



## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Bewertung von Sprossen in der Ernährung von YOPIs. Es wird einerseits der Frage nachgegangen, ob eine Verzehrwarnung von Sprossen für YOPIs sinnvoll und angebracht ist, oder ob die ernährungsphysiologischen Vorteile von rohen Sprossen überwiegen. Des Weiteren wird untersucht, ob es nach heutigem Stand der Forschung Möglichkeiten gibt, Sprossen zu sicheren Lebensmitteln aufzubereiten, damit auch YOPIs rohe Sprossen ohne erhöhtes Infektionsrisiko verzehren können.

Die Fragestellungen werden auf der Grundlage der Auswertung aktueller Fachliteratur, insbesondere englischer Fachliteratur, diskutiert. Ergänzende Informationsquellen stellen Internetseiten von Regierungen, Behörden und Organisationen dar.

Im Ergebnis wird deutlich, dass Sprossen einen ernährungsphysiologisch hohen Wert haben. Die hohe bakterielle Belastung roher Sprossen, die vor allem für YOPIs ein erhöhtes Infektionsrisiko darstellt, spricht aktuell jedoch für eine Verzehrwarnung vor rohen Sprossen für YOPIs. Ein geeignetes Verfahren, um eine ausreichende Keimreduktion auf Sprossen zu erreichen, das gleichzeitig keinen starken negativen Einfluss auf die Sprossenqualität hat, wurde nach dem heutigen Forschungsstand noch nicht entdeckt. Falls geeignete Verfahren zur Keimreduktion entwickelt werden sollten, kann eine Verzehrwarnung roher Sprossen für YOPIs aufgehoben werden.

## **Abstract**

This study has two major purposes: To discuss, whether a warning against the consumption of raw sprouts for YOPIs is reasonable and appropriate, or if the physiological advantages of raw sprouts outweigh the risk of sprout-associated illnesses. Furthermore a number of methods for germ reduction are presented, to examine their impact on the microbiological contamination of sprouts.

These questions are being discussed on the basis of the assessment of current literature. English literature has been used to complement German sources.

Complementary sources of information were governmental websites, website by authorities and organizations.

The conclusion of this study is that sprouts exhibit high physiological advantages on the one hand, but, on the other hand, present an increased risk of microbial infections for YOPIs, due to a high bacteria load. This risk is a strong argument for a warning against the consumption of raw sprouts. As the state of research is today, no suitable methods for germ reductions have been detected, that, at the same time, will not negatively influence the quality of the sprouts. If such methods would be developed, the warning against the consumption of raw sprouts for YOPIs can be canceled.

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	
Abstract.....	I
Abkürzungsverzeichnis .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VI
Tabellenverzeichnis .....	VI
1. Einleitung .....	1
2. YOPIs.....	3
3. Veränderung der Ernährungsgewohnheiten – Warum Sprossen in den Fokus rücken .....	4
4. Ernährungsphysiologische Vorteile von Sprossen .....	5
5. Sprossenassoziierte Krankheitsausbrüche .....	13
Sprossenassoziierte Infektionen durch E.coli .....	14
Sprossenassoziierte Infektionen durch Salmonellen.....	16
6. Risikomanagement – Schutz der YOPIs vor sprossenassoziierten Krankheitsausbrüchen .....	18
7. Der Vorgang des Keimens.....	19
7.1 Aufbau des Samenkorns.....	19
7.2 Prozessbeschreibung - Von der Saat zur Sprosse .....	19
7.3 Wie verändern sich die Nährstoffe während des Keimprozesses?.....	21
8.Mikrobielle Belastung von Sprossen und Keimlingen.....	26
8.1 Der Keimgehalt von Sprossen.....	26
8.2. Welche Schritte stellen vor-, während- und nach der Produktion ein mikrobielles Risiko dar? .....	28

<b>9. Pathogene Keime auf Sprossen.....</b>	<b>29</b>
<b>9. 1 Enterohämorrhagische E.Coli (EHEC).....</b>	<b>31</b>
<b>9.2 Salmonellen.....</b>	<b>32</b>
<b>10. Verfahren zur Reduktion der mikrobiellen Belastung auf Saat und Sprossen</b> <b>.....</b>	<b>33</b>
<b>11. Vor- und Nachteile der zur Verfügung stehenden Behandlungsmethoden zur</b> <b>Verringerung der mikrobiellen Belastung von Sprossen .....</b>	<b>34</b>
<b>11.1 Physikalische Methoden .....</b>	<b>34</b>
<b>11.2 Chemische Methoden.....</b>	<b>38</b>
<b>11.3 Biologische Verfahren.....</b>	<b>41</b>
<b>11.4 Kombinierte Verfahren .....</b>	<b>41</b>
<b>12. Fazit .....</b>	<b>43</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung .....</b>	<b>XX</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung

BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit

CDC – Centers for disease control and prevention

DGE – Deutsche Gesellschaft für Ernährung

E.coli – Escherichia Coli

EHE - enterohämorrhagische Escherichia coli

EU – Europäische Union

FDA – U.S. Food and drug administration

HUS – Hämolytisch-urämische Syndrom

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – Wasserstoffproxid

KbE – Koloniebildende Einheiten

kGy - Kilogray

MHD – Mindesthaltbarkeitsdatum

Min. - Minuten

MPa - Megapascal

NaOCl – Natriumhypochlorit

ppm – parts per million

RKI – Robert Koch Institut

USA – United States of America

## Abbildungsverzeichnis

<u>ABBILDUNG 1:</u> GEHALT AN PHYTINSÄURE IN WEIZEN- UND MUNGBOHNENKEIMLINGEN, BEZOGEN AUF 100G UNGEKEIMTES AUSGANGSMATERIALS .....	22
<u>ABBILDUNG 2:</u> GEHALT AN VITAMINEN IN MUNGBOHNEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER KEIMDAUER, BEZOGEN AUF 100G UNGEKEIMTES AUSGANGSMATERIAL .....	24
<u>ABBILDUNG 3:</u> GEHALT AN VITAMINEN IN WEIZEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER KEIMDAUER, BEZOGEN AUF 100G UNGEKEIMTES AUSGANGSMATERIAL .....	25

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: BALLASTSTOFFGEHALT VERSCHIEDENER SPROSSEN IN G/ 100G.....	6
TABELLE 2: VERGLEICH DES VITAMINGEHALTES VON KEIMLINGEN UND GEMÜSESORTEN.....	8
TABELLE 3: VERGLEICH DES MINERALSTOFFGEHALTES VON KEIMLINGEN UND GEMÜSESORTEN .....	9
TABELLE 4: VITAMIN- UND MINERALSTOFFGEHALT VON KEIMLINGEN PRO 100G.....	10
TABELLE 5: GESCHMACKSNOTEN VON KEIMLINGEN.....	11
TABELLE 6: SPROSSENASSOZIIERTE KRANKHEITSAUSBRÜCHE VON 2007 BIS 2012 .....	13
TABELLE 7 SALMONELLA NACHWEISRATE IN PLANPROBEN VON GEMÜSEKEIMLINGEN NACH DEN JÄHRLICHEN MITTEILUNG DER LÄNDER VON 2007 BIS 2010 .....	30

# 1. Einleitung

Der EHEC-Ausbruch in Deutschland im Jahr 2011 ist sicherlich vielen Menschen in Erinnerung geblieben, besonders weil ein Krankheitsausbruch in Deutschland durch EHEC in diesem Ausmaß zuvor noch nicht vorgekommen ist. Als Infektionsvehikel wurden nach wochenlangen Spekulationen Bockshornkleesprossen eines Sprossenproduzenten aus Bienenbüttel im Landkreis Uelzen identifiziert, die aus Ägypten importiert wurden. Als Folge sprachen BfR, BVL und RKI Verzehrsempfehlungen aus, die von einem Verzehr roher Sprossen abrieten. Auch nach Beendigung des Ausbruches bleibt eine Verzehrwarnung von rohen Sprossen für Personen mit geschwächter Immunabwehr, den sogenannten YOPIs, bestehen.

Sprossen, die einerseits durch einige ernährungsphysiologische Vorteile positiv zu der Ernährung von YOPIs beitragen können, sind andererseits durch ihre hohe Keimbelastung und die dadurch hervorgerufenen sprossenassoziierten Krankheitsausbrüchen speziell für diese Personengruppe besonders gefährlich. Durch eine wachsende Anzahl der YOPIs, z.B durch Fortschritte in der Transplantationschirurgie oder dem demographischen Wandel, wird die Frage nach einer ausgewogenen und vor allem nährstoffreichen Nahrungszufuhr für YOPIs immer relevanter.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die Fragestellung zu erörtern, ob eine Verzehrwarnung von Sprossen für YOPIs sinnvoll und angebracht ist, oder ob die ernährungsphysiologischen Vorteile überwiegen. Des Weiteren wird untersucht, ob es nach heutigem Stand der Forschung Möglichkeiten gibt, Sprossen zu sicheren Lebensmitteln aufzubereiten, damit auch YOPIs ihre Ernährung durch den Verzehr von Sprossen gesünder gestalten können. Dazu wird durch intensive Literaturrecherche beschrieben, zu welchen Ergebnissen die heutige Forschung bezüglich dieser Fragestellung kommt. Besonders hervorzuheben ist der Gebrauch von englischer Fachliteratur, da der englischsprachige Raum mehr auf dem Gebiet der Sprossen publiziert.

Abschnitt 2 erläutert, aus welchen Personen die Gruppe der YOPIs besteht und diese genauer beschreiben. Nachfolgend wird Anhand der veränderten Ernährungsgewohnheiten dargestellt, warum Sprossen heutzutage von größerer Bedeutung sind als noch vor einigen Jahren. In Kapitel 4 folgt eine Übersicht der ernährungsphysiologischen Vorteile der Sprossen, bevor im darauf folgenden Kapitel einige sprossenassoziierte Krankheitsausbrüche geschildert werden, um auch die negativen Aspekte des Sprossenverzehr aufzuzeigen. Kapitel 6 beschäftigt sich mit Formen des Risikomanagements für den Verzehr roher Sprossen durch YOPIs. Der Vorgang des Keimens wird in Abschnitt 7 ausführlich beschrieben, bevor die mikrobielle Belastung der Sprossen abgehandelt wird. Die zwei Bakterien, die am häufigsten sprossenassoziierte Krankheitsausbrüche hervorrufen werden in Kapitel 8 beschrieben. Kapitel 10 und 11 stellen Verfahren zur Reduktion der mikrobiellen Belastung auf Sprossen dar und zeigen Vor- und Nachteile dieser Methoden. Das Fazit zielt konkret auf die Ausgangsfragestellung ab, ob Sprossen in der Ernährung von YOPIs eingesetzt werden sollten, oder ob das gesundheitliche Risiko durch einen Verzehr nach wie vor zu hoch ist.

## 2. YOPIs

Die Bezeichnung YOPI ist ein zusammenfassender Oberbegriff für besonders empfindliche Personengruppen, "deren körpereigenen Abwehrkräfte gegenüber lebensmittelbedingten Infektionen beeinträchtigt oder noch nicht vollständig ausgebildet sind." (BfR, 2013, S. 2) Abgeleitet wird der Begriff aus dem Englischen und steht für **y**oung (jung), **o**ld (alt), **p**regnant (schwanger) und **i**mmunosuppressed (immunsupprimiert). (BfR, 2013, S. 2) Im Deutschen werden diese Personengruppen auch als JASIs bezeichnet. Dies steht für junge (Säuglinge und Kleinkinder bis 5 Jahre), alte, schwangere und immunsupprimierte Verbraucher. (BVL, 2013, S.5) Immunsupprimierte Verbraucher leiden in Folge von Vorerkrankungen oder durch Medikamenteneinnahme zur Behandlung von Krankheiten an einem geschwächten Immunsystem. (BfR, 2013, S. 2) Immunsuppressiva werden zum Beispiel bei Rheumaerkrankungen, Auto-Immunkrankheiten oder nach einer Organtransplantation eingesetzt. (Baaten et al., 2011, S.318) Sowohl die Etablierung moderner immunsuppressiver Therapien, als auch die Fortschritte der Transplantationschirurgie und Onkologie sorgen für einen stetigen Anstieg der Menschen mit schwerer und schwerster Immunsuppression. (Conrad, Dettenkofer, 2006, S.400) Eine Schädigung des Immunsystems kann außerdem durch den Kontakt mit Pestiziden oder toxischen Chemikalien auftreten. Im Laufe des letzten Jahrhunderts wurden viele Immunsuppressive Chemikalien als Lebensmittelzusatzstoffe, Pflanzenschutzmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel, Industrieabfälle und Arzneimittel in die Biosphäre eingeführt. (Brondz, Brondz, 2011, S.226-227)

Bakterielle Infektionen immunsupprimierter Menschen durch obligat pathogene Erreger können zu einem höheren Krankheitsschweregrad und einer höheren Letalität führen als bei nicht immunsupprimierten. Durch Lücken im Abwehrsystem immunsupprimierter Personen sind auch Infektionen durch fakultativ-pathogene und opportunistisch-pathogene Erreger möglich, welche lebensbedrohliche Konsequenzen nach sich ziehen können. (Christiansen et al., 2010, S.359)

In den letzten Jahren hat der Anteil an YOPIs in der Bevölkerung, u.a. auch im Zuge des demographischen Wandels, zugenommen. Mittlerweile zählen 20% der Bevölkerung zu Risikogruppen, die für lebensmittelbedingte Erkrankungen besonders empfänglich sind. (RKI,2002, S.14 )

Für YOPIs gibt es einige besonders gefährliche Lebensmittel, bei denen von einer hohen Keimbelastung ausgegangen werden muss und damit auch ein erhöhtes Risiko einer Infektion einhergeht. Zu diesen Lebensmitteln zählen neben Rohmilchprodukten oder unverarbeiteten Fischereierzeugnissen auch die nicht ausreichend wärmebehandelten Sprossen.( BfR, 2013, S.3)

### **3. Veränderung der Ernährungsgewohnheiten – Warum Sprossen in den Fokus rücken**

„Keimlinge sind mit dem Schwung der Biowelle in den Blickpunkt bestimmter Verbraucherschichten gerückt“ (Hoffmann, 2011, S.219)

Ergebnisse der DGE zeigen einen positiven Trend für den Verzehr von Gemüse. Pro Jahr wächst der Gemüsekonsum pro Kopf um ca. 1,1 kg in Deutschland. (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2012,S. 27) In den westlichen Ländern steigt aktuell das Interesse an der Sprossenzucht, da Konsumenten immer häufiger gering verarbeitete, zusatzstofffreie, natürlichere, nährstoffreichere und gesündere Lebensmittel fordern. (Chon et.al., 2012, S. 72) Sprossen können diese Anforderungen von Konsumenten erfüllen, da sie ohne Düngemittel produziert werden. Des Weiteren sind Sprossen frei von Pestiziden, Konservierungs- und Zusatzstoffen. (Bänziger, 1999, S.13) Auch wird eine wachsende Gesundheitsorientierung der Verbraucher festgestellt mit der das Bedürfnis sich gesund zu ernähren zunimmt. (Dustmann, Weindlmaier, 2010, S.23, 27)

Ebenfalls findet eine Veränderung in der Auswahl der Speisen statt. Wurde früher die fleischdominierte bürgerliche deutsche Küche bevorzugt, wird diese heute durch

leichte Gemüsegerichte abgelöst, wie zum Beispiel durch asiatische Gerichte. (Thelemann, 2010, S. 397)

#### **4. Ernährungsphysiologische Vorteile von Sprossen**

Sprossen werden eine Vielzahl ernährungsphysiologischer Vorteile zugesprochen. Bereits vor einigen tausend Jahren wurde gekeimte Saat, d.h. Sprossen oder Keimlinge, bevorzugt im asiatischen Raum verzehrt und in der chinesischen Heilkunst als Mittel gegen Beschwerden wie Ödeme, Muskelerkrankungen oder Verdauungsstörungen empfohlen. In den USA werden Sprossen auch als Mittel gegen Krankheiten wie Krebs, Diabetes oder Herz-Kreislauf Erkrankungen eingesetzt. (Dohmen, 1987, S. B29)

Sprossen haben einen sehr hohen Nährwert, da sie viele Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe enthalten und gleichzeitig kaum Kohlenhydrate aufweisen. (Nöcker, 1981, S.24) In der Ernährung von Senioren (Heseker, 2002, S. 36), Säuglingen (Brehme et al., 2009, S.138) und Schwangeren (Brehme et al., 2009, S.170) werden Lebensmittel wie Sprossen, die eine hohe Nährstoffdichte haben, besonders empfohlen.

Proteine sind in Sprossen aufgespalten, Fette in Glycerine umgewandelt. Außerdem enthalten sie in Traubenzucker umgewandelte Stärke. (Nöcker, 1981, S.24) Sprossen sind ebenfalls reich an hochwertigem pflanzlichen Eiweiß.

