3.2). Folglich steigt ebenfalls die Akzeptanz bei höherer Risikobereitschaft. Die in der Online-Umfrage verwendete Skala gilt nach Beierlein et al. (2014: 21) als eine genaue und zuverlässige Methode der Erfassung der Risikobereitschaft. Da diese jedoch in anderen Studien in dieser Form noch nicht angewandt wurde und nur begrenzt Vergleichswerte für das vorhandene Ergebnis vorliegen, bedarf es diesem Aspekt noch weiterer Forschung bevor abschließende Aussagen getroffen werden können.

5.4 Einflussfaktoren auf die Einstellung gegenüber CRISPR/Cas und GMO: Nutzen und Risiko

Die Auswertung der Wahrnehmung des Nutzens sowie des Risikos von CRISPR/Cas zeigt für beide Parameter einen hoch signifikanten Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz (Vgl. Kapitel 4.4.4). Dadurch können die Ergebnisse von Gatica-Arias et al. (2019: 8) und Shew et al. (2018: 5), dass sowohl eine inverse Korrelation zwischen Nutzen- und Risikowahrnehmung vorliegt als auch, dass diese beiden Aspekte die Haupteinflussfaktoren auf die Verbraucherakzeptanz darstellen, bestätigt werden (Vgl. Kapitel 3.2 und Kapitel 4.4.4).

Weiterhin führt dies zu einer Bekräftigung der Forschungsergebnisse der Verbraucherakzeptanz von GMO, für die ebenfalls die Nutzen- sowie die Risikowahrnehmung die bedeutendsten Einflussfaktoren sind (Vgl. Kapitel 3.1). Zusätzlich wurde der Nutzen- und der Risikoaspekt zwischen der Wahrnehmung von CRISPR/Cas und GMO untersucht. Dies führt zu dem Ergebnis, dass pflanzliche CRISPR/Cas-Nahrungsmittel im Vergleich zu pflanzlichen GMO-Nahrungsmitteln als weniger risikoreich empfunden und mit höherem Nutzen verbunden werden (Vgl. Kapitel 4.4.2). Auch Lassoued et al. (2021: 3), Muringai et al. (2020: 12), Marette et al. (2020: 23), Shew et al. (2018: 7) und Son und Lim et al. (2021: 11) stellen fest, dass Methoden der GE gegenüber GMO präferiert werden. Die unterschiedliche Wahrnehmung der Technologien wird insbesondere durch das Nichteinsetzen fremden Genmaterials bei Verwendung des CRISPR/Cas-Verfahren begründet (Muringai et al., 2020: 12; Son und Lim et al, 2021: 11). Dies führt dazu, dass CRISPR/Cas als sichereres Verfahren eingeschätzt wird (Vgl. Kapitel 3.2). Zudem ist an dieser Stelle erneut die Bewertung der Natürlichkeit als Einflussfaktor zu nennen (Vgl. Kapitel 5.3). Da sich die Erklärungen der in dieser Arbeit durchgeführten Online-Umfrage der CRISPR/Cas-Kartoffeln sowie die der GMO-Kartoffeln nur durch den Aspekt unterscheiden, ob ein fremdes Gen in die DNS der jeweiligen Kartoffeln eingebaut wird oder nicht, können die Wahrnehmungsdifferenzen ebenfalls hierdurch begründet werden.

Arias-Salazar et al. und Muringai et al. können weiterhin feststellen, dass die Verbraucherakzeptanz steigt, wenn die durch Gentechnik erzeugten Nahrungsmittel gesundheitliche Vorteile für den Konsumenten wie verbesserte Nährwerte oder einen Nutzen für die Umwelt aufweisen (Vgl. Kapitel 3.2). Auch wenn das individuelle Umweltbewusstsein in der Studie von Shew et al. (2018: 5) überwiegend keinen Einfluss zeigt, spielt ein empfundener Nutzen für die Umwelt durch verbesserte Eigenschaften der als Beispiel verwendeten Reissorten einen Hauptfaktor für die Erhöhung der Verbraucherakzeptanz. Auch Muringai et al. (2020: 13) kommen zu dem Ergebnis, dass die Akzeptanz bei gegebenen Vorteilen für die Konsumenten und die Umwelt steigt. Die in dieser Studie als Beispiel verwendeten CRISPR/Cas- und GMO-Kartoffeln sind einerseits resistenter gegen Unkraut und weisen somit durch die Verwendung weniger Unkrautbekämpfungsmittel einen Vorteil für die Umwelt auf. Andererseits bieten sie durch den geringeren Gehalt an Glykoalkaloiden einen Vorteil für die Konsumenten. Die Teilnehmer der Online-Umfrage müssen zwischen den

Vorteilen der GE sowie der GMO und den Risiken, die für Mensch und Umwelt auftreten, wenn die Technologien nicht angewendet werden, abwägen. Sind mit konventionellen Nahrungsmitteln Risiken verbunden, kann dies zu einer positiveren Bewertung der Produkte der Gentechnikverfahren führen als wenn mit den konventionellen Nahrungsmitteln zwar Vorteile, jedoch auch keine Nachteile verbunden sind (Muringai et al., 2020: 13). Die Beantwortung der Fragen zur Nutzen- und Risikowahrnehmung durch die Teilnehmer der Online-Umfrage wird folglich durch das Vorhandensein von Vorteilen für Mensch und Umwelt sowie von Nachteilen bei Nichtanwenden beeinflusst. Da dies bei allen Teilnehmern der Fall ist, kann der Effekt des gegebenen Beispiels auf die Wahrnehmung von Nutzen und Risiken jedoch nicht untersucht werden.

Ein weiterer Aspekt hinsichtlich der Vor- und Nachteile, der durch die Untersuchungen der Verbraucherakzeptanz von GMO deutlich wird, ist, dass diese eher akzeptiert werden, wenn sie Vorteile für den Konsumenten aufweisen, als wenn sie Vorteile für den Produzenten aufweisen. Letztere gehen mit Vorteilen für die Umwelt wie beispielweise die reduzierte Verwendung von Insektiziden einher (Vgl. Kapitel 3.1). Bei Betrachtung der einzelnen Items der Fragen nach der Einschätzung des Risikos und des Nutzens wird dagegen deutlich, dass das Risiko für die Umwelt sowohl bei CRISPR/Cas als auch bei GMO höher als das für die Gesundheit des Menschen bewertet wird (Vgl. Tabelle 14 und 15). Allerdings wird gleichzeitig auch der Nutzen für die Umwelt im Vergleich zum der für die persönliche Gesundheit bei beiden Verfahren höher geschätzt (Vgl. Tabelle 16 und 17). Letzteres verdeutlicht sich im positiven Einfluss des Umweltbewusstseins auf die Akzeptanz, bei dem die Vorteile für die Umwelt im Vordergrund der Konsumentscheidungen zu stehen scheinen. Die jeweils höhere Bewertung der Umwelt gegenüber dem persönlichen Vorteil beziehungsweise Risiko widerspricht den Erkenntnissen zur Verbraucherakzeptanz von GMO. Da Letztere jedoch überwiegend vor dem Jahr 2010 untersucht wurde, könnte für die unterschiedliche Bewertung das in den letzten 10 bis 15 Jahren etablierte Bewusstsein über den Klimawandel und das einhergehende Bedürfnis für den Schutz der Umwelt eine Begründung darstellen. Dies wird auch durch die durchschnittlich hohen Zustimmungswerte der Fragen nach dem individuellen Umweltbewusstsein ersichtlich (Vgl. Tabelle 10).

Obwohl in den ersten Abschnitten des Fragebogens und der Erklärung der Gentechnikverfahren die Thematik der Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für

die Weltbevölkerung nicht angeschnitten wird, findet dieses Item bei der Frage nach dem Nutzen sowohl für CRISPR/Cas als auch für GMO die höchsten Zustimmungsmittelwerte (Vgl. Tabelle 16 und 17). Dies spricht dafür, dass sich die Teilnehmer der Problematik bewusst sind und Potential in der Anwendung von Gentechnik sehen. Vergleichend wird auch den von Lassoued et al. thematisierten Faktoren, die dazu beitragen die globale Nahrungsmittelsicherheit günstiger und schneller zu verbessern, überwiegend zugestimmt (Vgl. Kapitel 3.2). Um diesbezüglich konkretere Aussagen zu treffen, sollte der Einfluss dieser Thematik auf die Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln in weiteren Studien genauer untersucht werden. Insgesamt können die Ergebnisse der anderen Studien eines positiven Einflusses auf die Verbraucherakzeptanz von CRISPR/Cas bei Wahrnehmung des Vorhandenseins von Nutzenaspekten sowie eines negativen Einflusses bei Wahrnehmung von Risiken bestätigt werden.