Der Keimprozess sorgt bei Sprossen für eine leichtere Verdaulichkeit als bei der Saat, insbesondere bei komplexen Getreidekörnern und Hülsenfrüchten. (Bänziger, 1999, S.14-15)

Die Mineralstoffe, vor allem die essentiellen, sind für den menschlichen Organismus besser verwertbar als vor der Keimung, was am Abbau der Phytinsäure liegt. (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 358-359) Der Abbau der Phytinsäure verhindert, dass Mineralien, besonders Kalzium, Zink, Eisen und Mangan, mit der Säure schwerlösliche Komplexe bilden. (Schneid, 1999, S.14)

Die hohe Anzahl an Enzymen, die während der Keimung benötigt werden, um den Stoffwechsel der Saat in Gang zu setzen (Bustorf-Hirsch, 1997, S.9), fördert auch den menschlichen Stoffwechsel (Nöcker, 1981, S.24). Enzyme schließen die Nahrung auf, wodurch die Resorption von Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen erst möglich wird. Enzyme stärken die körpereigene Abwehr, fördern die Verdauung, entgiften den Körper und vermeiden Schäden oder Komplikationen nach Krankheiten. (Bänziger, 1999, S.19) Der hohe Enzymgehalt in Sprossen ist vor allem für ältere Menschen von Vorteil, da der Körper im hohen Alter immer weniger Enzyme selbst aufbauen kann. (Bustorf- Hirsch, 1997, S.12)

Ein weiterer ernährungsphysiologischer Vorteil von Sprossen ist ihr hoher Ballaststoffgehalt, bzw. der relativ hohe Rohfasergehalt. Die Aufnahme von Ballaststoffen wirkt sich positiv auf Verdauungstrakt und den Gesamtstoffwechsel aus. Des Weiteren sorgen Ballaststoffe für ein längeres Sättigungsgefühl und tragen zur Senkung des Cholesterinspiegels bei. (Schneid, 1999, S.14) Der durchschnittliche Ballaststoffgehalt von Gemüse und Obst beträgt 2,4g/100g. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, haben die hier aufgeführten Sprossenarten, mit Ausnahme der Mungobohnensprossen, einen höhere durchschnittlichen Ballaststoffgehalt als Gemüse und Obst. (Dohmen, 1987, S. B30)

Sprossenart	Ballaststoffgehalt in g/100g
Linsensprossen	4,4
Alfalfasprossen	6,8
Mungobohnensprossen	2,0
Sojabohnensprossen	8,8

**Tabelle 1: Ballaststoffgehalt verschiedener Sprossen in g/ 100g**

Quelle: Dohmen, 1987, S. B30

Hinsichtlich der Vitamin- und Mineralstoffgehalte von Keimlingen gibt es jedoch widersprüchliche Angaben in der Literatur. Meier-Ploeger und Vogtmann verglichen den Mineralstoff- und Vitamingehalt von Sprossen mit anderen Gemüsesorten in

verzehrüblichen Mengen. Ebenfalls ermittelt wurde die prozentuale Deckung des Tagesbedarfs der unterschiedlichen Vitamine und Mineralstoffe bei Erwachsenen. Der Bedarf an Ascorbinsäure konnte durch eine übliche Verzehrsmenge Sojabohnenkeime zu 32% gedeckt werden, durch Linsenkeime sogar zu 45%. Gemüsesorten wie Fenchel, Paprika oder Rettich haben einen höheren Ascorbinsäuregehalt, Chicoree oder Kopfsalat einen niedrigeren Gehalt als die Keimlinge. (Meier-Ploeger, Vogtmann, 1986, S. 378 ) Da sich die Anzeichen einer Steigerung des Bedarfs an Vitamin C im Alter mehren, können Sprossen, die reich an Vitamin C sind, vor allem zur Bedarfsdeckung älterer Menschen beitragen. (Heseker, 2002, S. 36) Einige Sprossen, wie Linsen- oder Sojabohnensprossen, sind gute Lieferanten für Vitamin B1 und decken ca.  $\frac{1}{4}$  des Tagesbedarfs, während Alfalfa- und Mungobohnensprossen nur 5 – 7% des Tagesbedarfs eines Erwachsenen decken. Auch sind Sprossen im Vergleich mit anderen Gemüsesorten ein guter Lieferant für Riboflavin und Niacin. (Meier-Ploeger, Vogtmann, 1986, S. 378 ) (siehe Abb. 2)

Gemüsesorte	Portion g	Ascorbinsäure		Thiamin		Riboflavin		Niacin	
		Gehalt*	%TB **	Gehalt	%TB	Gehalt	%TB	Gehalt	%TB
Alfalfakeime	70	10,3	14	0,07	M: 5 W: 6	0,11	M: 6 W: 7	1,12	9
Chicoree	150	15,0	20	0,07	M: 5 W:6	0,04	M: 2 W:3	0,30	2
Fenchel	150	139,5	185	0,30	M:21 W:25	0,15	M:9 W:10	0,30	2
Gurken	150	+		0,03	M:2 W:2	0,04	M:2 W:3	0,30	2
Kopfsalat	70	7,0	9	0,04	M:3 W:3	0,06	M:3 W:4	0,28	2
Linsenkeime	150	33,8	45	0,31	M:22 W:25	0,14	M:8 W:9	-	-
Mungo- bohnen- keime	100	13,0	17	0,14	M:5 W:7	0,17	M:10 W:11	0,50	5
Paprika	150	210,0	280	0,10	M:7 W:8	0,10	M:6 W:7	0,60	5
Radieschen	100	27,0	36	0,04	M:3 W:3	0,04	M:2 W:3	0,20	1
Rettich	150	43,5	58	0,04	M:3 W:3	0,04	M:2 W:3	0,60	5
Sojabohnen- keime	200	24,0	32	0,38	M:27 W:31	0,26	M:15 W:17	1,76	14
Tomaten	150	36,0	48	0,09	M:6 W:7	0,06	M:3 W:4	0,90	7

**Tabelle 2: Vergleich des Vitamingehaltes von Keimlingen und Gemüsesorten**

+: in Spuren; -: keine Angabe; M: männlich; w: weiblich; \*:Gehalt pro Portion in mg;

\*\* : prozentualer Anteil des Tagesbedarfes eines Erwachsenen; Nach: Meier-Ploeger,

Vogtmann, 1986, S. 378

Zur Bedarfsdeckung der Mineralstoffe eines Erwachsenen eignet sich besonders die Sojasprosse, da sie reich an Kalium, Calcium, Phosphor, Magnesium und Eisen ist. Der Tagesbedarf an Kalium von Erwachsenen beider Geschlechter kann durch den Verzehr von Sojasprossen zu 33% gedeckt werden, der Bedarf an Magnesium bei Frauen zu 43%, bei Männern zu 37%. Mungobohnenkeime sind im Vergleich mit anderen Gemüsesorten reich an Phosphor und Magnesium, Linsenkeime hingegen decken besonders gut den Eisenbedarf eines Erwachsenen. (siehe Abb. 3) ( Meier-Ploegner, Vogtmann, 1986, S.377-378)

Gemüse- sorte	Portion g	Kalium		Phosphor		Magnesium		Eisen	
		Gehalt *	%TB **	Gehalt	%TB	Gehalt	%TB	Gehalt	%TB
Alfalfakeime	70	45	1	0,7	0	35,0	M:10 W:12	1,96	M:16 W:11
Fenchel	150	741	21	76	9	-	-	4,05	M:34 W:22
Linsenkeime	150	-	-	-	-	-	-	4,50	M:37 W:25
Mungo- bohn- keime	100	240	7	48,6	6	21,0	M:6 W:7	1,10	M:9 W:6
Paprika	150	320	9	39,0	5	18,0	M:5 W:6	1,05	M:9 W:6
Rettich	150	483	14	45,0	6	-	-	1,35	M:11 W:7
Sojabohnen- keime	200	1144	33	184,0	23	130	M:37 W:43	2,80	M:23 W:15

**Tabelle 3: Vergleich des Mineralstoffgehaltes von Keimlingen und Gemüsesorten**

+ : in Spuren; - : keine Angabe; M: männlich; w: weiblich; \*:Gehalt pro Portion in mg;

\*\* : prozentualer Anteil des Tagesbedarfes eines Erwachsenen; Nach: Meier-Ploeger,

Vogtmann, 1986, S. 378

Ein erhöhter Eisenbedarf liegt sowohl bei Kindern in der Wachstumsphase (Brehme et al., 2009, S.191), als auch bei Schwangeren vor. Während der Schwangerschaft kommt es, trotz erhöhter Eisenabsorption im Darm und Wegfall der Regelblutung, oft zu Eisenmangel, was zu Schwangerschaftskomplikationen führen kann. (Brehme et al., 2009, S.172) Sprossen mit hohem Eisengehalt, wie Linsen oder Sojasprossen sollten zur Bedarfsdeckung von Kindern und Schwangeren verzehrt werden.

Im Vergleich mit Meier-Ploeger und Vogtmann, ermittelte Hoffmann abweichende Ergebnisse über Vitamin- und Mineralstoffgehalte von Sprossen.

So erzielt Hoffmann für Alfalfa-, Mungobohnen- und Sojakeimlinge für Vitamin C, Kalium und Eisen einen geringeren Wert als Meier- Ploeger und Vogtmann. Einzige Ausnahme ist der Kaliumgehalt der Alfalfasprossen, der mit 79 mg/100g Sprossen bei Hoffmann (Abb 4) um 14,7 mg höher ist. Der Eisengehalt der Mungobohnensprossen ist beispielsweise 0,64 mg niedriger, der Kaliumgehalt der Sojasprossen sogar 337 mg geringer als von Meier- Ploeger und Vogtmann ermittelt. (Hoffmann, 2011, S.219)

	Vitamin A (mg)	Vitamin C (mg)	Kalium (mg)	Eisen (mg)
Bambuskeimlinge,roh	0,014	6,5	468	0,7
Luzernekeimlinge (Alfalfa),roh	0,096	8,2	79	1,0
Mungobohnenkeimlinge, roh	0,04	11,0	179	0,46
Sojakeimlinge, roh	0,025	19,6	235	0,9

**Tabelle 4: Vitamin- und Mineralstoffgehalt von Keimlingen pro 100g**

Nach: Hoffmann, 2011; S.219

Bustorf-Hirsch berichtete von einem Niacingehalt der Mungobohnen- und Sojabohnensprosse von 7,0 mg/100g und 9,8 mg/ 200g nach vier Tagen Keimzeit. Auch diese Ergebnisse weichen von denen von Meier-Ploeger und Vogtmann ab, die

für Mungobohnen einen Niacingehalt von 0,50 mg/100g und für Sojabohnen einen Niacingehalt von 1,76mg/ 200g ermittelten.(Bustorf-Hirsch,1997,S.10)

Angaben über die Keimdauer, die Probenentnahme oder die Gießwasserqualität werden allerdings nicht gemacht. Dies kann die unterschiedliche Ergebnisse über Vitamin- und Mineralstoffgehalt erklären. (Meier-Ploeger, Vogtmann, 1986, S.376)

Zum Keimen eignen sich Samen von Getreidesorten, wie Weizen und Roggen, Hülsenfrüchten, wie Mungo-, Soja- oder Adzukibohnen und andere Pflanzen, wie Senf oder Rettich. (Der Brockhaus Ernährung, 2008, S. 596) Die geschmackliche Vielfalt, die durch die verschiedenen Sprossen entsteht, ist ebenfalls ein Vorteil der Sprossen. Eine Übersicht der verschiedenen Geschmäcker ist in Abb. 5.

Geschmacksnoten von Keimlingen	
Keimlinge	Geschmack
Alfalfa (Luzerne)	Leicht herb, frisch, knackig und nussig
Bockshornklee	Entwickelt beim Keimen einen Duft, der an Curry erinnert
Brokkoli	Typischer Kohlgeschmack
Kichererbsen	Knackig, nussig und erbsenähnlich
Kohlrabi	Intensiv im Geschmack
Linsen	Süßlich-pikant, knackig und nussig
Mungobohnen	Leicht süßlich
Radieschen	Scharf-würzig
Rettich	Scharf-würzig
Rotkohl	Geschmack wenig ausgeprägt
Senf	würzig
Sonnenblumen	Mild, nussartig
Weizen	Süßlich-mild

**Tabelle 5: Geschmacksnoten von Keimlingen**

nach: Hoffmann, 2011, S.220)

Sprossen sind aber nicht nur vielfältig im Geschmack, sondern auch in ihrer Verwendung in der Verarbeitung in Speisen. In Abb. 5 sind Rettich und Radieschensprossen scharf- würzig, Mungobohnensprossen hingegen als leicht süßlich klassifiziert. (Hoffmann, 2011, S.220)

Sprossen können als Rohkost unter Salate und Saucen gemischt werden, das Müsli verfeinern, wie Gemüse kurz gedünstet werden, oder zum Backen verwendet werden. (Bustorf-Hirsch,1997, S.6)

Diese Vielfältigkeit ist ein Vorteil in der Nahrungsaufnahme bei YOPIs. Senioren, denen das Kauen von Lebensmitteln oft Probleme bereitet, werden Sonnenblumen-, Weizen- oder Dinkelkeimlinge empfohlen, da diese besonders weich sind. (Hoffmann, 2011; S.221) Auch für Kleinkinder sind diese Sprossen einfach im Verzehr und wichtiger Bestandteil einer gesunden Ernährung.

Sprossen sind außerdem Träger aller als Antioxidantien bekannten Vitamine, die gegen freie Radikale wirken. Freie Radikale, auch Oxidantien genannt, schwächen das Immunsystem und machen den Menschen anfälliger für Krankheiten. (Bänziger,1999, S.19) Vitamin C und Polyphenole, die eine antioxidative Wirkung haben, sind in den meisten Sprossen in höherer Konzentration enthalten als in den reifen Pflanzen. (Moriyama, Oba, 2004, S. 247) Zum Beispiel in Weizensprossen konnten antioxidative Stoffe wie Glycoside, Polyphenole oder –SH gruppen nachgewiesen werden. (Marsili, Calzuola, Gianfranceschi, 2004, S.123)

Brokkolisprossen enthalten Stoffe, die als Induktoren von Phase 2 Entgiftungsenzymen wirken und so vor Krebsentstehung, bzw. vor chemischen Karzinogenen schützen. Die Sprossen enthalten erhebliche Mengen dieser Induktoren, z.B in Form von Sulforaphan oder dessen Glykosid Glucoraphanin. Drei Tage alte Brokkolikeimlinge haben, je nach Art, einen 10-100 Fach höheren Glucoraphaningehalt als reife Pflanzen. In Untersuchungen an Ratten, die mit Dimethylbenz(a)anthracen, das stark krebserregend ist, injiziert wurden, konnten Brokkolikeimlinge die Häufigkeit, Vielfalt und Geschwindigkeit der Entwicklung von Brusttumoren enorm senken. (Fahey, Zhang, Talalay, 1997, S. 10367) Eine kleine

Menge Sprossen kann somit genauso Effektiv vor chemischen Karzinogenen schützen, wie eine große Menge reifer Pflanzen.

## 5. Sprossenassoziierte Krankheitsausbrüche

Von 1990 bis 2012 gab es mindestens 50 sprossenassoziierte Krankheitsausbrüche. Die meisten wurden durch Salmonellen verursacht, aber auch verotoxinbildende E.coli sorgten für einige Krankheitsausbrüche. Vor allem in den USA wird immer wieder von Infektionen berichtet, die auf den Verzehr roher Sprossen zurückzuführen sind. (Hiller, Niederberger, Wichmann-Schauer, 2013, S. 37-38)

Jahre	Erreger	Fälle	Sprossensorte	Ort	Quelle
2007	S. Weltevreden	45	Alfalfasprossen	Norwegen, Dänemark, Finnland	Emberland et al., 2007
2009	S. Bovismorbificans	42	Alfalfasprossen	Finnland	Guedes et al., 2011
2009	S. Saintpaul	235	Alfalfasprossen	USA	CDC, 2009
2010	S. Bareilly	231	Mungobohnen	UK	Browning et al., 2010
2010	S. Newport	44	Alfalfasprossen	USA	CDC, 2010
2010- 2011	S. l 4,[5],12:i:-	140	Alfalfa	USA	CDC,2011a
2011	E.coli O104	3842	Bockshornklee- sprossen	Deutschland	RKI, 2011a
2011	S. Enteritidis	21	Alfalfasprossen, Spicy Sprouts	USA	CDC,2011b
2012	E.coli O26	29	Kleesprossen	USA	CDC, 2012

**Tabelle 6: Sprossenassoziierte Krankheitsausbrüche von 2007 bis 2012**

Bei diesen Krankheitsausbrüchen waren YOPIs oft nicht unter den Betroffenen, da das gesundheitliche Risiko von Sprossen für YOPIs vor den Ausbrüchen publik gemacht wurde.