5.5 Limitationen und weiterer Forschungsbedarf

Im Rahmen der Konzeption des Fragebogens sowie der Durchführung der Online-Umfrage sind einige Limitationen anzumerken. Bedeutend für die Untersuchung der pflanzlichen GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmittel ist, dass diese nicht auf dem deutschen Markt erhältlich sind. Aus diesem Grund handelt es sich in dem im Fragebogen dargestellten Beispiel um eine hypothetische Situation. Dies führt dazu, dass die Entscheidung eines Teilnehmers in einer realistischen Kaufsituation durch die Umfrage nicht wahrheitsgetreu erfasst werden kann. Diese Problematik unterliegt allerdings auch den meisten zum Vergleich herangezogenen Studien. Weiterhin handelt es sich bei der Stichprobe aufgrund der Verbreitung der Umfrage über das Hochschulrechenzentrum der Justus-Liebig-Universität sowie Freunden und Bekannten um überwiegend junge Personen. Neben der heterogenen Altersverteilung führt zudem der durchschnittlich hohe Bildungsgrad der Teilnehmer sowie die unausgeglichene Geschlechterverteilung dazu, dass die Stichprobe nicht als repräsentativ für die allgemeine deutsche Bevölkerung erachtet werden kann. Eine weitere Limitation stellt die Durchführung der Umfrage per Online-Fragebogen dar, weshalb das Umfeld sowie das Antwortverhalten der Teilnehmer nicht kontrolliert werden konnte. Der Verzicht des Einbaus von Kontrollfragen beschränkt zusätzlich die Überprüfung des gewissenhaften Beantwortens der Fragen.

Neben den teilnehmerbezogenen Faktoren ist auch die Konzeption des Fragebogens kritisch zu betrachten. Für ein repräsentatives Antwortverhalten ist die Wortwahl der Fragen bedeutend, um einen Einfluss auf die Teilnehmer und dadurch entstehende Bias zu vermeiden. Im Falle dieses Fragebogens ist dabei insbesondere das vorgegebene Beispiel inklusive der Erklärung der beiden Gentechnikverfahren zu nennen. Aufgrund der Abwägung der Motivation sowie dem Zeitaufwand der Umfrage-Teilnehmer, den Fragebogen vollständig zu beantworten, wurde sich für einen kürzeren Erklärungstext entschieden. Dieser bietet jedoch nur eine knappe Darstellung der Realität und kann keine detaillierte Erläuterung der Verfahren sowie deren Unterschiede umfassen. An dieser Stelle ist zudem anzumerken, dass mit beiden gentechnisch veränderten Kartoffelsorten Nutzenaspekte verbunden wurden, Risiken jedoch nicht thematisiert wurden. Allerdings reagieren Konsumenten nach Hess et al. (2016: 27) stärker auf potenzielle Risiken eines Gentechnikverfahrens als auf damit verbundene Vorteile. Dieser Aspekt sollte in weiteren Studien insbesondere vor dem Hintergrund, dass ein Großteil der Teilnehmer nicht ausreichend über CRISPR/Cas informiert ist, beachtet werden, da dies zu einem nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf das Antwortverhalten führt. Zusätzlich unterstrichen wird dies durch die Rückmeldung einiger Teilnehmer, sie hätten sich für die Beantwortung der Fragen mehr Informationen gewünscht. Eine weitere Limitation stellen die als intervallskaliert betrachteten Likert-Skalen dar, die einerseits durch die Teilnehmer unterschiedlich interpretiert werden und andererseits Zusammenhänge zwischen einzelnen Faktoren berechnet werden können, die in Wahrheit nichtexistent sind. Weiterhin ist für die Interpretation der Ergebnisse zu bemerken, dass die Untersuchung der Einflussfaktoren sich auf die erfragten Variablen beschränkt, die zwar hauptsächlich aus der bisherigen Forschung von pflanzlichen GMO- und CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln abgeleitet sind, aber dennoch die tatsächlichen Einflussfaktoren nicht vollständig widerspiegeln können. Dies wird durch den signifikanten Einfluss der Risikobereitschaft, die bisher in keiner Studie untersucht wurde, verdeutlicht, weshalb bei Durchführung weiterer Studien ebenfalls diese und andere bisher noch nicht erforschte Faktoren beachtet werden sollten. Dazu kann beispielsweise der Einfluss von Organisationen wie Greenpeace oder anderen Interessensverbänden auf die Verbraucherakzeptanz gentechnischer Verfahren wie CRISPR/Cas gezählt werden. Insgesamt ist für die Bestimmung der Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln weltweit, jedoch besonders in Deutschland noch weitere, intensive Forschung notwendig.

6 Fazit

Die vorliegende Masterarbeit hat das Ziel, die besonders in Deutschland bisher spärlich erforschte Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen Nahrungsmitteln, die durch das Gentechnikverfahren CRISPR/Cas gezüchtet werden, empirisch zu untersuchen. Vor dem Hintergrund der einerseits auf 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050 steigenden Weltbevölkerung und andererseits des Klimawandels und damit verbundenen Herausforderungen für die Agrar- und Ernährungswirtschaft, ist die rasche Züchtung von Nutzpflanzen, die resistenter gegen biotische und abiotische Stressoren sind, von großer Bedeutung. Allerdings unterliegt das Ausschöpfen des hierfür bestehenden Potentials des Gentechnikverfahrens CRISPR/Cas der Akzeptanz der Konsumenten, deren bisherige Haltung gegenüber Gentechnik in Deutschland negativ geprägt ist.

Die Vorteile der Verwendung von Gentechnik liegen einerseits in der Implementierung verbesserter Eigenschaften für die Umwelt wie ein geringerer Einsatz von Insektiziden, Herbiziden und Fungiziden sowie höheren Erträgen und somit einer geringeren Landnutzung. Andererseits bestehen Vorteile für die Gesundheit der Menschen wie ein verbessertes Nährwertprofil oder geringere Anteile an Schadstoffen. Risiken liegen allerdings in potenziellen unbekannten Effekten, Verlust der Biodiversität sowie der missbräuchlichen Verwendung der Technologien. Das Einsetzen von fremden Genen stellt einen bedeutenden Faktor der bisher ablehnenden Haltung der Verbraucher gegenüber Gentechnik dar. Tatsächlich konnte in den bisher wenigen Studien, die die Einstellung der Konsumenten zur Anwendung von CRISPR/Cas untersuchten, im Vergleich zur transgenen Gentechnik höhere Akzeptanzwerte festgestellt werden. Dieses Ergebnis konnte durch die in diesem Rahmen durchgeführten Online-Umfrage bestätigt werden. Dabei assoziieren die befragten Teilnehmer mit dem Verfahren CRISPR/Cas für pflanzliche Nahrungsmittel niedrigere Risiken bei gleichzeitig höher empfundenem Nutzen im Vergleich zu GMO. Besonders schätzen die Teilnehmer CRISPR/Cas als nützlich für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung ein. Die unterschiedliche Wahrnehmung der Risiko- und Nutzenaspekte von CRISPR/Cas und GMO impliziert, dass Verbraucher tatsächlich zwischen den unterschiedlichen gentechnischen Verfahren differenzieren. Allerdings gilt es zu beachten, dass die deutsche Bevölkerung durchschnittlich nicht ausreichend über die Funktionsweise der einzelnen Gentechnikverfahren informiert ist. Aus diesem Grund darf

der Einfluss der dem Teilnehmer in der Online-Umfrage bereitgestellten Information über die Unterschiede der Verfahren, die keine vollumfassende Darstellung der tatsächlichen Situation bieten, und die allgemein bestehende Notwendigkeit die Bevölkerung sachlich zu informieren, nicht vernachlässigt werden. Im Rahmen der Auswertung der durchgeführten Online-Umfrage konnten die wahrgenommenen Risiken und der wahrgenommene Nutzen sowie das Umweltbewusstsein und die individuelle Risikobereitschaft als die Faktoren, die einen signifikanten Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln aufweisen, determiniert werden. Gleichzeitig konnte für demographische Angaben, dem vorherigen Wissen über CRISPR/Cas und dem Ernährungsnatürlichkeitsbewusstseins eines Teilnehmers kein Einfluss festgestellt werden. Diese Ergebnisse entsprechen weitgehend der bisherigen, in ähnlichem Kontext durchgeführten Studien in anderen Ländern, beziehungsweise auch der bestehenden Literatur zur Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen GMO in Deutschland. Inwiefern andere Faktoren die Akzeptanz der Konsumenten beeinflussen und ob die Akzeptanz für verschiedenen pflanzliche Nahrungsmittel unterschiedlich ist, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

Insgesamt bedarf es an der Verbraucherakzeptanz von pflanzlichen CRISPR/Cas-Nahrungsmitteln sowohl in Deutschland als auch weltweit aufgrund der sehr begrenzten Datenlage noch weiterer, vielseitiger Forschung. Obwohl die Akzeptanz für CRISPR/Cas höher als für GMO scheint, kann durch die vorliegenden Ergebnisse die Frage, ob von Verbraucherseite die Voraussetzungen für den Einsatz des Verfahrens zur Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln insbesondere in Anbetracht der Limitationen der Studie nicht abschließend beantwortet werden. Die weitere Erforschung der Verbraucherakzeptanz sollte auch die Bedeutung der politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie den Einfluss durch Meinungen von Organisationen und Verbänden beachten. Gleichermaßen bedeutend ist die kritische Begutachtung der Forschungsfortschritte von CRISPR/Cas als Gentechnikverfahren vor allem im Hinblick auf bestehende Risiken wie Off-Target Effekte. Für Europa spielen in diesem Kontext insbesondere die Ergebnisse der derzeit laufenden Debatte der Europäischen Kommission eine ausschlaggebende Rolle, inwieweit sich die Forschung und Anwendung von gentechnischen Verfahren wie CRISPR/Cas an Nutzpflanzen zukünftig entwickeln wird.

Literaturverzeichnis

Agapito-Tenfen, S.Z.; Okoli, A.S.; Bernstein, M.J.; Wikmark, O.G.; Myhr, A.I. (2018): Revisiting Risk Governance of GM Plants: The Need to Consider New and Emerging Gene-Editing Techniques. *Frontiers in Plant Science*. 9:1874.

Akreml, L.; Baur, N.; Fromm, S. (2011): Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene 1 – Datenaufbereitung und uni- und bivariate Statistik (3. Aufl.). Springer Gabler.

Anders, S.; Cowling, W.; Pareek, A.; Gupta, K.J.; Singla-Pareek, S.L.; Foyer, C.H. (2021): Gaining Acceptance of Novel Plant Breeding Technologies. *Trends in Plant Science*. 26(6):575-587.

Araki, M. und Ishii, T. (2015): Towards social acceptance of plant breeding by genome-editing. *Trends in Plant Science*. 20(3):145-149.

Arias-Salazar, A.; Madrigal-Pana, J.; Valdez-Melara, M.; Gatica-Arias, A. (2020): Attitudes Towards Genome Editing Among University Students in Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*. 35(2):1-13.

Auer, B.; Rottman, H. (2015): Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler – Eine anwendungsorientierte Einführung (3. Aufl.). Springer Gabler.

Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R. (2018): Multivariate Analysemethoden (15. Aufl.). Springer Gabler.

Beierlein, C.; Kovaleva, A.; Kemper, C. J.; Rammstedt, B. (2014): Eine Single-Item-Skala zur Erfassung von Risikobereitschaft: Die Kurzskala Risikobereitschaft-1 (R-1). *GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften*. 2014/34.

Biosafety Clearing-House (2003): Text of the Cartagena Protocol on Biosafety. Online abrufbar unter <http://bch.cbd.int/protocol/text/> (zuletzt abgerufen am 06.06.2021, 12:01 Uhr).

Biswas, S.; Zhang, D.; Shi, J. (2021): CRISPR/Cas systems: opportunities and challenges for crop breeding. *Plant Cell Reports*. 40(6):979-998.

Brandt, K. und Barrangou, R. (2019): Applications of CRISPR Technologies Across the Food Supply Chain. *Annual Review of Food Science and Technology*. 10:133-50.

Brosius, F. (2018): SPSS – Umfassendes Handbuch zu Statistik und Datenanalyse (8. Aufl.). mitp-Verlag.

Bundesregierung (2021): Lebensmittel in Deutschland grundsätzlich gentechnikfrei. Online abrufbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/lebensmittel-in-deutschland-grundsatzlich-gentechnikfrei-348862> (zuletzt aufgerufen am 03.08.2021, 10:52 Uhr).

Busch, G.; Ryan, E.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M. (2021): Citizen views on genome editing: effects of species and purpose. *Agriculture and Human Values*.

Butkowski, O.K.; Pakseresht, A.; Lagerkvist, C.J.; Bröring, S. (2017): Debunking the myth of general consumer rejection of green genetic engineering: Empirical evidence from Germany. *International Journal of Consumer Studies*. 41:723-734.

Camporesi, S. und Cavaliere, G. (2016): Emerging ethical perspectives in the clustered regularly interspaced short palindromic repeats genome-editing debate. *Personalized Medicine*. 13(6):575-586.

Caplan, A.L.; Parent, B.; Shen, M.; Plunkett, C. (2015): No time to waste – the ethical challenges created by CRISPR. *EMBO Reports*. 16:1421-1426.

Chen, K.; Wang, Y.; Zhang, R.; Zhang, H.; Gao, C. (2019): CRISPR/Cas Genome Editing and Precision Plant Breeding in Agriculture. *Annual Review of Plant Biology*. 70:667-97.

Chilton, M.D.; Drummond, M.H.; Merio, D.J.; Sciaky, D.; Montaya, A.L.; Gordon, M.P.; Nester, E.W. (1977): Stable incorporation of plasmid DNA into higher plant cells: the molecular basis of crown gall tumorigenesis. *Cell*. 11(2):263–271.

Christoph, I.B.; Bruhn, M.; Roosen, J. (2008): Knowledge, attitudes towards and acceptability of genetic modification in Germany. *Appetite*. 51:58-68.

Cohen, J. (1998): Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2. Aufl.). Lawrence Erlbaum Associates.

Costa-Font, M.; Gil, J.S.; Traill, W.B. (2008): Consumer acceptance, valuation of and attitudes towards genetically modified food: Review and implications for food policy. *Food Policy*. 33:99-111.

Emberger-Klein, A.; Zapilko, M.; Menrad, K. (2016): Consumers' Preference Heterogeneity for GM and Organic Food Products in Germany. *Agribusiness*. 32(2):203-221.

Europäische Kommission (2021a): GMO legislation. Online abrufbar unter https://ec.europa.eu/food/plants/genetically-modified-organisms/gmo-legislation_en (zuletzt abgerufen am 07.06.2021, 13:51 Uhr).

Europäische Kommission (2021b): EC study on new genomic techniques. Online abrufbar unter https://ec.europa.eu/food/plants/genetically-modified-organisms/new-techniques-biotechnology/ec-study-new-genomic-techniques_en (zuletzt abgerufen am 11.08.2021, 11:48 Uhr).

Fritz, C.O.; Morris, P.E.; Richler, J.J. (2012): Effect Size Estimates: Current Use, Calculations, and Interpretation. *Journal of Experimental Psychology*. 141(1):2-18.

Gaskell, G.; Allum, N.; Wagner, W.; Kronberger, N.; Torgersen, H.; Hampel, J.; Bardes, J. (2004): GM Foods and the Misperception of Risk Perception. *Risk Analysis*. 24(1):185-194.

Gatica-Arias, A.; Valdez-Melara, M.; Arrieta-Espinoza, G.; Albertazzi-Castro, F.J.; Madrigal-Pana, J. (2019): Consumer attitudes towards food crops developed by CRISPR/Cas9 in Costa Rica. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 139:417-427.

Hartl, J. und Herrmann, R. (2009): Do they always say no? German consumers and second-generation GM foods. *Agricultural Economics*. 40:551-560.

Haws, K.L.; Winterich, K.P.; Walker Naylor, R. (2014): Seeing the world through GREEN-tinted glasses: Green consumption values and responses to environmentally friendly products. *Journal of Consumer Psychology*. 24(3):336-354.

Hess, S.; Lagerkvist, C.J.; Redekop, W.; Pakseresht, A. (2016): Consumers' evaluation of biotechnologically modified food products: new evidence from a meta-survey. *European Review of Agricultural Economics*. 43(5):703-736.