## **Sprossenassoziierte Infektionen durch E.coli**

Bei dem größten bis jetzt bekannten Ausbruch im Jahr 1996 waren YOPIs jedoch noch betroffen. 1996 kam es in Japan zu Infektionen von Schülern mit E.coli O157:H7. An insgesamt 47 verschiedenen Grundschulen infizierten sich Schüler durch den Verzehr roher weißer Radieschensprossen während des Mittagessens. Gleichzeitig wurden Ausbrüche durch den gleichen Erreger in einem Altenheim mit 98 Infektionen und einem Bürogebäude mit 47 Infektionen registriert. Außerdem gab es noch 157 vereinzelt auftretende Krankheitsausbrüche. Zurückzuführen waren die kontaminierten Sprossen auf eine Farm, die sowohl am 7. als auch am 9. Juli Radieschensprossen verschifft. Dennoch begrenzte sich dieser Ausbruch auf den japanischen Raum. Zwischen Mai und Dezember 1996 infizierten sich 9451 Menschen, von denen 12 an den Folgen der Infektion starben. (Araki et al., 1999, S. 787-789)

2011 kam es zu dem ersten sprossenassoziierten Krankheitsausbruch in Deutschland. (Niederberger, Hiller, Wichmann-Schauer, 2013, S. 37)

Besonders im Norden Deutschlands wurden 2011 vermehrt Erkrankungsfälle durch eine Infektion mit EHEC des Serotyps O104:H4 in Verbindung mit dem hämolytisch-urämischem Syndrom und blutigen Durchfällen bekannt. (Niederberger, Hiller, Wichmann, 2013, S. 37) "Insgesamt wurden 855 Erkrankungen an HUS und 2.987 Fälle von akuter Gastroenteritis übermittelt, die dem Ausbruch zugerechnet werden (Stand: 16.08.2011)" Unter allen 3842 Erkrankten gab es 53 Todesfälle. (RKI, 2011a, S.2) In Deutschland war der Krankheitsausbruch 2011 der bisher größte durch EHEC- Infektionen, bezogen auf die HUS-Fälle sogar der weltweit größte beschriebene Ausbruch. (Bundesministerium für Gesundheit, 2012, S. 7) Im Kontrast zu den üblichen Krankheitsfällen in Vorjahren sind nicht Kinder, sondern Erwachsene

am häufigsten betroffen und zwei Drittel der erkrankten Erwachsenen waren Frauen. (RKI, 2011a, S.2) Der Grund, warum Frauen überwiegend infiziert wurden, ist wahrscheinlich die unterschiedliche Verbrauchergewohnheit, da Frauen dazu tendieren mehr Obst und Gemüse zu konsumieren als Männer. (Baines, Seaman, Soon, 2013, S. 348) Zum Schutz der Verbraucher hatten deutsche Bundesbehörden am 10. Juni 2011 empfohlen, vorsorglich keine rohen Sprossen zu verzehren. (BfR, 2011b) Der Erreger konnte entweder durch Schmierinfektion von Mensch zu Mensch, oder durch kontaminierte Sprossen übertragen werden. (RKI, 2011b) Zur Aufklärung der gehäuften Krankheitsausbrüche wurde am 03. Juni 2011 am Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit die nationale Task Force EHEC gegründet, (Börner et al., 2011, S.497) bestehend aus Experten aus verschiedenen Bundesländern, des BfR, des RKI, des BVL und der EFSA.

Zu den Aufklärungsmethoden der Task Force zählten epidemiologische Untersuchungen, sowie Rück- und Vorwärtsverfolgung von Saatlieferungen. (RKI, 2011b) Als es in Frankreich Ende Juni ebenfalls zu einer erhöhten Anzahl HUS- bzw. EHEC Fällen kam und in Untersuchungen der Ausbruchstämme in Deutschland und Frankreich festgestellt wurde, dass es sich um den gleichen Stamm handelt, wurde auch auf europäischer Ebene eine Task Force EHEC gegründet. Durch epidemiologische staatenübergreifende Rückverfolgungsuntersuchungen wurden Bockshornkleesamen, die aus Ägypten importiert wurden, als Ursache identifiziert. (BfR, 2011a, S.2) Die Arbeit der nationalen Task Force EHEC endete am 05. Juli 2011 mit der Aufklärung des EHEC Ausbruchs. (Bernard et. al., 2011, S.485) Am 6. Juli 2011 ordnete die EU-Kommission den Rückruf und die unschädliche Beseitigung der im Zeitraum 2009 bis 2011 aus Ägypten importierten und im Rahmen der Rückverfolgung auf EU-Ebene ermittelten Chargen Bockshornkleesamen an. Darüber hinaus verhängte die Kommission bis zum 31. Oktober 2011 ein Importverbot für Bockshornkleesamen und weitere Samen aus Ägypten. Die allgemeine Verzehrwarnung für rohe Sprossen wurde Ende Juli aufgehoben. Nach Empfehlungen des BfR sollten Menschen mit geschwächter Immunabwehr weiterhin keine rohen Sprossen zu sich nehmen. (BfR, 2011b)

Als Konsequenz wurde die Task Force, die sich mit der Aufklärung der EHEC-Krise bewährt hat, ein fester Bestandteil des Krisenmanagements bei Lebensmittelinfektionen auf deutschlandweiter und europaweiter Ebene. Darüber hinaus wurde auch das Meldesystem für Infektionen verbessert, damit das RKI schneller informiert ist und handeln kann. (Bundesministerium für Gesundheit, 2012, S. 7)

2012 kam es in Amerika zu Infektionen mit dem Shiga Toxin produzierenden Escherichia coli O26 Bakterium, nach dem Verzehr von kontaminierten Kleesprossen in Jimmy John's Restaurant. Insgesamt wurden 29 Personen, im Alter von neun bis 57 Jahren, in 11 US-Staaten infiziert. Sieben Personen mussten im Krankenhaus behandelt werden. Von den Patienten/innen entwickelte niemand HUS oder verstarb. Ursache für den Ausbruch war der Verzehr roher Kleesprossen in einem Restaurant. (CDC, 2012)

## **Sprossenassoziierte Infektionen durch Salmonellen**

In Finnland gab es bereits eine Vielzahl an Sprossenbedingten Krankheitsausbrüchen. Die zwei schwerwiegendsten Vorfälle ereigneten sich in den aufeinanderfolgenden Jahren 1994 und 1995. 1994 wurde bei 210 Patienten/innen Erkrankungen auf Grund von Salmonella enterica Serovar Bovismorbificans nachgewiesen, 1995 wurde bei 114 Patienten/innen der Salmonella enterica Serovar Stanley nachgewiesen.

Zeitgleich gab es zwei weitere Ausbrüche in anderen Ländern, die auf die gleichen Erreger zurückzuführen waren. In Schweden gab es 282 Krankheitsfälle, die durch S. enterica Serovar Bovismorbificans ausgelöst wurden und in Arizona und Michigan in den USA wurde S. enterica Serovar Stanley bei 128 Patienten/innen nachgewiesen. (Heiskanen, Puohiniemi, Siitonen, 1997, S. 2487)

Die Ausbrüche von 1994 wurden auf den Konsum von rohen Alfalfasprossen zurückgeführt, die von Australien zuerst nach Schweden und dann nach Finnland exportiert wurden. Alle Produktionsbetriebe, die die Saat verwendeten, wurden

dekontaminiert um die Ausbruchsserie zu unterbinden. (Andersson et al., 1995, S.345)

Über einen längeren Zeitraum, von November 2010 bis Februar 2011, wurden 140 Menschen durch Salmonella Serotyp I 4,[5],12:i:-, in 26 US-Staaten infiziert. Untersuchungen ergaben einen Zusammenhang mit dem Konsum von Alfalfasprossen und ‚Spicy Sprouts‘ in Jimmy John’s Restaurants. Die Altersspanne der Betroffenen reichte von einem Jahr bis 85 Jahren, wobei das Durchschnittsalter 28 Jahre betrug. 63% der infizierten Personen waren Frauen. Unter den Infizierten gab es keine Todesfälle. Ein Rückruf durch den Hersteller, Tiny Greens Organic Farm aus Urbana, Illinois, wurde im Dezember 2010 durchgeführt. (CDC, 2011a)

Ein weiterer Ausbruch in den USA im Jahr 2010 erfolgte wieder nach dem Verzehr von Alfalfasprossen, die mit Salmonella Serotyp Newport infiziert waren. Die Sprossen wurden von einem Produzenten aus Kalifornien hergestellt. Insgesamt wurden 44 Krankheitsfälle gemeldet. Keine/r der Patienten/innen verstarb durch die Infektion. (CDC, 2010)

Von April bis Juli 2011 wurden in fünf US-Staaten 25 Personen durch Salmonella Enteritidis infiziert. Untersuchungen zeigten, dass die Ursache der Krankheitsausbrüche der Verzehr von Alfalfasprossen und ‚Spicy Sprouts‘, die von ein und demselben Sprossenproduzenten hergestellt wurden, waren. Betroffen waren Menschen zwischen 12 und 77 Jahren, das Durchschnittsalter betrug 35 Jahre. Anfang Juli erfolgte ein Rückruf einzelner, potenziell kontaminierter Chargen Alfalfasprossen und ‚Spicy Sprouts‘ durch den Hersteller, Evergreen Fresh Sprouts. Im Zusammenhang mit diesen sprossenassoziierten Krankheitsausbrüchen wurden keine Todesfälle gemeldet. (CDC, 2011b)

Im Herbst des gleichen Jahres kam es erneut zu einem sprossenassoziierten Krankheitsausbruch in Deutschland und den Niederlanden durch Salmonella Newport. In Deutschland wurden aus 15 Bundesländern insgesamt 106 symptomatische Infektionen gemeldet, in den Niederlanden traten 18 Krankheitsfälle

auf. Als mögliches Infektionsvehikel wurden Mungobohnensprossen eines Niederländischen Betriebes identifiziert, da in dem Betrieb mit Salmonellen kontaminierte Sprossenchargen gefunden wurden. (RKI, 2012) Befragungen durch Deutsche Gesundheitsbehörden ergaben, dass einige der infizierten Personen zuvor in Asia-Restaurants in verschiedenen Bundesländern gegessen hatten. Die Sprossen wurden hier als Zutat für erhitzte Gerichte verwendet, jedoch wurden sie nicht lang genug erhitzt um die Salmonellen abzutöten. Als weiterer Ausbruchsort konnte eine Reha-Klinik ermittelt werden, in der die Sprossen roh zum Verzehr angeboten wurden. (BfR, 2012a)

## **6. Risikomanagement – Schutz der YOPIs vor sprossenassoziierten Krankheitsausbrüchen**

Auf Grund der hohen mikrobiellen Belastung von Sprossen, sowie einer fehlenden Methode um pathogene Bakterien auf Saat oder Sprossen vollständig abzutöten, wurde in Deutschland, (BfR, 2011b) wie auch in den USA, eine Verzehrwarnung von Sprossen für Menschen mit geschwächter Immunabwehr ausgesprochen. (FDA, 2012) Nach Empfehlungen des BfR wird allen anderen Personen geraten, die Sprossen vor dem Verzehr gründlich mit Wasser abzuspülen und Sprossen möglichst schnell zu verbrauchen. (BfR, 2011b) Die diametrischen Gegensätze des Sprossenverzehr sind das hohe Infektionsrisiko bei kontaminierten Sprossen und die ernährungsphysiologischen Vorteile von Sprossen, die sich positiv in der Ernährung von YOPIs auswirken. Deshalb könnte ein anderer Ansatz des Risikomanagements die Abtötung der Mikroorganismen auf den Sprossen durch geeignete Verfahren sein.

## **7. Der Vorgang des Keimens**

### **7.1 Aufbau des Samenkorns**

Samenkörner aller Arten sind nach dem gleichen Prinzip aufgebaut. (Bustorf- Hirsch, 1997, S.8) Die äußere Schicht des Samenkorns bildet die Samenschale, eine wasser- und gasundurchlässige, stabile Hülle, die dem Keim als Schutz dient. (Oberbeil, 1998, S.6) Darauf folgt das Nährgewebe, ein Mehlkörper, der auch Endosperm genannt wird und der (Aicher, 1989, S.10) in den Embryo, auch Keimling genannt, eingebettet ist. Der Embryo hat bereits in diesem Stadium alle Elemente, die auch die ausgewachsene Pflanze ausgebildet hat. (Oberbeil, 1998, S.6) Sowohl Wurzel, als auch Stängel und Blatt sind bereits angelegt. (Aicher, 1989, S.10)

Die Energie für den Keimprozess gewinnt der Embryo aus dem kohlenhydratreichen Samenkörper, in den er eingebettet ist und aus der Schale, die den Samenkörper umgibt. Die Samenschale ist reich an Vitaminen, Mineralstoffen, Enzymen und Spurenelementen. (Bustorf- Hirsch, 1997, S.8)

Pflanzen, die kein Endosperm enthalten, wie Erbsen, Sonnenblumen oder Bohnen, speichern die nötigen Stoffe für den Keimprozess in überdimensional großen Keimblättern. (Oberbeil, 1998, S.6)

### **7.2 Prozessbeschreibung - Von der Saat zur Sprosse**

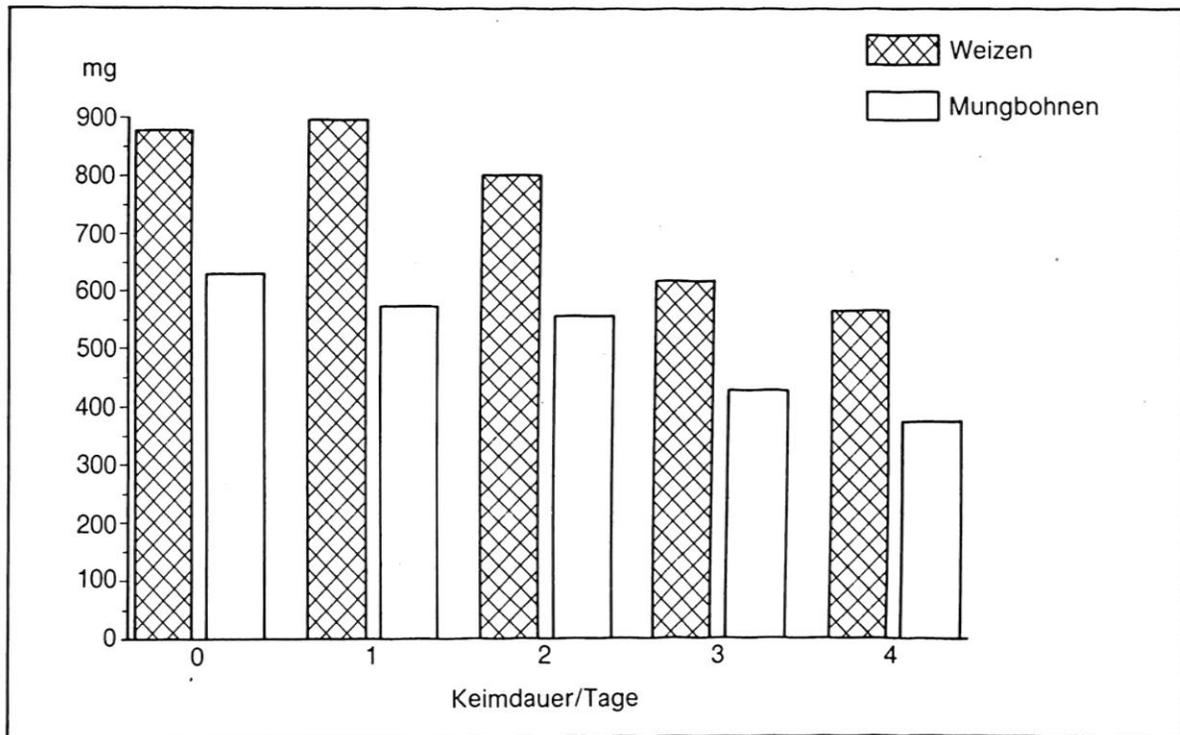
Erst unter bestimmten saatspezifischen Bedingungen wie Wärme, Licht, Sauerstoff und Feuchtigkeit beginnt das Korn zu keimen. (Bustorf- Hirsch, 1997, S.8) Optimal für das Wachstum ist gleichmäßiges, indirektes, zimmerhelles Licht (Nöcker, 1981, S.11). Sprossen werden normalerweise bei Temperaturen von 20-30°C herangezogen, wobei die optimale Temperatur bei 25°C liegt. Geringere Temperaturen fördern das Wachstum der Wurzeln, höhere Temperaturen führen dazu, dass die Keimachse (ICMSF, 2005, S.307), der Abschnitt zwischen Wurzel und Keimblatt eines keimenden Samens, (Pflanzenforschung, o.J.) dünner wird. Temperaturkontrollen werden durch die Atmung der Sprossen, welche Hitze produziert, unerlässlich.