Ishii, T. und Araki, M. (2016): Consumer acceptance of food crops developed by genome-editing. *Plant Cell Reports*. 35:1507-1518.

Ishino, Y.; Shinagawa, H.; Makino, K.; Amemura, M.; Nakata, A. (1987): Nucleotide Sequence of the iap Gene, Responsible for Alkaline Phosphatase Isozyme Conversion in *Escherichia coli*, and Identification of the Gene Product. *Journal of Bacteriology*. 169(12):5429-5433.

Jinek, M.; Chylinski, K.; Fonfara, I.; Hauer, M.; Doudna, J.A.; Charpentier, E. (2012): A programmable dual RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*. 337(6096):816-821.

Koonin, E.V. und Makarova, K.S. (2019): Origins and evolution of CRISPR-Cas systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*. 374(1772):20180087.

Kuckartz, U.; Rädiker, S.; Ebert, T.; Schehl, J. (2013): Statistik – Eine verständliche Einführung (2. Aufl.). Springer VS.

Kumar, K.; Gambhir, G.; Dass, A.; Tripathi, A.K.; Singh, A.; Jha, A.K.; Yadava, P.; Choudhary, M.; Rakshit, S. (2020): Genetically modified crops: current status and future prospects. *Planta*. 251(4):91.

Lassoued, R.; Smyth, S.J.; Phillips, P.W.B.; Hesselin, H. (2018): Regulatory Uncertainty Around Breeding Techniques. *Frontiers in Plant Science*. 9:1291.

Lassoued, R.; Phillips, P.W.B.; Macall, D.M.; Hesselin, H.; Smyth, S.J. (2021): Expert opinions on the regulation of plant genome editing. *Plant Biotechnology Journal*. 19:1104-1109.

Li, J.; Manghwar, H.; Sun, L.; Wang, P.; Wang, G.; Sheng, H.; Zhang, J.; Liu, H.; Qin, L.; Rui, H.; Li, B.; Lindsey, K.; Daniell, H.; Jin, S.; Zhang, X. (2019): Whole genome sequencing reveals rare off-target mutations and considerable inherent genetic or/and somaclonal variations in CRISPR/Cas9- edited cotton plants. *Plant Biotechnology Journal*. 17:858–868.

Lieberei, R. und Reisdorff, C. (2012): Nutzpflanzen. (8. Auflage). Stuttgart: Thieme.

Lucht, J.M. (2015): Public Acceptance of Plant Biotechnology and GM Crops. *Viruses*. 7:4254-4281.

Lusk, J.L.; Roosen, J.; Bieberstein, A. (2014): Consumer Acceptance of New Food Technologies: Causes and Roots of Controversies. *Annual Review of Resource Economics*. 6:381-405.

Marette, S.; Disdier, A.-C.; Beghin, J.C. (2020): A Comparison of EU and US consumers' willingness to pay for gene-edited food: Evidence from Apples. *Appetite*. 159(1):105064.

Massawe, F.; Mayes, S.; Cheng, A. (2016): Crop Diversity: An Unexploited Treasure Trove for Food Security. *Trends in Plant Science*. 21(5):365-368.

- Muringai, V.; Fan, X.; Goddard, E. (2018): Canadian Consumer Acceptance of Gene-Edited Versus Genetically Modified Potatoes: A Choice Experiment Approach. *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 68(1):47-63.
- Nidhi, S.; Anand, U.; Oleksak, P.; Tripathi, P.; Lal, J.A.; Thomas, G.; Kuca, K.; Tripathi, V. (2021): Novel CRISPR-CAS Systems: An Updated Review of the Current Achievements, Applications, and Future Research Perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(7):3327.
- O'Connor, E.; Cowan, C.; Williams, G.; O'Connell J.; Boland, M. (2005): Acceptance by Irish consumers of a hypothetical GM dairy spread that reduces cholesterol. *British Food Journal*. 107(6):361-380.
- Scheben, A.; Wolter, F.; Batley, J.; Puchta, H.; Edwards, D. (2017): Towards CRISPR/Cas crops – bringing together genomics and genome editing. *New Phytologist*. 216:682-698.
- Schiemann, J.; Robiński, J.; Schleissing, S.; Spök, A.; Spring, T.; Wilhelm, R.A. (2020): Editorial: Plant Genome Editing – Policies and Governance. *Frontiers in Plant Science*. 11:284.
- Selle, K. und Barrangou, R. (2015): CRISPR-Based Technologies and the Future of Food Science. *Journal of Food Science*. 80(11): R2367-72.
- Shew, A.M.; Nalley, L.L.; Snell, H.A.; Nayja Jr., R.M.; Dixon, B.L. (2018): CRISPR versus GMOs: Public acceptance and valuation. *Global Food Security*. 19:71-80.
- Shinwari, Z.K.; Tanveer, F.; Khalil, A.T. (2017): Ethical Issues Regarding CRISPR-mediated Genome Editing. *Current Issues in Molecular Biology*. 26:103-110.
- Siegrist, M. und Hartmann, C. (2020): Consumer acceptance of novel food technologies. *Nature Food*. 1:343-350.

Son, E.; Lim, S.S. (2021): Consumer Acceptance of Gene-Edited versus Genetically Modified Foods in Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(7):3805.

Statistisches Bundesamt (2020): Wirtschaftsrechnungen – Laufende Wirtschaftsrechnungen Einkommen, Einnahmen und Ausgaben privater Haushalte. *Statistisches Bundesamt (Destatis)*. 15(1).

Stephane, A.; Pollard, T.M.; Wardle, J. (1995): Development of a Measure of the Motives Underlying the Selection of Food: the Food Choice Questionnaire. *Appetite*. 25:267-284.

Universität Zürich (2021a): Methodenberatung: Dependenzanalyse. Online abrufbar unter https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/dependenz.html (zuletzt abgerufen am 03.09.2021, 08:48 Uhr).

Universität Zürich (2021b): Mann-Whitney-U-Test. Online abrufbar unter https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/mann.html (zuletzt abgerufen am 04.09.2021, 11:39 Uhr).

Universität Zürich (2021c): Wilcoxon-Test. Online abrufbar unter https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/wilcoxon.html (zuletzt abgerufen am 06.09.2021, 14:23 Uhr).

Universität Zürich (2021d): Multiple Regressionsanalyse. Online abrufbar unter https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/zusammenhenge/mreg.html (zuletzt abgerufen am 17.09.2021, 12:41 Uhr).

Verordnung (EU) 2016/679. Online abrufbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679> (zuletzt abgerufen am 11.10.2021, 11:09 Uhr).

Wuepper, D.; Wree, P.; Ardali, G. (2019): Does information change German consumers' attitudes about genetically modified food? *European Review of Agricultural Economics*. 46(1):53-78.

Wunderlich, S und Gatto, K.A. (2015): Consumer Perception of Genetically Modified Organisms and Sources of Information. *American Society for Nutrition*. 6:842-851.

Zaidi, S.S; Vanderschuren, H.; Qaim, M.; Mahfouz, M.M.; Kohli, A.; Mansoor, S.; Tester, M. (2019): New plant breeding technologies for food security. *Science*. 363(6434):1390-1391.

Zapilko, M.; Klein, A.; Menrad, K. (2009): Preference Heterogeneity Among German Consumers Regarding GM Rapeseed-oil. Paper prepared for presentation at the Fourth International Conference on Coexistence between Genetically Modified (GM) and non-GM based Agricultural Supply Chains (GMCC) Melbourne (Australia), 10th to 12th November 2009.

Zhang, D.; Hussain, A.; Manghwar, H.; Xie, K.; Xie, S.; Zhao, S.; Larkin, R.M.; Qing, P.; Jin, S.; Ding, F. (2020): Genome editing with the CRISPR-Cas system: an art, ethics and global regulatory perspective. *Plant Biology Journal*. 18:1651-1669.