(ICMSF, 2005, S.307) Vor dem eigentlichen Beginn des Keimprozesses, werden die Samen in Wasser eingeweicht. (Hiller, Niederberger, Wichmann-Schauer, 2013, S.39) Dieser Produktionsschritt dauert bis zu 12 Stunden. (FDA,1999, Appendix 2) Durch Wasserzufuhr und eine damit verbundene Quellung des Samens, wird die Keimruhe des Samenkornes abgebrochen. Während des Quellvorgangs nehmen die Samen ein Vielfaches ihres Gewichtes auf und erhöhen so ihr Volumen erheblich. Die Entwicklung des Embryos, die während des Trockenzustandes unterbrochen ist, wird wieder aufgenommen. Diese Phase bezeichnet man als Keimpflanzenstadium. (Ternes et al. 2005, S. 938) Durch Enzyme findet eine Umsetzung statt, bei der sich die Grundsubstanzen des Samens zu Proteinen, Kohlenhydraten, Vitaminen und Mineralstoffen aktivieren, die dem Keim als Nahrung dienen. (Nöcker, 1981, S.9) Sichtbar wird der Beginn der Keimung beim Durchbrechen der Wurzelscheide und darauf folgend dem Austritt der Keimwürzelchen durch die Samenschale. Die Keimscheide, genannt Koleoptile, tritt später mit dem ersten Laubblatt hervor. (Ternes et al. 2005, S. 938) In dieser Wachstumsphase ist es wichtig, dass die Samen gleichmäßig bewässert werden und möglichst nicht zu feucht liegen, da sie sonst zu Fäulnis tendieren. Durch regelmäßige Spülung oder Luftzirkulation müssen Gase, die beim Wachstumsprozess gebildet werden, entfernt werden. (Nöcker, 1981, S.11) Das Keimpflanzenstadium ist beendet, wenn die Pflanze nicht mehr von den Reservestoffen des Samens abhängig ist (Ternes et al. 2005, S. 938) und sich der Keim selbstständig mit Hilfe der Wurzeln und Blätter versorgen kann. (Nöcker, 1981, S.9) Eine Besonderheit der Sprossenzucht ist, dass die Sprossen meist in hydroponischen Systemen produziert werden, (Entis,2007, S.138) was bedeutet, dass sie ohne Erde wachsen. (FDA,1999, Appendix 2) Große Sprossen, wie Mungo- oder Sojabohnen werden üblicherweise auch in großen Behältern gekeimt, kleine Sprossen, wie Alfalfa oder Brokkolisprossen werden in rotierenden Trommel mit automatischem Bewässerungssystem gekeimt. (ICMSF, 2005, S.307) Nachdem die Saat gekeimt ist, wird sie meist mit Wasser gewaschen, um mögliche Fremdaromen der noch vorhandenen Samenschale zu vermeiden. (ICMSF, 2005, S.307)

### **7.3 Wie verändern sich die Nährstoffe während des Keimprozesses?**

Die Veränderungen während des Keimprozesses einiger Sprossen haben Vorteile auf die enthaltenen Nährstoffe. (CPFE, 1991) "Im Vergleich zum ungekeimten Ausgangsmaterial weisen die Keimpflanzen (...), je nach Keimdauer in Tagen, bemerkenswerte Nährwertveränderungen auf ", (Ternes et al. 2005, S. 938) die in diesem Ausmaß nie wieder in der Pflanze vorkommen. (Nöcker, 1981, S. 9) So nimmt zum Beispiel der Anteil, beziehungsweise die Verfügbarkeit von Vitamin C, Eisen, Riboflavin, Niacin und Phosphat zu, unerwünschte Stoffe wie Phytate, Tannine oder Oligosaccharide nehmen ab. (CPFE, 1991)

Wertmindernde, antinutritive und sogar gesundheitsschädliche Stoffe, die in den Schalen von einigen Hülsenfrüchten und Getreidekörnern vorkommen, wie Phytinsäure, Hämagglutinine und Proteaseinhibitoren, werden deaktiviert oder abgebaut. Die Abnahme von Phytinsäure in Weizen- und Mungobohnensprossen wurde von Harmuth-Hoene und Bognar untersucht (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 358-359). Bei beiden Sprossenarten wurde eine Reduktion der Phytinsäure nach vier Tagen Keimzeit festgestellt. ( Abb.1)



**Abbildung 1: Gehalt an Phytinsäure in Weizen- und Mungbohnenkeimlingen, bezogen auf 100g ungekeimtes Ausgangsmaterials**

Quelle: (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 358-359)

Komplexe pflanzliche Kohlenhydrate, vor allem Stärke, werden im Verlauf der Keimung zu Mono- und Disacchariden abgebaut. Getreidekeimlinge erhalten als Folge einen süßlichen Geschmack. (Holzapfel, 2007, S.93) Der blähende Anteil an Kohlenhydraten von Hülsenfrüchten ist nach der Keimung um rund 80% reduziert. (Der Brockhaus, 2008, S.597) Die Spaltung der Stärke führt außerdem zu einer Verbesserung der Verdaulichkeit. (CPFE, 1991)

Die Veränderungen in den Sprossen werden vor allem durch eine Vielzahl an Enzymen hervorgerufen, die den hohen Heil- und Nährwert der Sprossen ausmachen. Die Enzyme, die während der Keimung wirken, sind: Amylase, die auf Stärke einwirkt, Protase, die Protein umsetzt, Lipase, die Fette spaltet, Emulsin, das auf Zucker

einwirkt und Invertase, die Zucker in Dextrose umwandelt. (Nöcker, 1999, S.28) Im Allgemeinen haben Sprossen außerdem einen höheren Ballaststoffgehalt und einen niedrigeren Anteil an Kohlenhydraten als die Saat (Ternes et al. 2005, S. 938) sowie einen geringeren Energiegehalt als das meiste Frischgemüse. (Der Brockhaus, 2008, S.597)

Auch die Eiweißstoffe verändern sich. Sie werden während des Keimprozesses in die einzelnen Aminosäuren zerlegt, (Bustorf-Hirsch, 1997, S. 9) sowie zu Polypeptiden und Dipeptiden abgebaut. (Holzapfel, 2007, S. 93) Dies führt zu einer erhöhten Eiweißqualität. (Bänziger, 1999, S. 15) Sprossengemüse liefert vor allem die Mineralstoffe Eisen, Kalium, Kalzium, Magnesium und Zink. (Der Brockhaus, 2008, S.597)

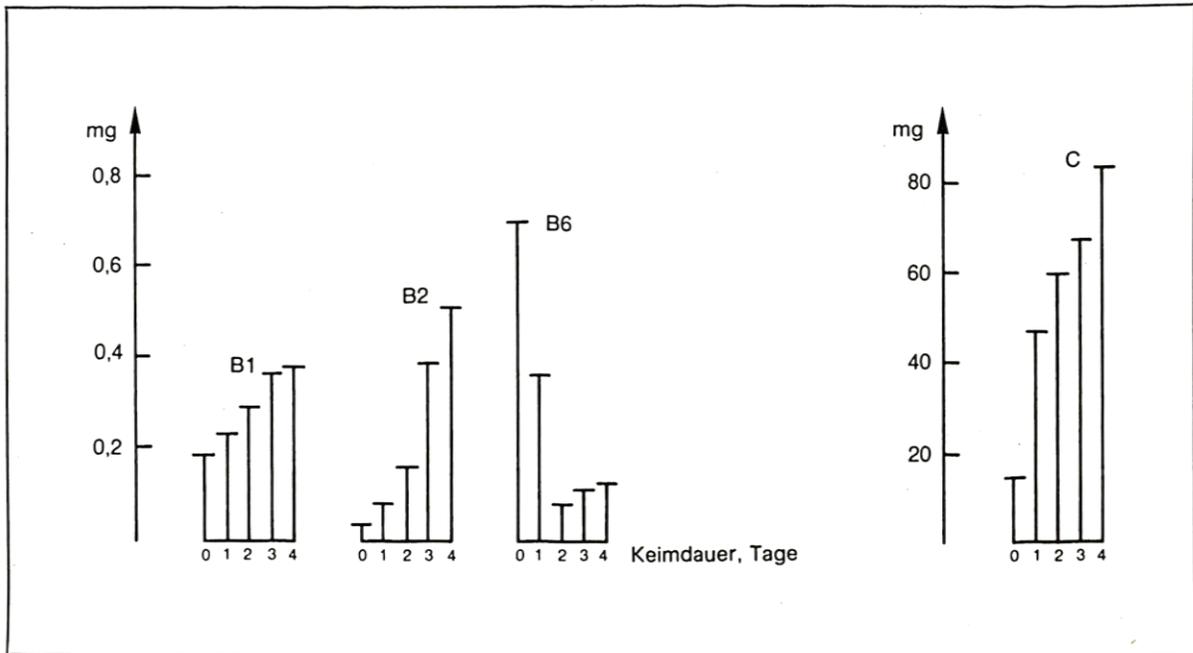
Fette werden mit Hilfe von Sauerstoff abgebaut. (Bustorf-Hirsch, 1997, S. 9) In besonders fettreicher Saat, von z.B. Sonnenblumen steigt der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Laufe der Keimung. Das Linolsäuregehalt in Weizen erhöht sich um bis zu 50% im Vergleich zur ungekeimten Saat. (Holzapfel, 2007, S. 93)

In einigen Sprossen findet sogar eine Veränderung des Aminosäureprofils zugunsten der begrenzenden Aminosäuren statt. Dies ist zum Beispiel bei Mungobohnen und den darin enthaltenen Aminosäuren Cystein und Methionin, sowie bei Weizen und der darin enthaltenen Aminosäure Lysin der Fall. (Ternes et al. 2005, S. 938) "Lysin nimmt im Weizen während des Keimprozesses um 51% zu. (Holzapfel, 2007, S. 93)

Durch eine Neusynthese der Vitamine bei der Keimung erhöht sich der Vitamingehalt. Laut Bänziger erhöht sich der Vitamin A Gehalt der Mungobohnen um 208%, Vitamin B1 um 285%, Vitamin B2 um 515 %, Vitamin B3 um 256 % und Vitamin C sogar unbegrenzt. Sprießt Getreide, erhöht sich der Vitamingehalt um 50 - 600 % je nach Getreideart, bei Linsen ist der Vitamin B12 Gehalt nach vier Tagen Keimzeit verfünffacht. (Bänziger, 1999, S. 16-18)

Ebenfalls starke Veränderungen in den Vitamingehalten von Mungobohnen und Weizen während der Keimung stellten Harmuth-Hoene und Bognar fest. Wie in Abb.

2. ersichtlich, nimmt der Anteil an Vitamin B1, B2 und C bei Mungobohnen stark zu und lediglich Vitamin B6 verliert an Gehalt.

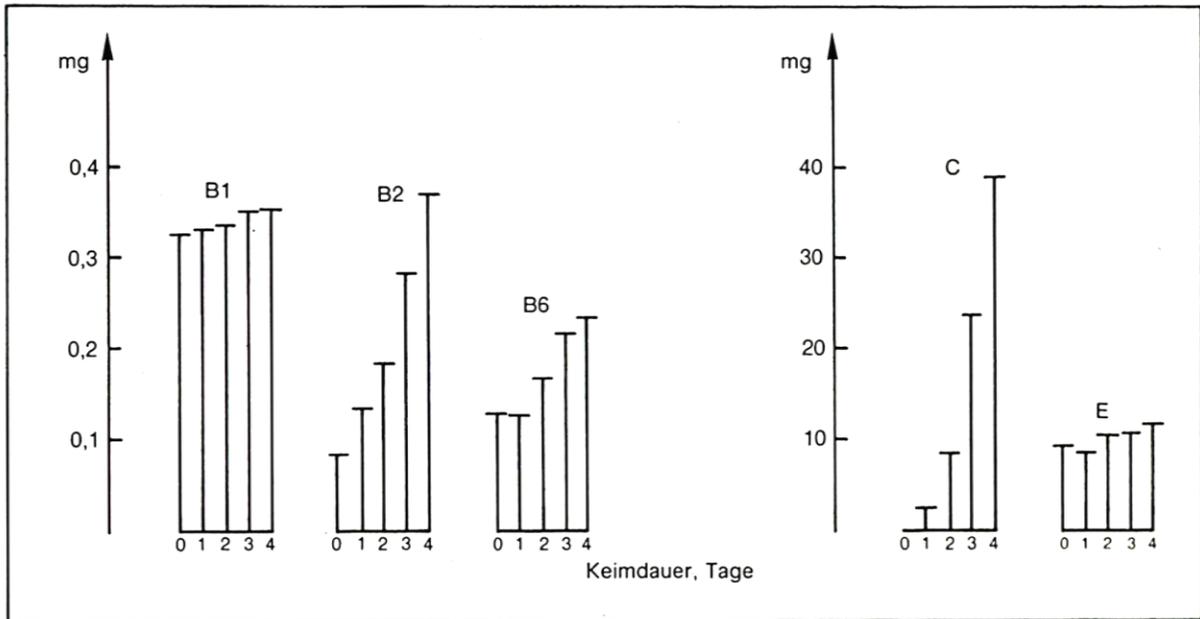


**Abbildung 2 : Gehalt an Vitaminen in Mungobohnen in Abhängigkeit von der Keimdauer, bezogen auf 100g ungekeimtes Ausgangsmaterial,**

Quelle: (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 358-359)

Shohag, Wie und Yang wiesen kein Vitamin C in Mungbohnen Saat nach, dies ändert sich jedoch während der Keimung. Bis zum vierten Tag nahm der Gehalt des natürlichen Antioxidans zu und erreicht je nach Mungbohnenart 27.7 bzw. 25.2 mg/100 g Frischgewicht. (Shohag, Wie, Yang, 2012, S. 9140), Guo et al. ermittelten am 8. Tag der Keimung von Mungbohnen sprossen einen Vitamin C Gehalt von 21.6 mg in 104g Sprossen. ( Guo et al., 2012, S.11050)

Abbildung 3 zeigt die Veränderung des Vitamingehalts von Weizen während einer Keimdauer von 4 Tagen. Hier wird eine Zunahme an Vitamin B1, B2, B6, C und E deutlich. (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 358-359)



**Abbildung 3: Gehalt an Vitaminen in Weizen in Abhängigkeit von der Keimdauer, bezogen auf 100g ungekeimtes Ausgangsmaterial**

Quelle : (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 358-359)

Unter den Leguminosen weisen die Sprossen von Soja- und Mungobohnen einen erhöhten Folatgehalt im Vergleich zu der Saat auf. Je nach Sorte erhöht sich der Folatgehalt in Sojabohnen am dritten Tag der Keimung um das 3,5- 3,7-Fache, was einem Folatgehalt von 815.2 und 759.5  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  Frischgewicht entspricht. In Mungobohnen steigt der Folatgehalt am 4. Tag der Keimung um das 3.9- 4.3 Fache auf einen Maximalgehalt von 690.89 und 633.9  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  Frischgewicht. Ab dem fünften Tag nahm der Gehalt an Folat in beiden Sprossenarten ab. (Shohag, Wie, Yang, 2012, S. 9140)

## 8. Mikrobielle Belastung von Sprossen und Keimlingen

### 8.1 Der Keimgehalt von Sprossen

Untersuchungen des BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) aus dem Jahr 2009 zeigen, dass sich Keime in fertig verpackten Sprossen rasant vermehren und am Ende des Mindesthaltbarkeitsdatums eine sehr hohe Keimbelastung vorliegt. Proben, die am Ende des MHD untersucht wurden, wiesen Keimzahlen von mehr als  $2,0 \times 10^{10}$  KbE/g auf. ( BfR, 2011c) Untersuchungen des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit aus den Jahren 2008 bis 2010 zeigen ähnliche hohe Ergebnisse. Getestet wurden fertig verpackte Mungobohnensprossen am Tag des Verbrauchsdatums, oder gegebenenfalls auch des MHD, nach Lagerung bei angegebener Maximaltemperatur. Die ermittelten Koloniezahlen lagen überwiegend bei  $10^7$  bis  $10^8$  KbE/g, vorwiegend handelte es sich um Pseudomonaden und Enterobacteriaceen. E.coli konnte wiederum nur in einer Probe in größerer Anzahl von  $10^3$  KbE/g nachgewiesen werden, Salmonellen und Listeria monocytogenes waren nicht nachweisbar. ( Gerhard, 2011, S. 180-181)

Während der Kühlung bei  $10^\circ\text{C}$  steigen die Keimzahlen ebenfalls an. Nach Untersuchungen des BfR an Mungobohnensprossen, die vier Tage gelagert wurden, erhöhen sich die Gesamtkeimzahl von  $10^7$  auf ungefähr  $10^9$  pro Gramm. (BfR, 2011c) Die Gesamtkeimzahl steigt jedoch schon während des Keimprozesses unter aeroben Bedingungen auf Werte zwischen  $10^6$  und  $10^8$  pro Gramm an. Nach einer 24-stündigen Keimung von Rettichsprossen wurde bereits eine Zunahme von E.coli O157:H7 um vier bis fünf Zehnerpotenzen nachgewiesen. Bei Alfalfasprossen wurde nach drei Tagen Keimzeit ebenfalls eine hohe Gesamtkeimzahl von über  $10^8$  pro Gramm nachgewiesen. Die gleiche Probe enthielt außerdem  $10^7$  coliforme Bakterien, sowie  $10^5$  Mikrokokken. (Holzapfel, 2007,S. 94-95) Nach einer viertägigen Keimung von Mungobohnen erhöhte sich die Gesamtkeimzahl von  $10^4$ / g auf ungekeimter Saat auf  $5 \times 10^9$ / g Sprossen. Bei Weizen nahm die Gesamtkeimzahl von  $9 \times 10^5$  auf  $7 \times 10^8$ /g zu. (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 359)

In einer Untersuchung aus der Schweiz wurden Sprossen mit 1 KbE Salmonellen pro 25 g künstlich versetzt und bei Raumtemperatur gelagert. Nach 48 Stunden betrug die Anzahl an Salmonellen bereits  $5 \times 10^6$  KbE/g . Eine Lagerung bei 4°C reduzierte zwar das Wachstum der Salmonellen, aber sie erreichten immer noch  $6 \times 10^3$  KbE/g. Folglich können sowohl die Lagerung bei falschen Temperaturen, sowie auch eine zu lange Lagerung von kontaminierten Sprossen das mikrobielle Risiko erhöhen. (Brankatsch, 2011, S.44- 45) Die starke Vermehrung der Bakterien in diesem Stadium wird vor allem auch durch die erhöhte Permeabilität der Zellmembran begünstigt, da die vermehrt freigesetzten Nährstoffe während des Keimprozesses an die Oberfläche gelangen und den Bakterien hier zunehmend zur Verfügung stehen. (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 359) Hinzu kommt die Vergrößerung der Oberfläche, durch eine Zunahme des Volumens, die eine größere Fläche zur Kolonisierung durch Bakterien zur Verfügung stellt. (Bomar, 1987, S. 227)

Ob eine Gesundheitsgefahr bei Verzehr der rohen Sprossen für den Verbraucher besteht, hängt allerdings vor allem davon ab, ob auch pathogene Mikroorganismen vorhanden sind. (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 362)

Mikroorganismen kommen natürlicher Weise in und auf fast allen Lebensmittel vor. Vor allem Bakterien, Hefen und Schimmelpilze sind in Lebensmitteln auf Grund ihrer geschmacklichen und konservierenden Eigenschaften sogar ausdrücklich erwünscht. (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2012, S. 237)

Durch eine amerikanische Studie konnte außerdem nachgewiesen werden, dass auch trotz geringer Ausgangsbelastung mit pathogenen Keimen während des Keimungsvorganges, hohe Keimzahlen erreicht werden. Auf Alfalfasprossen ließen sich Keimdichten von  $10^2$  bis  $10^3$  bzw.  $10^2$  bis  $10^4$  nachweisen, obwohl sie aus gering belasteter Saat hergestellt wurden. (Holzapfel, 2007, S. 95)

## **8.2. Welche Schritte stellen vor-, während- und nach der Produktion ein mikrobielles Risiko dar?**

Die Saat, die später für die Keimung genutzt wird, kann schon vorher mit Krankheitserregern wie Salmonellen oder E.coli kontaminiert werden. Dabei ist Tierkot eine der Hauptkontaminierungsquellen.