Anhang

Anhang 1: Fragebogen	76
Anhang 2: Verteilung der Geschlechter	84
Anhang 3: Verteilung des Alters	84
Anhang 4: Häufigkeitsverteilung des höchsten Bildungsabschlusses	85
Anhang 5: Anderer Abschluss, und zwar:	85
Anhang 6: Häufigkeitsverteilung des Nettoeinkommens	85
Anhang 7: Vorwissen CRISPR/Cas Frage 1	86
Anhang 8: Vorwissen CRISPR/Cas Frage 2	86
Anhang 9: Häufigkeiten Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein Item 1: „Keine Zusatzstoffe enthalten“	86
Anhang 10: Häufigkeiten Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein Item 2: „Natürliche Zutaten enthalten“	86
Anhang 11: Häufigkeiten Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein Item 3: „Keine künstlichen Zutaten enthalten“	86
Anhang 12: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 1 „Es ist mir wichtig, dass die Produkte, die ich nutze, der Umwelt nicht schaden.“	87
Anhang 13: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 2: „Ich berücksichtige den potenziellen Umwelteinfluss meiner Aktivitäten in den meisten Entscheidungen.“	87
Anhang 14: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 3: „Meine Einkaufsgewohnheiten werden von meinem Interesse für unsere Umwelt beeinflusst.“	87
Anhang 15: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 4: „Ich bin besorgt darüber die Ressourcen unserer Erde zu verschwenden.“	87
Anhang 16: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 5: „Ich würde mich selbst als umweltbewusst bezeichnen.“	88
Anhang 17: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 6: „Ich nehme Unannehmlichkeiten in Kauf, um umweltbewusster zu handeln.“	88
Anhang 18: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 1: "Für die Umwelt"	88
Anhang 19: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 2: „Für die Gesundheit des Menschen“	88
Anhang 20: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 3: „Für kommende Generationen“	89
Anhang 21: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 1: „Für die Umwelt"	89
Anhang 22: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 2: „Für die Gesundheit des Menschen“	89
Anhang 23: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 3: „Für kommende Generationen“	89
Anhang 24: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 1: „Für Ihre Gesundheit“	90
Anhang 25: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 2: „Für die deutsche Bevölkerung“	90

Anhang 26: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 3: „Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung“	90
Anhang 27: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 4: „Für die Umwelt“	91
Anhang 28: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 1: „Für Ihre Gesundheit“	91
Anhang 29: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 2: „Für die deutsche Bevölkerung“	91
Anhang 30: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 3: „Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung“	91
Anhang 31: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 4: „Für die Umwelt“	92
Anhang 32: Streudiagramm zur Überprüfung der Annahmen des Gauß-Markov- Theorems	92
Anhang 33: Histogramm zur Überprüfung der Normalverteilung	93
Anhang 34: Übersicht über die Überprüfung der Hypothesen der multiplen linearen Regressionsanalyse	93

Anhang 1: Fragebogen



Sehr geehrte Damen und Herren,

herzlich Willkommen zu meiner Umfrage zum Thema „Innovative Züchtungsmethoden bei pflanzlichen Nahrungsmitteln“, zu der ich Sie gerne einladen möchte teilzunehmen.

Die Umfrage wird im Rahmen meiner Masterarbeit im Studiengang Ernährungsökonomie am Institut für Agrarpolitik und Marktforschung der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt.

Das Ziel ist es, die Verbraucherwahrnehmung innovativer Züchtungsmethoden in Deutschland zu bestimmen. Sie brauchen hierfür keinerlei Vorwissen und die Umfrage wird selbstverständlich anonym durchgeführt.

Ich freue mich sehr, wenn Sie sich ca. 5-10 Minuten Zeit nehmen, um die Fragen vollständig zu beantworten.

Vielen Dank für Ihre Hilfe!

Dorothea Kraus

Bei Fragen können Sie mich gerne unter der folgenden E-Mail-Adresse kontaktieren: Dorothea.E.Kraus@nu.uni-giessen.de

Hinweise zum Datenschutz nach Art. 13 DSGVO

Warum speichern und verarbeiten wir Ihre Daten?

Vielen Dank, dass Sie an dieser Umfrage teilnehmen. Die von Ihnen gemachten Angaben werden ausschließlich für Forschungszwecke verwendet. Aus Datenschutzgründen brauchen wir dafür Ihre Zustimmung. Folgende Informationen sind Ihnen gemäß Art. 13 der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO, Verordnung (EU) 2016/679) bei Erhebung personenbezogener Daten mitzuteilen:

Verantwortlicher für die Erhebung und Verarbeitung der personenbezogenen Daten ist die Justus-Liebig-Universität Gießen, eine Körperschaft des Öffentlichen Rechts, Ludwigstraße 23, 35390 Gießen [im Folgenden: JLU Gießen], konkrete Daten verarbeitende Stelle ist die:

Professur für Marktlehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen, Deutschland im Rahmen der Lehre und Forschung.

Datenschutzbeauftragter der JLU Gießen ist:

Herr Axel P. Globuschütz, Ludwigstraße 23, 35390 Gießen, E-Mail: Datenschutz@uni-giessen.de.

Die Erhebung personenbezogener Daten ist notwendig für Forschungszwecke und beruht auf Ihrer Einwilligung gem. Art. 6 Abs. 1 Buchst. A) DSGVO. Die von Ihnen im Rahmen dieser Studie angegebenen Daten werden von den angegebenen Forschenden der Professur für Marktlehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft verarbeitet. Wo und wann immer möglich, werden die Daten so schnell wie möglich anonymisiert. Auf jeden Fall werden die personenbezogenen Daten gelöscht, sobald sie nicht mehr für den Zweck benötigt werden, für den sie gesammelt wurden. Im Rahmen guter wissenschaftlicher Praxis werden die anonymisierten Daten bis zu 10 Jahre aufbewahrt.

Die betroffene Person hat gegenüber der JLU Gießen ein Recht auf Auskunft über die sie betreffenden personenbezogenen Daten sowie gegebenenfalls auf Berichtigung, Löschung oder auf Einschränkung der Verarbeitung dieser Daten und ein Widerspruchsrecht gegen die Verarbeitung sowie ein etwaiges Recht auf Datenübertragbarkeit.

Soweit die Datenverarbeitung auf Ihrer Einwilligung beruht, haben Sie jederzeit das Recht, die Einwilligung zu widerrufen. Die bis dahin erfolgte Datenverarbeitung bleibt rechtmäßig, der Widerruf gilt nur für die Zukunft. Ihre Daten werden in diesem Fall unverzüglich gelöscht. Sobald persönliche Daten anonymisiert wurden, ist dies jedoch nicht mehr möglich, da diese Daten Ihnen nicht länger zugeordnet werden können.

Wenn Sie mehr Information über die Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten wünschen, bitte auf [folgenden Link](#) klicken.

☐ Ich stimme zu, dass meine personenbezogenen Daten gemäß den hier aufgeführten Angaben verarbeitet werden.

[Ich möchte nicht teilnehmen](#)

WEITER ZUR UMFRAGE

Frage 1:

Mit welchem Geschlecht identifizieren Sie sich?

☐ Männlich

☐ Weiblich

☐ Divers

Frage 2:

Wie alt sind Sie?

Bitte geben Sie Ihr Alter in ganzen Ziffern an.

Frage 3:

Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

- ☐ Kein Schulabschluss
- ☐ Hauptschulabschluss
- ☐ Realschulabschluss
- ☐ Abitur
- ☐ Abgeschlossene Ausbildung
- ☐ Bachelor
- ☐ Master
- ☐ Promotion
- ☐ Staatsexamen
- ☐ Anderer Abschluss, und zwar:

Frage 4:

Wie hoch ist Ihr durchschnittliches monatliches Haushaltsnettoeinkommen?

Mit Haushaltsnettoeinkommen ist die Summe aller Ihrer Einnahmen abzüglich Steuern, Pflichtbeiträge zur Sozialversicherung und Solidaritätszuschlag gemeint.

- ☐ unter 1300€
- ☐ 1300€ - 1700€
- ☐ 1700€ - 2600€
- ☐ 2600€ - 3600€
- ☐ 3600€ - 5000€
- ☐ über 5000€
- ☐ keine Angabe

Frage 5:

Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt?

Bitte geben Sie die Personenanzahl in ganzen Ziffern an.

Frage 6:

Wie viele Personen tragen zu Ihrem Haushaltsnettoeinkommen bei?

Bitte geben Sie die Personenanzahl in ganzen Ziffern an.

Frage 7:

Haben Sie schon einmal von genetisch modifizierten Organismen (GMO) gehört?

- ☐ Ja
- ☒ Nein
- ☐ Ich weiß es nicht

Frage 8:

Haben Sie schon einmal von der Genom-Editierungsmethode CRISPR/Cas gehört?

- ☐ Ja
- ☒ Nein
- ☐ Ich weiß es nicht

Frage 9:

"Die Genom-Editierung kann genutzt werden, um die genetische Information von Menschen, Tieren und Pflanzen zu ändern."