Sowohl durch Vogelkot, als auch in Stallung, der als Düngemittel für die Felder eingesetzt wird, können die Erreger übertragen werden. (Wood, 200, S. 16) Dies kommt vor allem bei Saat vor, die auf gleichen Feldern sowohl für den menschlichen Verzehr-, als auch für die Herstellung von Futtermitteln angebaut wird und hier kein Unterschied bei der Saatproduktion gemacht wird. (Scholthof, 2003, S. 167) Tierkot, der als Dünger genutzt wird, kann zum Beispiel mit den Bakterien *Campylobacter* spp. and *Salmonella*spp. kontaminiert sein. (Chung et al., 2013, S. 267)

Kot von Nagern, die das gelagerte Saatgut verzehren, kann ebenfalls kontaminiert sein und mit der Saat in Berührung kommen. (Wood, 2000, S. 16) Wird die Saat auf einem Feld angebaut, auf dem wilde Tiere grasen können, stellt dies auch ein mikrobielles Risiko dar, da kontaminierte Fäkalien in den Boden gelangen und dort lange überleben können. Die Bakterien *Salmonella* spp. and *E. coli* O157:H7 überleben in Fäkalien und im Boden bis zu mehreren Monaten. (Chung et al., 2013, S. 267)

Weitere Risiken auf dieser Produktionsstufe stellen kontaminiertes Wasser für die Feldberegnung und nicht ausreichend gereinigte Maschinen zur Saatverarbeitung, zum Beispiel Geräte zur Trennung von Saaten, dar. (Wood, 2000, S. 16)

Durch die optimalen Wachstumsbedingungen für Bakterien während der Keimung ist auch bei geringen Kontaminationen der Saat mit pathogenen Bakterien eine starke Vermehrung von zum Beispiel *E.coli* und Salmonellen zu erwarten. Die Keimbedingungen begünstigen ebenfalls die Verbreitung des Erregers in der kompletten Produktionscharge. (Gjerde et al., 2002, S. 124) Eine weitere Infektionsquelle kann auf dieser Produktionsstufe der direkte Kontakt der Saat mit infizierten Arbeitern sein. (Chung et al., 2013, S. 267)

Während der Sprossenproduktion kann es zu einer Kontamination der Sprossen durch verschiedene Faktoren kommen. Verunreinigtes Wasser, das zum Beregnen verwendet wird, kontaminiertes Waschwasser oder eine unzureichende Kühlung können das Bakterienwachstum begünstigen. Ebenso stellen die besonderen Keimbehälter ein mikrobielles Risiko dar, sodass hier Zwischenreinigungen durchgeführt werden sollten. (BfR, 2011c) Die Personalhygiene von Mitarbeitern stellt, wie bereits beim Saatanbau, auch während der Produktion ein Kontaminationsrisiko dar. (Chung et al., 2013, S.267)

Nach der Produktion können Faktoren wie der Transport der Sprossen, oder die Lagerbedingungen zu einer Kontamination mit Bakterien führen. (Chung et al., 2013, S. 265)

Werden Sprossen kühl gelagert, entsteht eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit, die eine Vermehrung von Bakterien und Pilzen fördert. (Holzapfel, 2007, S. 97) Das Bakterienwachstum bei der Lagerung wird außerdem durch eine relativ hohe Soll-Lagertemperatur von bis zu +7°C begünstigt. (Gerhard, 2011, S. 179) Es besteht ebenfalls das Risiko der Kontamination durch die Verarbeitungsschritte Waschen, Schneiden, Trocknen oder Verpacken der Sprossen nach der Ernte. (Brankatsch, 2011, S. 44)

## **9. Pathogene Keime auf Sprossen**

„Mangelnde Lebensmittelhygiene führt immer wieder zu Infektionen mit Salmonellen oder pathogenen Escherichia-coli-Stämmen wie (...) enterohämorrhagischen E.coli (EHEC), die insbesondere bei älteren oder geschwächten Patienten/innen tödlich verlaufen kann.“ (Munk, 2008, S.10) Die Nachweisrate von Salmonellen in Planproben nach den jährlichen Mitteilungen der Länder von 2007 bis 2010 zeigen, dass Salmonellen in Gemüsekeimlingen aus Deutschland, außer im Jahr 2009, in allen Jahren nachgewiesen werden konnten.

Probenzahl			
2007	2008	2009	2010
135	212	150	65
Salmonella Nachweisrate in % positive Proben			
2007	2008	2009	2010
2,22	5,66	Kein Nachweis bekannt	1,54

**Tabelle 7 Salmonella Nachweisrate in Planproben von Gemüsekeimlingen nach den jährlichen Mitteilung der Länder von 2007 bis 2010**

Nach : Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2012, S. 243

Am höchsten war die Nachweisrate 2008, als in 5,66% der Proben von Gemüsekeimlingen Salmonellen gefunden wurden. (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2012, S. 243)

Bei Untersuchungen von vier verschiedenen Produkten aus gekeimten Sprossen mit insgesamt 300 Proben in Norwegen konnten Escherichia coli O157, Salmonellen und Listeria monocytogenes nicht nachgewiesen werden. (Gjerde et al., 2002, S. 119)

Von 192 getesteten Sprossenprodukten aus Korea enthielt kein Produkt Escherichia coli O157 oder Salmonellen, jedoch wurde in einigen Sprossenmischungen das potenziell pathogene Bakterium E. sakazakii gefunden. (Beuchat et al., 2009, S. 856)

Sprossen aus Spanien wurden ebenfalls auf das Vorhandensein pathogener Keime untersucht. Von 15 Proben konnten Salmonellen auf vier Proben nachgewiesen werden, Listeria monocytogenes wurde auf zwei Sprossenproben entdeckt. E. coli O157 konnte hier nicht nachgewiesen werden. (Abadias et al., 2008, S. 121)

Die am häufigsten mit Sprossen assoziierten Krankheitsausbrüche, wie in Tabelle 6. ersichtlich, werden durch Salmonellen und E.coli Bakterien hervorgerufen. In den USA wurden zwischen 1996 und 2003 25 sprossenassoziierte Krankheitsausbrüche gemeldet. Davon wurden 19 Ausbrüche durch verschiedene Salmonellen Serotypen

ausgelöst und sechs Ausbrüche durch *E. coli* O157:H7 verursacht. Sprossen, die mit diesen Pathogenen kontaminiert sind, zeigen keine Veränderung des Aussehens, des Geruchs oder des Geschmacks. (FDA, 2004) Dadurch kann von scheinbar qualitativ einwandfreien Sprossen für den Verbraucher ein hohes Infektionsrisiko ausgehen.

## **9. 1 Enterohämorrhagische E.Coli (EHEC)**

Enterohämorrhagische *E.coli* sind in der Lage ein Enterotoxin, das Verotoxin, zu produzieren. Der bekannteste EHEC-Stamm- *E.coli* O157:H7 wächst nach Aufnahme durch den Menschen im Darm und bildet dort das Verotoxin. (Lazar,Thomm-Reitz, 2009, S. 1072) Nach einer Inkubationszeit von drei bis neun Tagen (Sinell, 2002, S. 202) führt das gebildete Verotoxin zu blutigem Durchfall, genannt Hämorrhagie, und Nierenversagen. Besonders häufig wird ein Nierenversagen durch diesen EHEC-Stamm bei Kindern festgestellt (Lazar, Thomm- Reitz, 2009, S. 1072), jedoch sind auch ältere Menschen stark gefährdet, das hämolytisch-urämische Syndrom, kurz HUS, auszubilden. Ein akutes Nierenversagen kann tödlich enden, oder bei Überleben zu schweren Nierenschäden führen.

Eine Infektion kann durch den Verzehr roher, fäkal verunreinigter Lebensmittel, wie Fleisch, Milch, Obst und Gemüse auftreten, aber auch bei unzureichender Erhitzung und Kreuzkontamination verzehrfertiger Speisen. (Wichmann- Schauer, 2010, S. 95) Da sich *E.coli* O157:H7 im Darm vermehrt und deshalb in Exkrementen gefunden wird, stellt es auch ein potenziell durch Wasser übertragbares Pathogen dar. (Lazar, Thomm- Reitz, 2009, S. 1073) Sowohl in Lebensmitteln, als auch in der Umwelt kann *E.coli* lange überleben. Bei unzureichender Kühlung erfolgt die Vermehrung des Erregers in Lebensmitteln. (Wichmann- Schauer, 2010, S. 95)

## 9.2 Salmonellen

Salmonellen gehören zu der Familie der Enterobacteriaceae. Sie vermehren sich bei Temperaturen von +7 °C bis +45°C. Je höher die Temperatur ist, desto schneller erfolgt die Vermehrung. (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2012, S.242) Durch Einfrieren können Salmonellen nicht abgetötet werden. (Grashoff, 2007, S. 264) Allerdings beginnen Salmonellen bei Temperaturen ab +60°C abzusterben.

Unterschieden werden, auf Grund der unterschiedlichen Eigenschaften, mehr als 2500 Salmonella Serovare (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2012, S. 242), von denen nur 20 bis 30 als Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen eine Rolle spielen. (Grashoff, 2007, S. 264) Infektionen durch Enteritis Salmonellen

(Salmonella Enteritidis- Infektionen) führen beim Menschen meist zu Durchfallerkrankungen. Besonders gefährdet sind Kinder unter fünf Jahren, da ihr Immunsystem noch nicht vollständig entwickelt ist, sowie Personen mit geschwächtem Immunsystem durch hohes Alter, Vorerkrankungen oder Schwangerschaft, also alle Personengruppen der YOPIs.

Die Übertragung von Enteritis Salmonellen erfolgt hauptsächlich über Lebensmittel, selten über den Kontakt zu infizierten Menschen oder Tieren. (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2012, S. 242) Die minimale Infektionsdosis bei erwachsenen Menschen beträgt  $10^5$  bis  $10^6$  lebende Erregerzellen je g Lebensmittel, bei YOPIs können jedoch bereits geringere Anzahlen zu einer klinischen Erkrankung führen. (Sinell, 1989, S.42) Bei Personen mit einem geschwächten Immunsystem wurden Erkrankungen schon bei Infektionsdosen unter 100 Keimen beobachtet. Abhängig von der aufgenommenen Dosis des Erregers beträgt die Inkubationszeit 5- 72 Stunden. (Grashoff, 2007, S. 264) Ist das Stadium der klinischen Erkrankung überwunden können Patienten/innen zu symptomlosen Dauerausscheidern werden, die über Wochen oder Monate hinweg, ständig oder schubweise Erreger mit Sekreten und Exkreten ausscheiden. (Heeschen, 1989, S. 42) Wie auch E.coli besitzen Salmonellen die Fähigkeit lange in Lebensmitteln und der Umwelt zu überleben. (Wichmann-Schauer, 2010, S. 95) Im Jahr 2006 wurden in Deutschland im Zusammenhang mit Salmonellosen 47 Todesfälle bestätigt. Bei den Betroffenen

handelte es sich um Männer und Frauen zwischen 50 und 93 Jahren. (Grashoff, 2007, S. 265)

## **10. Verfahren zur Reduktion der mikrobiellen Belastung auf Saat und Sprossen**

Zur Reduktion der mikrobiellen Belastung von Sprossen, oder auch dem Ausgangsmaterial, der Saat, können verschiedene Methoden, wie physikalische-, chemische-, oder biologische Verfahren, genutzt werden. (Chung et al., 2013, S. 266) Eine Kombination verschiedener Methoden, gleichzeitig oder nacheinander, kann die Desinfektionswirkung weiter verstärken. (Ding, Fu, Smith, 2013, S. 495) Die Saat ist jedoch einfacher zu behandeln als die Sprossen, da eine geringere Ausgangsbelastung vorliegt, sich weniger Fremdkörper auf Saat befinden, als auf Sprossen und die Saat resistenter gegenüber Behandlungen ist. Außerdem kann es durch den Keimvorgang dazu kommen, dass Erreger über die Wurzeln in das Gewebe der Sprossen gelangen und somit eine Oberflächendesinfektion nur eingeschränkt wirksam ist. (FDA, 2004) Dies bestätigen auch Studien aus den Jahren 1998 und 2001, in denen herausgefunden wurde, dass Bakterien in der Lage sind, in die Sprossen einzudringen (Entis, 2007, S.138) Eine Desinfektion der Sprossen wird auch durch die Biofilmbildung während der Keimung auf der Sprossenoberfläche erschwert. Die antimikrobielle Wirkung von Desinfektionsmitteln wird durch den Biofilm eingeschränkt. Die FDA empfiehlt Sprossenproduzenten die Anwendung vorbeugender Maßnahmen, die in den „Best Practices“ zusammengefasst sind, um eine starke Vermehrung von Bakterien auf Saat und Sprossen zu verhindern. Zu den einzelnen Produktionsschritten, von der Annahme der Saat oder Sprossen, über die Keimung, bis hin zur Lagerung der Sprossen, werden Kontaminationsquellen und mögliche Kontrollmaßnahmen beschrieben.

Die FDA empfiehlt zudem den Einsatz von Behandlungsmethoden, die eine Reduktion der pathogenen Bakterien um 5 log Stufen auf der Saat bewirken, um die Lebensmittelsicherheit der daraus gezogenen Sprossen zu gewährleisten. Als Behandlungsmethode wird die Desinfektion der Saat mit 20,000 ppm Calcium

Hypochlorit empfohlen. (FDA, 2004) Viele Studien beschäftigen sich jedoch mit alternativen Methoden zur Verringerung des mikrobiellen Risikos durch Sprossen.

## **11. Vor- und Nachteile der zur Verfügung stehenden Behandlungsmethoden zur Verringerung der mikrobiellen Belastung von Sprossen**

### **11.1 Physikalische Methoden**

Frias et. al. untersuchten die Auswirkungen von Hochdruckbehandlungen auf die mikrobielle Belastung von Mungobohnen- und Alfalfasaat. Ein kombiniertes Verfahren aus Druck (100- 400 MPa), Temperatur (10°C- 40°C) und Anwendungszeit (5- 15 min.) wurde hinsichtlich der Reduktion der aeroben Gesamtkeimzahl, der Gesamtzahl Coliformer Keime, fäkaler Coliforme Keime, sowie Hefen und Schimmelpilze getestet. Als optimale Methode wurde für Alfalfasaat eine Kombination aus 100 MPa bei 40°C und einer Dauer von 10 Minuten ermittelt. Bei Mungobohnen war es bei gleicher Temperatur und Dauer ein Druck von 250 MPa. Unter diesen Bedingungen wurde die Keimfähigkeit zwar nicht reduziert, jedoch konnte auch keine mikrobielle Sicherheit erreicht werden, das heißt, es wurde nie eine Keimreduktion von 5log erzielt. Durch die Erhöhung des Druckes wurde eine stärkere Reduktion der Mikroorganismen erreicht, allerdings führte dies auch zu einer Abnahme der Keimfähigkeit. (Frias et. al., 2008, S. 698– 705)

Der Einsatz von hydrostatischem Druck und trockener Hitze auf mit Salmonellen und E.coli O157:H7 kontaminierter Alfalfasaat war effektiver. Durch eine 10 Tägige Behandlung der Saat bei 65°C konnte eine Reduktion beider pathogener Mikroorganismen um 5 log Stufen erreicht werden. Gleiche Ergebnisse wurden durch eine 24-Stündige Hitzebehandlung bei 70°C beobachtet. Ist die Saat 10 Tage lang Temperaturen von 65°C ausgesetzt, hat dies zwar keinen negativen Einfluss auf die

Keimfähigkeit der Saat, jedoch auf die Gesamtausbeute, die um 21% geringer ist, als bei unbehandelter Saat. Durch Kombination mit hydrostatischem Druck von 600 MPa werden bei Temperaturen von 60°C und 65°C schon Reduktionen der Mikroorganismen von 5 log nach 24, bzw. 12 Stunden erreicht, allerdings ist auch hier die Ausbeute deutlich verringert (um 20%). Mildere Hitzebehandlungen bei 55°C und 60°C für 10 Tage hatten eine Reduktion der Bakterien von 1,6 log KbE/g und 2,2 log KbE/g zur Folge. (Chen, Neeto; 2011, S. 119- 127) Das kurze Spülen von Mungobohnensprossen mit 60°C warmem Wasser hatte keine nennenswerte Reduktion der Mikroorganismen zur Folge. Eine Reduktion der Gesamtkeimzahl von  $10^8/g$  auf  $10^6/g$  kann durch Spülen mit 90°C warmem Wasser oder fünf minütigem Eintauchen in 60°C warmes Wasser erreicht werden. Eintauchen in 90°C warmes Wasser für fünf Minuten reduziert die Bakterienzahl auf  $10^3/g$ . (Bomar, 1987, S. 228) Das eine Hitzebehandlung alleine nicht ausreichend ist, um pathogene Keime auf der Saat vollständig abzutöten, fanden auch Bari et. al. heraus. Durch eine 24-stündige Behandlung bei 50°C konnte E.coli O157:H7 auf Mungobohnen um 3 log reduziert werden, auf Radieschensaat waren es sogar 5 log. Auf Brokkoli- und Alfalfasaat konnten bereits nach 17 Stunden Behandlung bei gleicher Temperatur keine E.coli Bakterien mehr nachgewiesen werden. Positiv ist auch, dass diese Methode die Keimrate und das Aussehens der Sprossen nicht beeinträchtigte. Nach der Keimung wurden auf den Sprossen allerdings wieder hohe Anzahlen von E.coli- Bakterien von 7 log KbE/g Sprossen nachgewiesen. Eine vollständige Abtötung bzw. Inaktivierung der Keime auf der Saat fand folglich auch durch diese Methode nicht statt. ( Bari et. al., 2009, S. 631– 636)

Kalantari, Khalid und Pao berichten hingegen von einer möglichen vollständigen Abtötung von Salmonella enterica auf Sprossen durch den Einsatz von Heißwasserbehandlungen. Durch Eintauchen von Alfalfasprossen in 70°C heißes Wasser für 10 Sekunden, oder 100°C heißes Wasser für drei Sekunden können Salmonella enterica vollständig abgetötet werden. Bei Mungobohnensprossen erzielt man das gleiche Ergebnis durch eine Verlängerung der Zeit, zum Beispiel bei 70°C auf 20 Sekunden. Bei Temperaturen von 100°C werden lediglich 5 Sekunden für eine

vollständige Abtötung der Salmonellen benötigt. Der Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften und Nährwert der Sprossen wird in dieser Studie allerdings nicht behandelt. (Kalantari, Khalid, Pao, 2008, S. 335– 342) Die Auswirkungen auf die Gesamtkeimzahl von Mungobohnen -und Weizensprossen untersuchten Bogar und Harmuth-Hoene mit zwei unterschiedlichen Methoden der Heißwasserdesinfektion. Die Mungobohnen wurden drei Tage lang gekeimt und enthielten danach Gesamtkeimzahlen von  $10^8$  KbE/g Keimgut. Zur Reduktion der mikrobiellen Belastung wurden die Sprossen entweder mit 90°C heißem Wasser kurz übergossen, was zu einer Reduktion auf  $10^7$  KbE/g führte, oder sie wurden für fünf Minuten in 90°C heißes Wasser getaucht, was die Keimzahl auf  $10^5$  KbE/g verringerte. Bei einer gleichen Ausgangsbelastung hatten die Behandlungen bei den Weizensprossen einen geringeren Effekt, sodass die Keimzahl nie unter  $10^6$  KbE/g sank. Gleichzeitig wurde der Einfluss der Behandlungen auf den Gehalt des hitzeempfindlichen Vitamin C getestet. Bei intensiver Erhitzung (fünf Minuten bei 90°C) nahm der Vitamin C Gehalt der Mungobohnensprossen auf 41 % -, bei Weizensprossen auf 48-67% ab. Das Übergießen mit Heißwasser führte bei Mungobohnensprossen zu einer Reduktion des Vitamin C Gehalts auf 75%, in den Mungobohnensprossen blieben sogar 81-98% enthalten. (Bognar, Harmuth- Hoene, 1988, S. 361- 362) Die Heißwasserbehandlung von Saat ist nach Bari et. al. geeigneter um eine Reduktion von Keimen zu erzielen, als die von der FDA empfohlene Behandlung mit Calciumhypochlorit. Kommt es durch das Eintauchen von Mungobohnen für 10 Sekunden in 85°C heißes Wasser zu einer Reduktion von E.coli O157:H7 und Salmonellen um 2,8 log und 3,2 log, wird durch 20- minütiges Eintauchen in 20.000 ppm Calciumhypochloritlösung nur eine Reduktion von 2,5 log und 2,7 log erreicht. (Bari et. al., 2010, S. 752- 756)

Im Allgemeinen setzen Hitzebehandlungen den gesundheitlichen Wert von Sprossen herab. Bereits ab Temperaturen von 41°C denaturiert das Eiweiß in den Keimlingen. Bei sehr hohen Temperaturen können sogar Verluste essentieller Aminosäuren entstehen. Neben Verlusten von hitzeempfindlichen Vitaminen, wie Vitamin C und E (Aicher, 1989, S. 15), geht bei der Behandlung mit Heißwasser auch ein Teil der

wasserlöslichen Mineralstoffe verloren. (Bognar, Harmuth-Hoene, 1988, S. 360) Außerdem können wertvolle, sauerstoffübertragende Enzyme durch Hitze zerstört werden. (Aicher, 1989, S. 15) Des Weiteren wird die Grenze der Hitzebehandlung bei Sprossen schnell erreicht, da Dekontaminationsverfahren vor allem eine einwandfreie Beschaffenheit des Produktes gewährleisten müssen. (BfR, 2012c)

Bei einer Kombination von Hitzebehandlung bei 50°C für 17 Stunden und Bestrahlung von 1 kGy auf Mungobohnen, Alfalfa-, Radieschen- und Brokkolisaat konnte eine Abtötung der E.coli Population von 5,0 log KbE/g erreicht werden. Ein negativer Effekt auf die Mungobohnen war jedoch, dass die nach der Keimung entstehenden Sprossen um 50% kürzer waren als die Sprossen der Kontrollgruppe. Die anderen Saaten wurden in ihrer Sprossenlänge nicht negativ beeinflusst. Bei Brokkoli- und Alfalfasaat reicht zur vollständigen Eliminierung der Pathogenen bereits eine Bestrahlung von 0,25 kGy bei gleicher Temperatureinwirkung. (Bari et. al. 2009, S. 631– 636) Fan et. al. stellten ebenfalls einen nachteiligen Effekt der Bestrahlung auf die Länge von Sojasprossen fest. Während bei einer Gammabestrahlung von 0,3 kGy noch keine Beeinträchtigung der Keimfähigkeit und der Sprossenlänge nachzuweisen ist, nimmt die Beeinträchtigung bei stärkerer Bestrahlung deutlich zu. Bestrahlungen der Saat mit 1,0 kGy und 3,0 kGy verringern die Länge der entstehenden Sprossen um 20,4% und 58,8%, die Keimfähigkeit sinkt auf 72% und 50%. Positiv ist allerdings, dass bestrahlte Sprossen die gleiche visuelle und olfaktorische Qualität aufweisen, wie unbehandelte Sprossen. ( Fan et. al, 2013, S. 106- 111) Dies bestätigen auch Ergebnisse von Bandekar et. al., die Sprossen nach Bestrahlung 16 Tage lang bei 8°C Lagertemperatur beobachteten. Die Haltbarkeit der Sprossen wurde durch Bestrahlung mit 2 kGy um zwei Tage verlängert, ohne die sensorische Qualität zu beeinflussen. (Bandekar et. al, 2012, S. 620– 626) Außerdem steigt durch Bestrahlung mit 3,0 kGy der Phenolgehalt in den Sprossen um 19,2% an und die Synthese von Antioxidantien ist erhöht. Dahingegen nimmt der Vitamin C Gehalt in Sprossen ab. ( Fan et. al, 2013, S. 106-111). Bei der Bestrahlung mit 1 kGy und 2 kGy konnten Bandekar et. al. allerdings keine Abnahme des Vitamin C Gehalts in Sprossen feststellen. Die aerobe Gesamtkeimzahl, Coliforme Keime, sowie Hefen

und Schimmelpilze konnten durch den Einsatz von Bestrahlung reduziert werden. (Bandekar et. al, 2012, S. 620– 626)

In Deutschland ist die Bestrahlung von Lebensmitteln, trotz gesundheitlicher Unbedenklichkeit, bereits seit 1989 verboten, einzige Ausnahme bilden Gewürze, bei denen eine Bestrahlung seit 1999 erlaubt ist. (Ehlermann, 2002, S. 313) Es herrscht immer noch eine generelle Strahlenverdrossenheit der Bevölkerung, die zusätzlich durch Fehlinformationen genährt wird. Durch die Zurückhaltung der Lebensmittelindustrie, auch in Ländern, in denen Bestrahlung für Lebensmittel zugelassen ist, wurde von den Trägern politischer Entscheidungen die Schlussfolgerung gezogen, dass keine technologische Notwendigkeit des Verfahrens besteht.

Der Einsatz von Bestrahlung hat jedoch einige Vorteile, wie eine längere Haltbarkeit, geringere Verluste und einer besseren Lebensmittelqualität. Hinzu kommt, dass Bestrahlung keine Rückstände hinterlässt, was sie für biologisch und ökologisch erzeugte Produkte besonders geeignet macht. Ein weiterer Vorteil ist, dass Bestrahlung mit 10 kGy in Wasser nur eine Temperaturerhöhung von 2,5 K hervorruft. Werden industriell hergestellte Lebensmittel nicht mehr erhitzt oder aufgewärmt, können auf diese Weise strahlenempfindliche, nicht-sporenbildende Pathogene, wie auch Salmonellen oder E.coli O157:H7, bekämpft werden. (Eichner, Heiss, 2002, S. 281- 283) Dies ist besonders bei der Dekontamination der hitzeempfindlichen Sprossen von Vorteil.

## **11.2 Chemische Methoden**

Die Wirkung der von der FDA empfohlenen Desinfektion der Saat mit einer Calcium-Hypochlorit-Lösung wurde in mehreren Studien getestet. Durch eine 20-Minütige Anwendung auf Radieschen- und Alfalفاsaat, die mit E.coli O157:H7 und Salmonellen kontaminiert waren, konnte eine 2,0 - 3,0 log Reduktion beider Bakterienarten erzielt werden. (Enomoto et al, 2011, S. 1089- 1094) Auf Mungobohnensaat führte diese Methode zu einer Reduktion von 2,5 log der E.coli- Population und 2,7 log der Salmonellen-Population. (Bari et. al., 2010, S.752- 757) Negativ ist, neben der nicht

ausreichenden Abtötung der Bakterien, auch ein, von Calciumhypochlorit ausgehendes Risiko für Umwelt und Arbeitssicherheit. (Ding, Fu, Smith, 2013, S. 495)

Ozturk et. al. untersuchten den Einfluss von zwei chemischen Desinfektionsmitteln, NaOCl in Konzentrationen von 100,200 und 400 ppm und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in Konzentrationen von 3% und 6%, auf die Populationen von E.coli, Salmonellen und Staphylococcus aureus auf Weizensprossen. E.coli konnte durch die Anwendung jeglicher Konzentrationen beider Chemikalien vollständig abgetötet werden (E.coli <10<sup>1</sup> log KbE/g). Salmonellen und Staphylococcus aureus konnten durch NaOCl (200 und 400 ppm) und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (6%) zwar reduziert, jedoch nicht vollständig abgetötet werden. Niedrigere Konzentrationen führten zu keiner signifikanten Reduktion der Keimzahlen. Die höchste Desinfektionswirkung zeigte NaOCl in einer Konzentration von 400ppm, ohne einen negativen Einfluss auf die Keimfähigkeit der Saat auszuüben. Ein positiver Effekt auf die Sprossenlänge konnte bei allen Konzentrationen außer 400ppm NaOCl festgestellt werden. (Ozturk et. al., 2011, S. 503- 508) Ein Verfahren, bei dem Brokkolisprossen mit einer Lösung aus 50 ppm ClO<sub>2</sub> (wässrige Chlordioxid-Lösung) und 0,5% Fumarsäure behandelt wurden, führte sowohl zu einer Reduktion der areoben Gesamtkeimzahl, Coliformer Keime und Hefen und Schimmelpilze, als auch zu einer Reduktion von pathogenen Bakterien. E.coli konnte um 2,39 log KbE/g reduziert werden, Salmonellen und Listeria monozytogenes um 2,74 log KbE/g beziehungsweise 2,65 log KbE/g. (Kim, Kim, Song; 2009; S. 1002-1005) Die Reduktion der Pathogenen, die durch Behandlung der Sprossen durch 0,5% Fumarsäure auf Sprossen entsteht, reicht allerdings ebenfalls nicht aus um ein Infektionsrisiko für YOPIs auszuschließen.

Organische Säuren als Desinfektionsmittel, wie Essig- oder Zitronensäure, wurden von Enomoto et al. getestet. Der Einsatz gashaltiger Essigsäure für 20 Minuten hatte eine Reduktion von E.coli O157:H7 und Salmonellen um mehr als 5 log – Stufen zur Folge, ohne dabei das Keimvermögen der Saat zu beeinträchtigen. Eine 48- Stündige Behandlung der Saat reduzierte E.coli so stark, dass kein Nachweis mehr möglich war. Salmonellen konnten durch dieses Verfahren jedoch nicht vollständig abgetötet

werden. (Enomoto et al, 2011, S.1089- 1094) Eine Untersuchung der gekeimten Sprossen auf Bakterien fand jedoch nicht statt.

Unter Einsatz von Essigsäure konnten Salmonellen auf Alfalfa- und Mungobohnensprossen vollständig abgetötet werden. Zitronensäure war hingegen für eine Desinfektion ungeeignet und hatte keine Auswirkungen auf die Salmonellenpopulation. (Kalantari, Khalid, Pao, 2008, S. 335– 342) Die Behandlung mit einer wässrigen Chloridlösung (Konzentrationen: 10, 25, 50 mg/L), sowie ozonisiertem Wasser (Konzentrationen: 4,60 ; 9,27; 14,3 mg /L) hatten keine ausreichende Abtötung von E.coli O157:H7 auf Alfalfasaat zur Folge, sodass nach 72 Stunden Keimung eine E.coli Population von 7,8- 8,2 log KbE/g auf den Sprossen nachgewiesen werden konnte. Beide Methoden, die von Bhunia, Singh und Singh untersucht wurden, hatten keinen negativen Einfluss auf die Keimfähigkeit der Saat. (Bhunia, Singh, Singh, 2003, S. 235– 243)

Bislang sind chemische Verfahren zur Dekontamination von Lebensmitteln in der EU nicht zugelassen. Die Zulässigkeit des Einsatzes dieser Verfahren wird aktuell in der EU-Entscheidungsebene diskutiert. Der Vorschlag der EU- Kommission, vier antimikrobielle Stoffe, u.a. Chlordioxid, für die Dekontamination von Geflügelfleisch zuzulassen, wurde bislang allerdings nicht von den Mitgliedsstaaten unterstützt. Besonders kritisch wird die mögliche Resistenzentwicklung von Bakterien gegen die eingesetzten Substanzen gesehen, sowie mögliche Resistenzbildung gegen Antibiotika. (BfR, 2012b) Prinzipiell fallen chemische Dekontaminationsmittel unter die Definition „Biozidprodukte“ gemäß der Biozid-Verordnung. Die Biozid-Verordnung enthält keine Produktgruppen für Dekontaminationsmittel die in oder auf Lebensmittel angewendet wird. Allerdings fallen Biozidprodukte, die als Verarbeitungshilfsstoffe klassifiziert und eingesetzt werden, nicht in den Geltungsbereich der Biozid-Verordnung. Bestimmte Chlorverbindungen zum Waschen pflanzlicher Lebensmittel werden zum Beispiel als Verarbeitungshilfsstoff eingesetzt. Trotzdem müssen auch hier die Höchstmengen an Pestizidrückständen eingehalten werden, die in der Rückstandshöchstmengenverordnung festgelegt sind. (BfR, 2012c)

### **11.3 Biologische Methoden**

Dunfield et. al nutzten zur Reduktion von Salmonellen auf keimenden Mungo- und Alfalfasprossen antagonistische Bakterien und lytische Bakteriophagen. Waren auf Mungobohnen anfangs 7,5 log KbE/g Salmonellen enthalten, konnten diese nach dem Verfahren nur noch durch Anreicherung nachgewiesen werden. Auch während der weiteren Keimung zwischen 20°C und 30°C wurde das Salmonellenwachstum gleich effektiv kontrolliert, unabhängig von der Temperatur.