Bitte bewerten Sie die Aussage nach Ihrem Wahrheitsgehalt.

- ☐ Richtig
- ☒ Falsch
- ☐ Ich weiß es nicht

Frage 10:

"Editierte Gene können nicht als künstlich erzeugt nachgewiesen werden."

Bitte bewerten Sie die Aussage nach Ihrem Wahrheitsgehalt.

- ☐ Richtig
- ☐ Falsch
- ☐ Ich weiß es nicht

Frage 11:

Es ist mir wichtig, dass die Lebensmittel, die ich typischerweise esse:

	1 = gar nicht wichtig	2 = weniger wichtig	3 = eher wichtig	4 = sehr wichtig
Keine Zusatzstoffe enthalten	☐	☐	☐	☐
Keine künstlichen Zutaten enthalten	☐	☐	☐	☐
Natürliche Zutaten enthalten	☐	☐	☐	☐

Frage 12:

Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?

	1 = stimme gar nicht zu	2 = stimme nicht zu	3 = teils-teils	4 = stimme zu	5 = stimme voll zu
Meine Einkaufsgewohnheiten werden von meinem Interesse für unsere Umwelt beeinflusst.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin besorgt darüber die Ressourcen unserer Erde zu verschwenden.	☐	☐	☐	☐	☐
Es ist mir wichtig, dass die Produkte, die ich nutze, der Umwelt nicht schaden.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich nehme Unannehmlichkeiten in Kauf, um umweltbewusster zu handeln.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich berücksichtige den potenziellen Umwelteinfluss meiner Aktivitäten in den meisten Entscheidungen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde mich selbst als umweltbewusst bezeichnen.	☐	☐	☐	☐	☐

Frage 13:

Wie risikobereit schätzen Sie sich im Allgemeinen ein?

1 = gar nicht risikobereit	2	3	4	5	6	7 = sehr risikobereit
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Erklärungstext:

Stellen Sie sich vor Sie stehen im Supermarkt und möchten **Kartoffeln** kaufen. Bevor Sie die Kartoffelsorte entdecken, die Sie normalerweise kaufen, fallen Ihnen **zwei neue Sorten** in den Blick. Auf den Verpackungen finden Sie **jeweils eine der folgenden Informationen**.

Bitte beachten Sie dabei, dass es sich bei **Glykoalkaloiden** um von Kartoffeln produzierte Verbindungen handelt, die vor allem in der Schale und den „Augen“ vorkommen und bei übermäßigem Verzehr toxisch wirken.

Genetisch modifizierte Kartoffeln (GMO-Kartoffeln):

Das Kartoffelgenom wurde **durch das Einfügen eines fremden Gens modifiziert**. Durch dieses fremde Gen ist die Kartoffelsorte **resistenter gegen Unkraut**, weshalb weniger Unkrautbekämpfungsmittel eingesetzt werden müssen. Außerdem enthalten die Kartoffeln durch die genetische Modifizierung einen **geringeren Gehalt an Glykoalkaloiden**.

Genetisch editierte Kartoffeln (CRISPR-Kartoffeln):

Das Kartoffelgenom wurde **durch das CRISPR/Cas-Verfahren editiert**. Diese Technologie ändert die Sequenz der Kartoffel-DNA, **ohne dabei ein fremdes Gen einzufügen**. Durch die Editierung ist die Kartoffelsorte **resistenter gegen Unkraut**, weshalb weniger Unkrautbekämpfungsmittel eingesetzt werden müssen. Außerdem enthalten die Kartoffeln durch die genetische Editierung einen **geringeren Gehalt an Glykoalkaloiden**.

Frage 14:

Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?

Zur Erinnerung:
 GMO-Kartoffeln: Das Kartoffelgenom wurde durch das Einfügen eines fremden Gens modifiziert.
 CRISPR-Kartoffeln: Das Kartoffelgenom wurde durch das CRISPR/Cas-Verfahren editiert. Diese Technologie ändert die Sequenz der Kartoffel-DNA, ohne dabei ein fremdes Gen einzufügen.

	1 = stimme gar nicht zu	2 = stimme nicht zu	3 = stimme teilweise zu	4 = stimme zu	5 = stimme voll zu
Ich würde mich bewusst zum Kauf und Verzehr eines pflanzlichen CRISPR/Cas-Lebensmittels wie den CRISPR-Kartoffeln entscheiden.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde mich bewusst zum Kauf und Verzehr eines pflanzlichen GMO-Lebensmittels wie den GMO-Kartoffeln entscheiden.	☐	☐	☐	☐	☐
Mir sind die positiven Eigenschaften, die durch die Gentechnik erzeugt wurden, egal. Ich kaufe in jedem Fall die konventionell produzierten Kartoffeln.	☐	☐	☐	☐	☐
Es ist moralisch richtig Gentechnik zur Erzeugung von gesundheitlich und ökologisch förderlichen Eigenschaften einzusetzen.	☐	☐	☐	☐	☐

Frage 15:

Wie nützlich schätzen Sie die Verwendung der CRISPR/Cas-Technologie an pflanzlichen Lebensmitteln wie den Kartoffeln hinsichtlich der folgenden Aspekte ein?

Zur Erinnerung:
 CRISPR-Kartoffeln: Das Kartoffelgenom wurde durch das CRISPR/Cas-Verfahren editiert. Diese Technologie ändert die Sequenz der Kartoffel-DNA, ohne dabei ein fremdes Gen einzufügen.

	1 = gar nicht nützlich	2	3	4	5	6	7 = sehr nützlich
Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für Ihre Gesundheit	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die deutsche Bevölkerung	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die Umwelt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Frage 16:

Wie nützlich schätzen Sie die Verwendung der GMO-Technologie an pflanzlichen Lebensmitteln wie den Kartoffeln hinsichtlich der folgenden Aspekte ein?

Zur Erinnerung:

GMO-Kartoffeln: Das Kartoffelgenom wurde durch das Einfügen eines fremden Gens modifiziert.

	1 = gar nicht nützlich	2	3	4	5	6	7 = sehr nützlich
Für die Umwelt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die deutsche Bevölkerung	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für Ihre Gesundheit	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Frage 17:

Wie risikoreich schätzen Sie die Verwendung der GMO-Technologie an pflanzlichen Lebensmitteln wie den Kartoffeln hinsichtlich der folgenden Aspekte ein?

Zur Erinnerung:

GMO-Kartoffeln: Das Kartoffelgenom wurde durch das Einfügen eines fremden Gens modifiziert.

	1 = gar nicht risikoreich	2	3	4	5	6	7 = sehr risikoreich
Für kommende Generationen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die Umwelt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die Gesundheit des Menschen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Frage 18:

Wie risikoreich schätzen Sie die Verwendung der CRISPR/Cas-Technologie an pflanzlichen Lebensmitteln wie den Kartoffeln hinsichtlich der folgenden Aspekte ein?

Zur Erinnerung:

CRISPR-Kartoffeln: Das Kartoffelgenom wurde durch das CRISPR/Cas-Verfahren editiert. Diese Technologie ändert die Sequenz der Kartoffel-DNA, ohne dabei ein fremdes Gen einzufügen.

	1 = gar nicht risikoreich	2	3	4	5	6	7 = sehr risikoreich
Für kommende Generationen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die Umwelt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Für die Gesundheit des Menschen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Ende des Fragebogens:

Vielen herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!