Bei Ausgangskeimzahlen von ebenfalls 7,5 log KbE/g auf Alfalfasprossen konnten die Salmonellen durch das gleiche Verfahren hier vollständig abgetötet werden. Auch durch eine Anreicherung haben sich die Salmonellen nicht wieder erholt. Diese Methode hatte keine negativen Effekte auf die Ausbeute, sowie auf das Aussehen der Sprossen. (Dunfield et al., 2010, S. 9- 17)

Einen anderen Ansatz verfolgten Bennik et al., die Bacteriocin-bildende Bakterien einsetzten um das Wachstum von *Listeria monocytogenes* auf Mungobohnen, die unter Schutzatmosphäre kühl gelagert wurden, zu kontrollieren. *Enterococcus mundtii* produzierte das Bacteriocin Mundticin, das zwar auf sterilem Medium in der Lage war das Wachstum des Bakteriums zu hemmen, nicht aber auf Frischware. Der Einsatz von *Enterococcus mundtii* als Konservierungsmittel ist dennoch denkbar, zum Beispiel als Beschichtung oder in einem Waschschrift während der Produktion. (Bennik et al., 1999, S. 226)

### **11.4 Kombinierte Methoden**

Die Kombination einer Hitzebehandlung und der chemischen Desinfektionsmittel Oxalsäure (1%ig), Phytinsäure (0,03%ig), sowie saurem und alkalischem Elektrolysewasser, konnte keine komplette Inaktivierung von *E.coli* Bakterien auf verschiedenen Saaten bewirken. Gleichzeitig hatten diese Methoden keinen negativen Einfluss auf das Keimvermögen der Saaten oder das Aussehen der Sprossen. (Bari et. al., 2009, S. 631– 636)

Frias et. al. untersuchten die Wirkung eines kombinierten Verfahrens aus Hochdruck und den antimikrobiellen Produkten, Carvacrol und Hypochlorit, auf die Mikroorganismen von Mungobohnen. Als optimale Methode zur Eliminierung von Mikroorganismen wurde die Saat mit 250 MPa behandelt und entweder in 18000ppm Calciumhypochlorid oder 1500ppm Carvacrol getränkt. Bei beiden Methoden wurde die gesamte natürliche Bakterienpopulation abgetötet, was einer Reduktion von über  $5 \log$  KbE/g entspricht. Das Auflaufergebnis der Saat war jedoch stark reduziert. Der Einsatz von Calciumhypochlorit führte zu einer Verringerung des Auflaufergebnisses auf 80%. Bei einer Desinfektion mit Carvacrol betrug das Auflaufergebnis nur noch 60% im Gegensatz zur unbehandelten Kontrollgruppe. Insgesamt führte die Erhöhung des Drucks zu einer besseren Wirkung der Chemikalien, jedoch verringerte sich auch gleichzeitig die Entwicklungsfähigkeit der Saat. (Frias et. al.; 2010, S. 82-88)

Eine Methode, die zur Desinfektion von Mungobohnen in Japan eingesetzt wird kombiniert Heißwasserbehandlungen bei 85°C für 40 Sekunden, Eintauchen der Saat in Kaltwasser für 30 Sekunden und das Einweichen in Chlorwasser mit 2000ppm für 2 Stunden. E.coli O157:H7 und Salmonellen sind nach dieser Behandlung auf der Saat nicht mehr nachweisbar. Auch in 25g Anreicherungskultur oder während der Keimung der Saat wurden keine pathogenen Bakterien gefunden. Diese Behandlungsmethode reduziert den Ertrag lediglich um 5% und ist einfach umzusetzen. (Bari et. al., 2010, S.752- 757) Über den Einfluss auf die Nährstoffe wird keine Aussage gemacht, jedoch ist auch hier mit Verlusten durch z.B. Hitzeeinwirkung oder der langen Einweichzeit in einer wässrigen Lösung zu rechnen.

Nachteil bei allen Dekontaminationsverfahren, außer eventuell bei dem Einsatz von antagonistische Bakterien und lytische Bakteriophagen ist, dass sie nicht selektiv auf humanpathogene Keime wirken, sondern auch Bakterien der natürlichen Keimflora abtöten. Besonders bei pflanzlichen Lebensmitteln hat diese natürliche Keimflora jedoch Einfluss auf den Geschmack und somit auch auf die Qualität des Produktes. Ebenfalls kritisch zu betrachten ist die Möglichkeit, dass es durch die Minimierung einer bestimmten Gruppe von Keimen zu einer übermäßigen Vermehrung anderer

Keime kommen kann, wie beispielsweise von Schimmelpilzen oder Verderbniserregern. Gegen die Dekontamination der Saat spricht, dass sie oft mit einer Reduktion der Keimfähigkeit einhergeht. Außerdem können sich die nach der Dekontamination auf den Sprossen verbleibenden Erreger während des Keimvorgangs wieder stark vermehren. (BfR, 2012c)

## 12. Fazit

Ziel dieser Bachelorarbeit war es herauszufinden, ob eine Verzehrwarnung von Sprossen für YOPIs sinnvoll und angebracht ist, oder ob die aktuell bestehende Verzehrwarnung für YOPIs, auf Grund ihrer ernährungsphysiologischen Vorteile, aufgehoben werden sollte.

Was die ernährungsphysiologischen Vorteile betrifft, so konnte Anhand verschiedener Untersuchungen gezeigt werden, dass Sprossen zu einer gesunden Ernährung von YOPIs beitragen können. Sprossen haben eine Vielzahl ernährungsphysiologischer Vorzüge, die vor allem für YOPIs Vorteile mit sich bringen, wie zum Beispiel eine hohe Nährstoffdichte bei gleichzeitig geringem Energiegehalt, dem Vorkommen von Antioxidantien in Sprossen, eine hohe Anzahl an Enzymen, sowie eine leichte Verdaulichkeit.

Jedoch gibt es, was einige Nährstoffe und vor allem die Vitamine betrifft, viele unterschiedliche Ergebnisse, sodass es schwer fällt, den genauen ernährungsphysiologischen Wert der Sprossen zu ermitteln.

Andererseits geht von roh verzehrten Sprossen nach wie vor ein hohes Gesundheitsrisiko durch die enorme mikrobielle Belastung und die optimalen Wachstumsvoraussetzungen für Bakterien während der Keimung aus. Dies gilt insbesondere bei YOPIs auf Grund ihres geschwächten Immunsystems. Ohne geeignete Maßnahmen zur vollständigen Abtötung pathogener Keime auf Sprossen halte ich es für zu gefährlich, die Verzehrwarnung roher Sprossen für YOPIs auszuheben.

Deshalb beschäftigte sich die zweite Frage, die in dieser Arbeit beantwortet werden sollte, auch mit der Frage nach Verfahren, wie chemischen- physikalischen oder biologischen Verfahren, die Sprossen zu einem sicheren Lebensmittel für YOPIs durch die vollständige Abtötung pathogener Keime machen können.

Von den vorgestellten Verfahren waren zwar einige in der Lage, pathogene Keime auf Sprossen oder der Saat vollständig abzutöten, jedoch hatten diese Verfahren auch negative Effekte auf Aspekte wie Sprossenlänge, Ausbeute oder den Nährstoffgehalt. Vielversprechend erscheinen mir z.B. die vorgestellten biologischen Verfahren, da sie trotz vollständiger Abtötung der Mikroorganismen, keinen negativen Effekt auf Aussehen oder Ausbeute haben. Über die Auswirkungen der Verfahren auf die Nährstoffe der Sprossen müssten allerdings noch weitere Studien durchgeführt werden, denn Verfahren, die zwar sichere Sprossen versprechen, aber dafür die Qualität der Sprossen beeinträchtigt, werden in der Praxis von Sprossenherstellern nicht umgesetzt werden. Zu bedenken sind außerdem die Praktikabilität dieses Verfahrens, sowie die hohen Kosten.

Wenn in Zukunft Behandlungsmethoden für Sprossen oder Saat entwickelt werden, die Sprossen zu einem mikrobiologisch sicheren Lebensmittel machen und die gleichzeitig keine negativen Effekte auf die Sprossen haben, halte ich eine Verzehrwarnung für nicht angebracht, da YOPIs von den ernährungsphysiologischen Vorteilen der Sprossen profitieren können.

## Literaturverzeichnis

- Abadias , M., Anguera, M., Solsona, C., Usall, J., Viñas, I., (2008) Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments, in: International Journal of Food Microbiology , Nr.123, S.121–129
- Aicher, G. (1989), Keime, Sprossen, Grünkraut, Bausteine zur Vollwerternährung, St. Georgen, Schnitzer Verlag
- Andersson, Y., Haikala, O., de Jong, B., Jahkola, M., Kuhmonen, A., Pakkala, P., Pönkä, A., Siitonen, A. (1995), Salmonella in alfalfa sprouts, in: The Lancet, Ausgabe 345, S. 462-463
- Araki, K., Michino, H., Minami, S., Miyazaki, M., Ono, A., Sakai, N., Takaya, S., Yanagawa, H. (1999), Massive Outbreak of Escherichia coli O157:H7 Infection in Schoolchildren in Sakai City, Japan, Associated with Consumption of White Radish Sprouts, in: American Journal of Epidemiology, Ausgabe 150, Nr.8, S. 787-796
- Baaten, G.G., Geskus, R.B., Kint, J.A., Roukens, A.H.E., Sonder, G.J., van den Hoek, A. (2011); Symptoms of Infectious Diseases in Immunocompromised Travelers: A Prospective Study With Matched Controls; in: Journal of Travel Medicine; Band 18, Nr.5 S.318-326
- Bänziger, E. (1999), Die Sprossen Küche, Küttigen/Aarau, Midena Verlag
- Baines, R.N. , Seaman, P. , Soon, J.M. (2013) Escherichia coli O104:H4 outbreak from sprouted seeds; International Journal of Hygiene and Environmental Health , Nr.216 ,S. 346–354
- Bandekar, J.R., Hajare, S.N., Nagar, V., Saroj, S.D. (2012) Radiation processing of minimally processed sprouts (dew gram and chick pea): effect on sensory, nutritional and microbiological quality, in: International Journal of Food Science and Technology, Nr.47, S. 620–626

- Beri, M. L. , Nei, D. , Enomoto, K., Todoriki, S. , Kawamoto, S., (2009) Combination Treatments for Killing Escherichia coli O157:H7 on Alfalfa, Radish, Broccoli, and Mung Bean Seeds, in: Journal of Food Protection, Band 72, Nr. 3, S. 631–636
- Bari, M L; Enomoto, K; Nei, D; Kawamoto, S (2010); Practical Evaluation of Mung Bean Seed Pasteurization Method in Japan; in: Journal of Food Protection Band 73, Nr. 4, S. 752-758
- Bennik, M.H.J., Gorris, L.G.M., van Overbeek, W., Smid, E.J. (1999), Biopreservation in modified atmosphere stored mungebean sprouts: the use of vegetable-associated bacteriocinogenic lactic acid bacteria to control the growth of Listeria monocytogenes, in: Letters in Applied Microbiology, Nr, 28, S. 226-232
- Berg, C., Böhm, R., Brand, R., Wild, R., Busch, M. ,Eikmann, T., Heitmann, M., Knödlseher, M., Kreienbrock, L., Lücke, F.-K., Reiche, T. Schmidt, H. Schwebke, I. (2013), Sicher verpflegt, Besonders empfindliche Personengruppen in Gemeinschaftseinrichtungen, BfR, Stand: 18.08.2013, 22:08
- Bernard, H., Bisping, M., Broschewitz, B., Bucher, M., Fetsch, A., Förster, D., Frandrup-Kuhr, O., Fricke, G., Greiner, M., Gross, S., Hänel, C.-M., Heusler, K., Jähne, J., Kenntner, N., Kliemant, A., Kühn, K., Kutzke, M., Ladehoff, W., Luber, P., Mosbach-Schulz, O., Müller, B., Rampp, A., Reinecke, A., Rosner, B. (2011) Ergebnisbericht der Task Force EHEC zur Aufklärung des EHEC O104:H4 Krankheitsausbruchs in Deutschland, BVL, in: Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Nr.6, S.483–495
- Beuchat, L.R., Hoikyung, K., Lee, Y., Ryu, J.-H., Yoon, B.-J. (2009) Microbiological Examination of Vegetable Seed Sprouts in Korea, in: Journal of Food Protection, Band 72, Nr. 4, S. 856–859
- BfR, (2011a), EHEC-Ausbruch (2011), Aktualisierte Analyse und abgeleitete Handlungsempfehlungen, BfR, <http://www.bfr.bund.de/cm/343/ehec-ausbruch-2011-aktualisierte-analyse-und-abgeleitete-handlungsempfehlungen.pdf>, Stand : 15.08.2013, 19:30

- BfR, (2011b), EHEC: BfR, BVL und RKI konkretisieren Verzehrsempfehlung zu rohen Sprossen und Keimlingen, BfR,  
[http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2011/23/ehec\\_\\_bfr\\_\\_bvl\\_und\\_rki\\_konkretisieren\\_verzehrsempfehlung\\_zu\\_rohen\\_sprossen\\_und\\_keimlingen-105138.html](http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2011/23/ehec__bfr__bvl_und_rki_konkretisieren_verzehrsempfehlung_zu_rohen_sprossen_und_keimlingen-105138.html),  
 Stand: 11.08.2013, 23:41
  
- BfR, (2011c), Hohe Keimbelastung in Sprossen und küchenfertigen Salaten, BfR  
[http://www.bfr.bund.de/cm/343/hohe\\_keimbelastung\\_in\\_sprossen\\_und\\_kuechenfertigen\\_salatmischungen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/hohe_keimbelastung_in_sprossen_und_kuechenfertigen_salatmischungen.pdf), Stand : 01.07.2013, 22:27)
  
- BfR, (2012a), An Krankheitsausbrüchen beteiligte Lebensmittel in Deutschland im Jahr 2011, BfR, <http://www.bfr.bund.de/cm/343/an-krankheitsausbruechen-beteiligte-lebensmittel-in-deutschland-im-jahr-2011.pdf>, Stand: 11.08.2013, 23:50)
  
- BfR, (2012b), Standortbestimmung und Perspektiven: Verbesserungen der Fleischhygiene durch Dekontamination? , BfR,  
<http://www.bfr.bund.de/cm/343/standortbestimmung-und-perspektiven-verbesserungen-der-fleischhygiene-durch-dekontamination.pdf>, Stand: 16.08.2013, 23:12
  
- BfR, (2012,c), Hygiene bei der Sprossenherstellung, BfR,  
<http://www.bfr.bund.de/cm/343/hygiene-bei-der-sprossenherstellung.pdf>, Stand : 16.08.2013, 23:38
  
- BfR, (2013), <http://www.bfr.bund.de/cm/350/sicher-verpflegt-besonders-empfindliche-personengruppen-in-gemeinschaftseinrichtungen.pdf>, Stand: 18.07.2013; 20:45
  
- Bognar, A. Harmuth-Hoene, A.-E. (1988), Nährwert und mikrobiologische Belastung von Keimlingen aus Mungobohnen und Weizen, in: Ernährungumschau, Jg.35, Nr. 10, S. 358-362)

- Bhuniab, A.K., Singha, N., Singha, R.K. (2003) Sequential disinfection of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds before and during sprouting using aqueous chlorine dioxide, ozonated water, and thyme essential oil, in: *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, Nr.36, S. 235–243
  
- Bomar, M.T. (1987), Mikrobielle Belastung von Keimlingen- am Beispiel von Speisekeimlingen aus Mungobohnen und Weizen, in: *Ernährungsumschau*, Jg.34, Heft 7, S.226-228
  
- Börner, H.-J., Hänel, C.-M., Jüptner, C., Lorenz, K., Seulen ,P., Sturm, K.-D. (2011) Chronologie des EHEC O104:H4 Ausbruchsgeschehens bis zur Gründung der länderübergreifenden Task Force EHEC aus Sicht der Lebensmittelüberwachung in Schleswig-Holstein am Beispiel des Kreises Schleswig-Flensburg; in: *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*; Nr. 6, S. 497–501
  
- Brankatsch, K. (2011), Überprüfung der Lebensmittelsicherheit in der Schweiz, Wie sicher sind „Ready-to-Eat“ Salate und Sprossen?, in: *Gemüse: Das Magazin für den professionellen Gemüsebau*, Band 47,Nr. 10, S. 44-46
  
- Brehme, U., Hahn, A., Laube, H., Leitzmann, C., Michel, P., Müller, C., Triebel, T. (2009) *Ernährung in Prävention und Therapie*, ein Lehrbuch, Stuttgart, Hippokrates Verlag
  
- Brondz I.,Brondz A. (2011), Suppression of immunity by some pesticides, xenobiotics, and industrial chemicals. In vitro model, in: *Journal of Biophysical Chemistry*, Band 2, Nummer 3, S. 226-232
  
- Browning, L., Cleary, P., Coia, J., Cowden, J., Fox, A., Kearney, J., Lane, C., Mather, H., Quigley, C., Syed, Q., Tubin-Delic, D. (2010), A foodborne outbreak of *Salmonella* Bareilly in the United Kingdom, 2010, <http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V15N48/art19732.pdf>, Stand: 21.08.2013, 20:53