Die Umfrage ist hiermit beendet. Falls Sie an der Verlosung von zehn 10€ Amazon-Gutscheinen teilnehmen möchten, folgen Sie bitte diesem Link: <https://ww2.unipark.de/uc/JLU/dec2/>

Anhang 2: Verteilung der Geschlechter

Geschlecht	Teilnehmer (n = 540)		
	Häufigkeit	%	Kumulierte %
Männlich	162	30	30
Weiblich	378	70	100

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 3: Verteilung des Alters

Alter [Jahre]	Teilnehmer (n = 540)
Mittelwert	29,37
Median	25,00
Modus	24
Standard-Abweichung	11,134
Spannweite	63
Minimum	18
Maximum	81

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 4: Häufigkeitsverteilung des höchsten Bildungsabschlusses

Höchster Bildungsabschluss	Teilnehmer (n = 540)		
	Häufigkeit	%	Kumulierte %
Realschulabschluss	5	,9	,9
Abitur	206	38,1	39,1
Abgeschlossene Ausbildung	54	10,0	49,1
Bachelor	110	20,4	69,4
Master	72	13,3	82,8
Promotion	40	7,4	90,2
Staatsexamen	30	5,6	95,7
Anderer Abschluss, und zwar:	23	4,3	100,0

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 5: Anderer Abschluss, und zwar:

Abschluss	Häufigkeit	%	Kumulierte %
Aufgelisteter Abschluss*	517	95,7	95,7
Dipl. Ing.	1	,2	95,9
Diplom	10	1,9	97,8
Diplom Betriebswirt	1	,2	98,0
Diplom Universität	1	,2	98,1
Doctoral degree	1	,2	98,3
Fachabitur in Agrarwirtschaft	1	,2	98,5
Fachhochschulreife	1	,2	98,7
Fachoberschule	1	,2	98,9
Habilitation	2	,4	99,3
Magister	1	,2	99,4
Meister	1	,2	99,6
Realschule plus 2 Jahre höhere Handelsschule	1	,2	99,8
Staat. geprf. Techniker	1	,2	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 6: Häufigkeitsverteilung des Nettoeinkommens

Nettoeinkommen [€]	Teilnehmer (n = 540)		
	Häufigkeit	%	Kumulierte %
unter 1300	231	42,8	42,8
1300 – 1700	52	9,6	52,4
1700 – 2600	57	10,6	63,0
2600 – 3600	58	10,7	73,7
3600 – 5000	56	10,4	84,1
über 5000	38	7,0	91,1
keine Angabe	48	8,9	100,0

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 7: Vorwissen CRISPR/Cas Frage 1

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
Richtig	326	60,4	60,4
Falsch	18	3,3	63,7
Ich weiß es nicht	196	36,3	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 8: Vorwissen CRISPR/Cas Frage 2

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
Richtig	108	20,0	20,0
Falsch	102	18,9	38,9
Ich weiß es nicht	330	61,1	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 9: Häufigkeiten Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein Item 1: „Keine Zusatzstoffe enthalten“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht wichtig	24	4,4	4,4
2 = weniger wichtig	125	23,1	27,6
3 = eher wichtig	300	55,6	83,1
4 = sehr wichtig	91	16,9	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 10: Häufigkeiten Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein Item 2: „Natürliche Zutaten enthalten“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht wichtig	1	,2	,2
2 = weniger wichtig	31	5,7	5,9
3 = eher wichtig	253	46,9	52,8
4 = sehr wichtig	255	47,2	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 11: Häufigkeiten Ernährungsnatürlichkeitsbewusstsein Item 3: „Keine künstlichen Zutaten enthalten“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht wichtig	18	3,3	3,3
2 = weniger wichtig	109	20,2	23,5
3 = eher wichtig	301	55,7	79,3
4 = sehr wichtig	112	20,7	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 12: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 1 „Es ist mir wichtig, dass die Produkte, die ich nutze, der Umwelt nicht schaden.“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = stimme gar nicht zu	4	,7	,7
2 = stimme nicht zu	17	3,1	3,9
3 = teils-teils	140	25,9	29,8
4 = stimme zu	275	50,9	80,7
5 = stimme voll zu	104	19,3	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 13: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 2: „Ich berücksichtige den potenziellen Umwelteinfluss meiner Aktivitäten in den meisten Entscheidungen.“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = stimme gar nicht zu	8	1,5	1,5
2 = stimme nicht zu	49	9,1	10,6
3 = teils-teils	218	40,4	50,9
4 = stimme zu	206	38,1	89,1
5 = stimme voll zu	59	10,9	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 14: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 3: „Meine Einkaufsgewohnheiten werden von meinem Interesse für unsere Umwelt beeinflusst.“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = stimme gar nicht zu	12	2,2	2,2
2 = stimme nicht zu	49	9,1	11,3
3 = teils-teils	177	32,8	44,1
4 = stimme zu	208	38,5	82,6
5 = stimme voll zu	94	17,4	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 15: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 4: „Ich bin besorgt darüber die Ressourcen unserer Erde zu verschwenden.“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = stimme gar nicht zu	8	1,5	1,5
2 = stimme nicht zu	20	3,7	5,2
3 = teils-teils	75	13,9	19,1
4 = stimme zu	216	40,0	59,1
5 = stimme voll zu	221	40,9	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 16: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 5: „Ich würde mich selbst als umweltbewusst bezeichnen.“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = stimme gar nicht zu	3	,6	,6
2 = stimme nicht zu	42	7,8	8,3
3 = teils-teils	199	36,9	45,2
4 = stimme zu	222	41,1	86,3
5 = stimme voll zu	74	13,7	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 17: Häufigkeiten Umweltbewusstsein Item 6: „Ich nehme Unannehmlichkeiten in Kauf, um umweltbewusster zu handeln.“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = stimme gar nicht zu	12	2,2	2,2
2 = stimme nicht zu	57	10,6	12,8
3 = teils-teils	221	40,9	53,7
4 = stimme zu	195	36,1	89,8
5 = stimme voll zu	55	10,2	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 18: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 1: "Für die Umwelt"

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht risikoreich	26	4,8	4,8
2	92	17,0	21,9
3	113	20,9	42,8
4	133	24,6	67,4
5	108	20,0	87,4
6	43	8,0	95,4
7 = sehr risikoreich	25	4,6	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 19: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 2: „Für die Gesundheit des Menschen“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht risikoreich	42	7,8	7,8
2	105	19,4	27,2
3	115	21,3	48,5
4	142	26,3	74,8
5	93	17,2	92,0
6	31	5,7	97,8
7 = sehr risikoreich	12	2,2	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 20: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 3: „Für kommende Generationen“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht risikoreich	27	5,0	5,0
2	91	16,9	21,9
3	119	22,0	43,9
4	132	24,4	68,3
5	105	19,4	87,8
6	45	8,3	96,1
7 = sehr risikoreich	21	3,9	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 21: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 1: „Für die Umwelt“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht risikoreich	15	2,8	2,8
2	57	10,6	13,3
3	87	16,1	29,4
4	118	21,9	51,3
5	129	23,9	75,2
6	90	16,7	91,9
7 = sehr risikoreich	44	8,1	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 22: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 2: „Für die Gesundheit des Menschen“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht risikoreich	25	4,6	4,6
2	74	13,7	18,3
3	82	15,2	33,5
4	141	26,1	59,6
5	128	23,7	83,3
6	63	11,7	95,0
7 = sehr risikoreich	27	5,0	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 23: Wahrgenommenes Risiko pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 3: „Für kommende Generationen“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht risikoreich	12	2,2	2,2
2	55	10,2	12,4
3	84	15,6	28,0
4	127	23,5	51,5
5	126	23,3	74,8
6	43	17,2	92,0
7 = sehr risikoreich	21	8,0	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 24: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 1:
„Für Ihre Gesundheit“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	44	8,1	8,1
2	60	11,1	19,3
3	95	17,6	36,9
4	165	30,6	67,4
5	106	19,6	87,0
6	47	8,7	95,7
7 = sehr nützlich	23	4,3	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 25: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 2:
„Für die deutsche Bevölkerung“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	26	4,8	4,8
2	49	9,1	13,9
3	89	16,5	30,4
4	157	29,1	59,4
5	134	24,8	84,3
6	57	10,6	94,8
7 = sehr nützlich	28	5,2	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 26: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 3:
„Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	21	3,9	3,9
2	25	4,6	8,5
3	40	7,4	15,9
4	82	15,2	31,1
5	130	24,1	55,2
6	140	25,9	81,1
7 = sehr nützlich	102	18,9	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 27: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher CRISPR/Cas-Nahrungsmittel Item 4: „Für die Umwelt“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	35	6,5	6,5
2	42	7,8	14,3
3	78	14,4	28,7
4	131	24,3	53,0
5	122	22,6	75,6
6	88	16,3	91,9
7 = sehr nützlich	44	8,1	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 28: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 1: „Für Ihre Gesundheit“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	61	11,3	11,3
2	97	18,0	29,3
3	117	21,7	50,9
4	137	25,4	76,3
5	88	16,3	92,6
6	29	5,4	98,0
7 = sehr nützlich	11	2,0	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 29: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 2: „Für die deutsche Bevölkerung“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	42	7,8	7,8
2	77	14,3	22,0
3	111	20,6	42,6
4	139	25,7	68,3
5	117	21,7	90,0
6	38	7,0	97,0
7 = sehr nützlich	16	3,0	100,0
Gesamt	540	100,0	

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 30: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 3: „Für die Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Nahrungsmitteln für die Weltbevölkerung“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	33	6,1	6,1
2	29	5,4	11,5
3	55	10,2	21,7
4	79	14,6	36,3
5	144	26,7	63,0
6	119	22,0	85,0
7 = sehr nützlich	81	15,0	100,0
Gesamt	540	100,0	

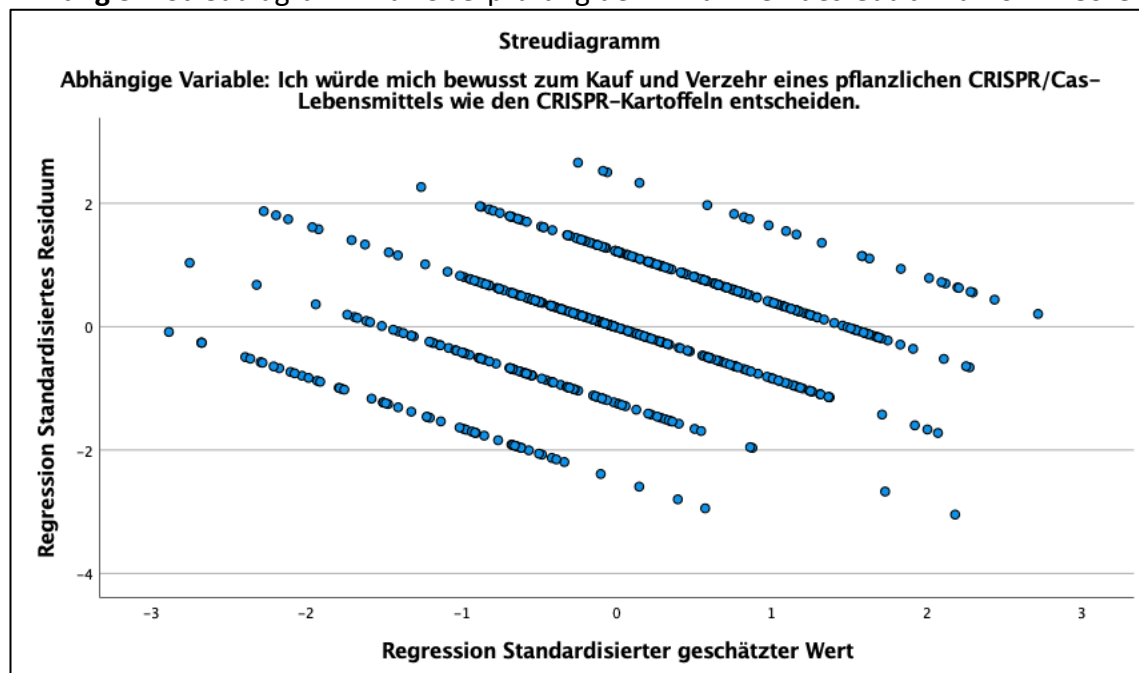
Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 31: Wahrgenommener Nutzen pflanzlicher GMO-Nahrungsmittel Item 4: „Für die Umwelt“

	Häufigkeit	%	Kumulierte %
1 = gar nicht nützlich	57	10,6	10,6
2	61	11,3	21,9
3	94	17,4	39,3
4	141	26,1	65,4
5	98	18,1	83,5
6	64	11,9	95,4
7 = sehr nützlich	25	4,6	100,0
Gesamt	540	100,0	

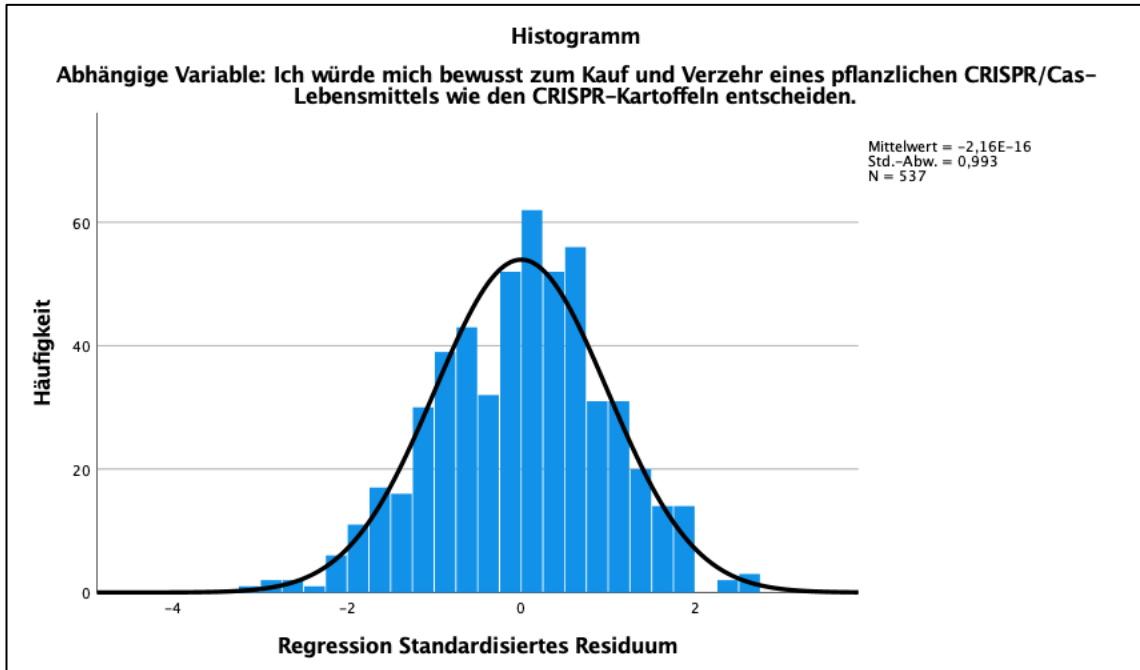
Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 32: Streudiagramm zur Überprüfung der Annahmen des Gauß-Markov-Theorems



Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 33: Histogramm zur Überprüfung der Normalverteilung



Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Anhang 34: Übersicht über die Überprüfung der Hypothesen der multiplen linearen Regressionsanalyse

Hypothesen	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
H1: Die Verbraucherakzeptanz ist bei Männern höher als bei Frauen.	✓ (p = 0,018) ¹	× (p = 0,031) ¹	× (p = 0,112) ¹	× (p = 0,199) ¹	Nicht im Modell
H2: Das Alter einer Person hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz.	× (p = 0,055) ¹	× (p = 0,052) ¹	× (p = 0,075) ¹	× (p = 0,467) ¹	Nicht im Modell
H3: Der bereits vorhandene Wissensstand hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz.	Nicht im Modell	× (p = 0,032) ¹	× (p = 0,102) ¹	× (p = 0,268) ¹	Nicht im Modell
H4: Das Bewusstsein für eine natürliche Ernährung hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz.	Nicht im Modell	Nicht im Modell	× (p = 0,272) ¹	× (p = 0,089) ¹	Nicht im Modell
H5: Das Umweltbewusstsein hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz.	Nicht im Modell	Nicht im Modell	× (p = 0,072) ¹	× (p = 0,031) ¹	× (p = 0,019) ¹
H6: Die Risikobereitschaft hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz.	Nicht im Modell	Nicht im Modell	✓ (p < 0,001) ¹	✓ (p < 0,001) ¹	✓ (p < 0,001) ¹
H7a: Der wahrgenommene Nutzen hat einen positiven Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz.	Nicht im Modell	Nicht im Modell	✓ (p < 0,001) ¹	✓ (p < 0,001) ¹	✓ (p < 0,001) ¹
H8a: Das wahrgenommene Risiko hat einen negativen Einfluss auf die Verbraucherakzeptanz.	Nicht im Modell	Nicht im Modell	✓ (p < 0,001) ¹	✓ (p < 0,001) ¹	✓ (p < 0,001) ¹

¹ halbiertes p-Wert (einseitiger Signifikanzwert); ✓ = Hypothese angenommen; × = Hypothese abgelehnt

Quelle: Eigene Darstellung nach den erhobenen Daten der Online-Umfrage

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, sind kenntlich gemacht. Einer Überprüfung der Arbeit mit einer Anti-Plagiatssoftware stimme ich zu. Ich habe die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Gießen, den 11.11.2021

.....
Dorothea Kraus