- Bundesministerium für Gesundheit (2012), Seuchenbekämpfung, EHEC und die Folgen in : gesundheitspolitische Informationen, Nr. 3., S. 7
- Bustorf-Hirsch, M. (1997), Gesund kochen mit Keimen und Sprossen, Niedernhausen, FALKEN Verlag
- BVL, (2013) Übersicht über die Programme des Bundesweiten Überwachungsplans 2013,BVL,  
[http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01\\_Lebensmittel/02\\_BUEp\\_dokumente/BUEp\\_programm\\_2013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/02_BUEp_dokumente/BUEp_programm_2013.pdf?__blob=publicationFile&v=2), Stand:18.07.2013; 19:30)
- CDC, (2001), A multistate outbreak of Escherichia coli O157:H7 infections linked to alfalfa sprouts grown from contaminated seeds, CDC,  
<http://stacks.cdc.gov/view/cdc/3350/>, Stand: 19.08.2013, 21:07
- CDC, (2002), Outbreak of Salmonella serotype Kottbus Infections Associated with Eating Alfalfa Sprouts --- Arizona, California, Colorado, and New Mexico, February--April 2001, CDC <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5101a3.htm>, Stand: 19.08.2013, 21:16
- CDC, (2009), Multistate Outbreak of Human Salmonella Saintpaul Infections Linked to Raw Alfalfa Sprouts (Final Update), CDC, <http://www.cdc.gov/salmonella/saintpaul-alfalfa/>, Stand : 19.08.2013, 20:51
- CDC, (2010), Multistate Outbreak of Human Salmonella Newport Infections Linked to Raw Alfalfa Sprouts (Final Update), CDC,  
<http://www.cdc.gov/salmonella/newport/index.html>, Stand: 11.08.2013, 16: 17
- CDC, (2011a), Multistate Outbreak of Human Salmonella I 4,[5],12:i:- Infections Linked to Alfalfa Sprouts (Final Update), CDC,[www.cdc.gov/salmonella/i4512i-/index.html](http://www.cdc.gov/salmonella/i4512i-/index.html), Stand: 11.08.2013, 16:08
- CDC, (2011b), Multistate Outbreak of Human Salmonella Enteritidis Infections Linked to Alfalfa Sprouts and Spicy Sprouts, CDC, [www.cdc.gov/salmonella/sprouts-enteritidis0611/070611/index.html](http://www.cdc.gov/salmonella/sprouts-enteritidis0611/070611/index.html), Stand: 11.08.2013, 15:45

- CDC, (2011c), Investigation Update: Outbreak of Shiga toxin-producing E. coli O104 (STEC O104:H4) Infections Associated with Travel to Germany, CDC, <http://www.cdc.gov/ecoli/2011/ecoliO104/>, Stand: 19.08.2013, 21:11
- CDC, (2012), Multistate Outbreak of Shiga Toxin-producing Escherichia coli O26 Infections Linked to Raw Clover Sprouts at Jimmy John's Restaurants, CDC, <http://www.cdc.gov/ecoli/2012/O26-02-12/index.html>, Stand: 16.08.2013, 22:16
- Chung, H.-J., Lo, J. A., Meier, F., Yuan, W., Sze, V.L.P., Yang, Y., Yuk, H.-G. (2013), Overview of Recent Events in the Microbiological Safety of Sprouts and New Intervention Technologies, in: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Nr.12, S. 265-280
- Conrad, A., Dettenkofer, M. (2006), Immunsuppression, in : Daschner, F.(Hrsg.) Dettenkofer, M. (Hrsg.) Frank, U. (Hrsg.) Scherrer, M. (Hrsg.) Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz, Heidelberg, Springer Medizin Verlag, S.400-412
- Chen, H., Neetoo, H. (2011) Individual and combined application of dry heat with high hydrostatic pressure to inactivate Salmonella and Escherichia coli O157:H7 on alfalfa seeds, in : Food Microbiology , Nr.28, S. 119-127
- Christiansen, B., Engelhart, S., Exner, M., Hornei, B., Maschmeyer, G., Simon, A., Wischnewski, N. (2010), Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von Immunsupprimierten Patienten/innen, Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI) in: Bundesgesundheitsblatt
- CPFE (1991) Food from Dryland Gardens - An Ecological, Nutritional, and Social Approach to Small-Scale Household Food Production, CPFE, <http://www.nzdl.org/gsdImod?e=d-00000-00---off-0fnl2.2--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----stt--0-1l--11-en-50---20-about-sprouts--00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&cl=search&d=HASH0150ba4e9f73176fac50b5ae.8.3.6.2>, Stand: 15.08.2013, 20:18)

- Der Brockhaus Ernährung, gesund essen, bewusst leben (2008), Leipzig, F.A. Brockhaus GmbH
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2012), 12. Ernährungsbericht, Bonn
- Ding, H., Fu, T.-J., Smith, M. A. (2013) Microbial Contamination in Sprouts: How Effective Is Seed Disinfection Treatment?, in : Journal of Food Science, Band 78, Nr. 4, S. 495-501
- Dohmen, B. (1987), Ernährungsphysiologischer Wert von Keimlingen, eine verbraucherverständliche Vorlage für Vortrag und Beratung, in: Ernährungsumschau, Jg. 34, Nr. 7 Beilage, S. B29-B32
- Dunfield, Jianxiong, Kari, Keith, Kostrzynska, Magdalaena, Warriner, Ye (2010) Control of Salmonella on Sprouting Mung Bean and Alfalfa Seeds by Using a Biocontrol Preparation Based on Antagonistic Bacteria and Lytic Bacteriophages, in: Journal of Food Protection, Band 73, Nr. 1, S. 9-17
- Dustmann, Weindlaier, Meyer (Hrsg.) (2010), Lebensmittel heute- Qualität & Recht, Hamburg, Behr's Verlag
- Eichner, K. Heiss, R., (2002). Haltbarmachen von Lebensmitteln, Chemische, physikalische und mikrobiologische Grundlagen der Qualitätserhaltung. Deutschland: Springer- Verlag
- Ehlermann. D.A.E. (2002), Hindernisse bei der Einführung der Lebensmittelbestrahlung; in: Ernährung im Fokus; Jg.2, Nr. 12, S.313-316
- Emberland, K., Ethelberg, S., Jensen, T., Jensvoll, L., Kapperud, G., Kjelsø, C., Kuusi, M., Lindstedt, Lukinmaa, S., B.-A., Niskanen, T., Nygård, K., Sørensen, G., Torpdahl, M., Vold, L. (2007), Outbreak of Salmonella Weltevreden infections in Norway, Denmark and Finland associated with alfalfa sprouts, July-October 2007,

<http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3321>, Stand: 20.08.2013,  
20:47

- Enomoto, K., Latiful. B. M., Inatsu, Y., Kawamoto, S. , Nei, D. (2011) Disinfection of Radish and Alfalfa Seeds Inoculated with Escherichia coli O157:H7 and Salmonella by a Gaseous Acetic Acid Treatment, in: **FOODBORNE PATHOGENS AND DISEASE** Band 8, Nr.10, S. 1089- 1094

- Entis, P. (2007), *Food Safety, Old Habits, New Perspectives*, Washington, DC, ASM Press

- Fahey, E.W.,Zhang, Y. Talalay, P. (1997) Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens, in: *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, Nr. 94, S. 10367-10372

- Fan, X., Jiang, Y., Li, W., Li, X., Yun, J. (2013) Growth and quality of soybean sprouts (*Glycine max* L. Merrill) as affected by gamma irradiation, in: *Radiation Physics and Chemistry*, Nr. 82, S.106–111

- FDA, (2004), *Growing Sprouts in Retail Food Establishment - CFP Issues 02-III-01 and 04-III-012*, FDA,  
<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/RetailFoodProtection/ucm078758.htm>,  
Stand: 04.08.2013,21:44

- FDA (2012) *Raw Produce, Selecting and Serving it Safely*, in : **FOODFACTS**,  
<http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/UCM174142.pdf>,  
Stand: 18.08., 17:18

- FDA, (1999), *Microbiological Safety Evaluations and Recommendations on Sprouted Seed*, FDA,

[http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/BuyStoreServeSafeFood/ucm078789.htm#sum\\_outbreak](http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/BuyStoreServeSafeFood/ucm078789.htm#sum_outbreak), Stand : 18.08.2013, 15:26

- Frias, J., Gomez, R., Penas, E., Vidal-Valverde, C. (2008), Application of high-pressure treatment on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Vigna radiata*) seeds to enhance the microbiological safety of their sprouts, in: *Food Control*, Nr. 19, S.698–705
- Frias, J., Gomez, R., Penas, E., Vidal-Valverde, C. (2010) Effects of combined treatments of high pressure, temperature and antimicrobial products on germination of mung bean seeds and microbial quality of sprouts, in: *Food Control*, Nr.21, S. 82-88
- Gerhard, F.-T. (2011), Beurteilung mikrobiologischer Untersuchungsergebnisse von rohem Sprossengemüse, in: *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, Nr. 6, S. 179-181
- Gjerde, B.K., Johannessen, G.S., Loncarevic, S., Robertson, L.J. (2002), Microbiological analysis of seed sprouts in Norway, in: *International Journal of Food Microbiology*, Nr. 75, S.119–126
- Gorinstein, C., Kim, J. (2012) Total Polyphenols, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Different Extracts in Mungbean Seeds and Sprouts; in: *Plant Foods for Human Nutrition*; Nr. 67, S.71-75
- Grashoff, K. (2007). Bakteriell bedingte Gastroenteritiden, Zur Situation wichtiger Infektionskrankheiten in Deutschland, in: *Ernährung, Wissenschaft und Praxis*, Band 1, Heft 6, S. 264-267
- Guo, X., Li, T., Tang, K., Liu, R.H. (2012) Effect of Germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*) in : *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Nr. 60, S. 11050–11055

- Guedes, S., Johansson, T., Jokinen, J., Korhonen, T., Kuronen, H., Kuusi, M., Lienemann, T., Mäkinen, J., Niskanen, T., Rimhanen-Finne, R., Siitonen, A., Sjöman, M., Virtanen, M.J. (2011) A Nationwide Outbreak of Salmonella Bovismorbificans Associated with Sprouted Alfalfa Seeds in Finland, 2009, in: Zoonoses Public Health. Nr. 58, S.589–596
- Heeschen, W. (1989), Pathogene Mikroorganismen und deren Toxine in Lebensmitteln tierischer Herkunft, Hamburg, Behr's Verlag
- Heiskanen, T., Puohiniemi, R., Siitonen, A. (1997) Molecular Epidemiology of Two International Sprout-Borne Salmonella Outbreaks, JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY, Ausgabe 35, Nr.10, S. 2487–2491
- Hesecker, H. (2002) Einflussfaktoren auf Nahrungsbedarf und- zufuhr im Alter, in: Spiekermann, U. (Hrsg.), Schönberger, G.U., Ernährung in Grenzsituationen, Berlin, Springer Verlag, S.36-39
- Hiller, P., Niederberger, A., Wichmann-Schauer, H. (2013), Sprossen als Vehikel für lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche, in: Journal of Food Safety and Food Quality, Band 64, Heft 2, S.36-42
- Hoffmann, E. (2011), Ran an den Salat, Blattsalate und Keimlinge; in: Ernährung im Fokus; Jg.11, Nr. 5, S.218-221
- Holzapfel, W. (2007), Mikrobiologie der Lebensmittel, Lebensmittel pflanzlicher Herkunft, Hamburg, Behr's Verlag
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) (2005), Microorganisms in Foods 6, Microbial Ecology of Food Commodities, New-York, Kluwer Academic/ Plenum Publishers
- Kalantari, A., Khalid, M. F., Pao, S. (2008) ELIMINATING SALMONELLA ENTERICA IN ALFALFA AND MUNG BEAN SPROUTS BY ORGANIC ACID AND

HOT WATER IMMERSIONS, in: Journal of Food Processing and Preservation, Nr. 32, S.335–342

- Kim, M.H., Kim, Y.J., Song, K.B. (2009) Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and Escherichia coli O157:H7, Salmonella typhimurium, and Listeria monocytogenes on broccoli sprouts, in: Food Control, Nr. 20, S.1002–1005

- Lazar, T., Thomm-Reitz; F. (2009) Brock Mikrobiologie, München, Pearson Studium

- Marsili, V. Calzuola, I., Gianfranceschi, G. L. (2004), Nutritional Relevance of Wheat Sprouts Containing High Levels of Organic Phosphates and Antioxidant Compounds in: J Clin Gastroenterol , Nr.38, S.123-126

- Meier-Ploeger, A., Vogtmann, H. (1986), Keimlinge- eine sinnvolle Bereicherung des Gemüseangebotes? in: Ernährungs-Umschau, Jg.33, Nr.12, S. 374-378

- Moriyama, M., Oba, K. (2004), Sprouts as antioxidant food resources and young people's taste for them, in: BioFactors, Nr.21, S.247–249

- Munk, K. (2008) Taschenlehrbuch Biologie, Mikrobiologie, Deutschland , Georg Thieme Verlag,

- Nöcker, R.-M. (1981) Sprossen und Keime, Der Garten im Zimmer, München, Wilhelm Heyne Verlag

- Nöcker, R.-M. (1999) Das große Buch der Sprossen und Keime, München, Heyne Kochbuch

- Oberbeil, K. (1998), Gesunde Köstlichkeiten, Kerne, Keime, Sprossen, Selbstzüchten der Energielieferanten leicht gemacht- für eine gesunde und vitaminreiche Kost, München, Südwest Verlag

- Ozturk , I., Sagdic, O., Tornuk, F., Yetim, F. (2011) Determination and Improvement of Microbial Safety of Wheat Sprouts with Chemical Sanitizers, in: **FOODBORNE PATHOGENS AND DISEASE** Band 8, Nr. 4, S. 503- 508

- Pflanzenforschung, o.J., Hypokytl,  
www.pflanzenforschung.de/de/themen/lexikon/hypokytl-2031, Stand: 17.08.2013,  
20:58
  
- RKI, (2002), Lebensmittelbedingte Erkrankungen in Deutschland, RKI,  
Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 1,  
[http://edoc.rki.de/documents/rki\\_fv/reUzuR53Jx9JI/PDF/26TzxAg9BtuM\\_67.pdf](http://edoc.rki.de/documents/rki_fv/reUzuR53Jx9JI/PDF/26TzxAg9BtuM_67.pdf),  
Stand: 18.08.2013, 17:04
  
- RKI, (2011a), Abschließende Darstellung und Bewertung der epidemiologischen  
Erkenntnisse im EHEC O104:H4 Ausbruch Deutschland 2011, RKI,  
[http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/EHEC-  
Abschlussbericht.pdf;jsessionid=08B558D9E6E9842C0F576A8F20CC6F1A.2\\_cid372  
?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/EHEC-Abschlussbericht.pdf;jsessionid=08B558D9E6E9842C0F576A8F20CC6F1A.2_cid372?__blob=publicationFile), Stand: 15.08.2013, 19:11
  
- RKI, (2011b), EHEC O104:H4-Ausbruchsgeschehen in Deutschland aufgeklärt:  
Auslöser waren Sprossen von aus Ägypten importierten Bockshornkleesamen, RKI,  
[http://www.rki.de/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/2011/09\\_2011.html](http://www.rki.de/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/2011/09_2011.html),  
Stand: 15.08.2013, 19:18
  
- RKI, (2012), Salmonella Newport-Ausbruch in Deutschland und den Niederlanden,  
2011. Mungbohnsprossen wahrscheinliches Infektionsvehikel, RKI,  
[http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/20/Art\\_01.html](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/20/Art_01.html), Stand:  
11.08.2013, 23:55
  
- Sinell, H.-J. (1989). Minimale Infektionsdosis und Krankheitsverlauf in: Heeschen, W.  
(Hrsg), Pathogene Mikroorganismen und deren Toxine in Lebensmitteln tierischer  
Herkunft, Hamburg: Behrs Verlag, S.42-44
  
- Sinell, H.-J. (2002), Infektionen und mikrobielle Vergiftungen durch Lebensmittel in:  
Ernährung im Fokus, Jg.2, Nr. 8, S.198-203

- Schneid, C.(1999) , Sprossen- die kraftvollen Trendsetter der Vollwertküche, in: Stiegler, S. (Hrsg.) Feine Sprossen Rezepte, Schwendi: Praxisbuchverlag, S. 13-15
  
- Scholthof, K.-B. G. (2003) ONE FOOT IN THE FURROW: Linkages Between Agriculture, Plant Pathology, and Public Health, in: Annual Review of Public Health , Nr.24, S.153–174
  
- Shohag, M. J. I., Wei, Y., Yang, X. (2012) Changes of Folate and Other Potential Health-Promoting Phytochemicals in Legume Seeds As Affected by Germination in: Journal of Agricultural and Food Chemistry, Nr. 60, S. 9137–9143
  
- Ternes, W., Täufel, A., Tunger, L., Zobel, M. (2005), Lexikon der Lebensmittel und der Lebensmittelchemie, Hamburg, Behr's Verlag
  
- Thelemann, J. (2010) Trendscout Lebensmittel, Blick in die Zukunft: Was essen wir morgen? in: Ernährung im Fokus; Jg.10, Nr.9 , S.396-399
  
- Wichmann-Schauer, Dr. H. (2010), Lebensmittelinfektionen, Prävention und Aufklärung in: Ernährung im Fokus, Jg.10, Nr.3, S. 90-97
  
- Wood, M. (2000), Safer Sprouts, in: Agricultural Research, Band 48, Nr.8, S.16-17

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

-----

Unterschrift Sandra Schmidt