

WISSENSCHAFT

## EHEC-Ausbruch 2011

Aufklärung des Ausbruchs  
entlang der Lebensmittelkette



04/2011



Bundesinstitut für Risikobewertung

Herausgegeben von Bernd Appel, Gaby-Fleur Böl, Matthias Greiner, Monika Lahrssen-Wiederholt und Andreas Hensel

## **EHEC-Ausbruch 2011**

Aufklärung des Ausbruchs entlang der Lebensmittelkette

Autoren:

Julian Adolphs

Katja Alt

Niels Bandick

Katharina Berg

Lothar Beutin

Juliane Bräunig

Anja Buschulte

Andrea Ernert

Alexandra Fetsch

Suzan Fiack

Stefan Gross

Klaus Jürgen Henning

Petra Hiller

Annemarie Käsbohrer

Oliver Lindtner

Mark Lohmann

Nicole Lorenz

Annett Martin

Angelika Miko

Olaf Moosbach-Schulz (EFSA)

Christine Müller-Graf

Britta Müller-Wahl

Almut Niederberger

Annette Reinecke

Bettina Röder

Helmut Schafft

Anika Schielke

Armin A. Weiser

Anne-Kathrin Wese

Heidi Wichmann-Schauer

Jan-Frederik Wigger

und viele ungenannte Helfer, die ihren Beitrag zur Bewältigung des EHEC-Ausbruchs geleistet haben

## **Impressum**

BfR Wissenschaft

Herausgegeben von B. Appel, G.-F. Böhl, M. Greiner, M. Lahrssen-Wiederholt, A. Hensel

EHEC-Ausbruch 2011  
Aufklärung des Ausbruchs entlang der Lebensmittelkette

Bundesinstitut für Risikobewertung  
Pressestelle  
Max-Dohrn-Straße 8–10  
10589 Berlin

Berlin 2011 (BfR-Wissenschaft 04/2011)  
153 Seiten, 37 Abbildungen, 18 Tabellen  
€ 10,-

Fotos: BfR, Landkreis Uelzen (S. 12 o.l.)  
Druck: FORMAT Druck und Medienservice GmbH, Berlin

ISBN 3-938163-86-0  
ISSN 1614-3755 (Print), 1614-3841 (Online)

**Inhalt**

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung und Zusammenfassung</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Chronologie des Ausbruchsgeschehens</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Methodisches Vorgehen zur Rück- und Vorwärtsverfolgung</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Einführung</b>	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Methodik</b>	<b>17</b>
4.2.1	Lebensmittelliste	18
4.2.2	Gesetzgebung und Informationsquellen für die Rückverfolgung	19
4.2.3	Werkzeuge zur strukturierten Datenerfassung und Analyse	19
4.2.3.1	Entwicklung einer modifizierten Exceltabelle zur strukturierten Datenerfassung	20
4.2.3.2	Relationale Datenbank für strukturierte Datenanalyse	21
4.2.3.3	Analyse und Visualisierung der Daten	21
<b>4.3</b>	<b>Fazit</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Referenzen</b>	<b>23</b>
<b>4.5</b>	<b>Anhang</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Arbeiten im Nationalen Referenzlabor für <i>E. coli</i> einschließlich verotoxinbildende <i>E. coli</i></b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Laboruntersuchungen zur Zeit des EHEC-O104:H4-Ausbruchs</b>	<b>27</b>
5.1.1	Aufgabe des NRL <i>E. coli</i>	27
5.1.2	Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen während des EHEC-O104:H4-Ausbruchs	29
5.1.2.1	Samenproben	30
5.1.2.2	Wasserproben	31
<b>5.2</b>	<b>Entwicklung von Real-Time-PCR-Verfahren zur spezifischen Detektion von EHEC inklusive <i>E. coli</i> der Serogruppe O104:H4</b>	<b>31</b>
<b>5.3</b>	<b>Entwicklung einer schnellen, zuverlässigen Methode zur Erkennung und Isolierung von enterohämorrhagischen <i>E. coli</i> der Serogruppen O26, O104, O111, O118, O121, O145, O157 und des enteroaggregativen haemorrhagischen <i>E. coli</i> O104:H4 aus Fertigsalaten und Sprossen</b>	<b>32</b>
5.3.1	Problemstellung	32
5.3.2	Material und Methoden	32
5.3.2.1	Real-Time-PCR-Verfahren zum Nachweis von STEC und EHEC	32
5.3.2.2	Blockcycler-PCR-Verfahren	33
5.3.2.3	Anreicherung von EHEC aus Salatproben	33
5.3.2.4	Spikingversuche für die Erprobung der Anreicherungsverfahren, der PCR und der Isolierungsmethoden	33
5.3.2.5	Isolierung von EHEC aus Salatproben	33
5.3.3	Ergebnisse	33
5.3.4	Zusammenfassung und Diskussion	35
<b>5.4</b>	<b>Referenzen</b>	<b>36</b>

<b>6</b>	<b>Chronologie der Risikobewertung</b>	<b>37</b>
<b>6.1</b>	<b>Stellungnahme Nr. 023/2011 des BfR vom 5. Juli 2011: Bedeutung von Sprossen und Keimlingen sowie Samen zur Sprossenherstellung im EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011</b>	<b>37</b>
6.1.1	Gegenstand der Bewertung	38
6.1.2	Ergebnis	40
6.1.3	Begründung	42
6.1.3.1	Risikobewertung	42
6.1.3.1.1	Mögliche Gefahrenquelle	42
6.1.3.1.1.1	Enterohämorrhagische und enteroaggregative <i>E. coli</i>	42
6.1.3.1.1.2	Charakteristika von EHEC O104:H4 (Ausbruchsstamm)	42
6.1.3.1.1.3	Vorkommen von EHEC O104:H4	43
6.1.3.1.1.4	Diagnostik von EHEC O104:H4	45
6.1.3.1.2	Zum Gefährdungspotenzial im aktuellen Ausbruchsgeschehen	45
6.1.3.1.3	Exposition	47
6.1.3.1.3.1	Eingrenzung des Lebensmittelvehikels	47
6.1.3.1.3.2	Erkenntnisse zum verdächtigen Gartenbaubetrieb in Niedersachsen	52
6.1.3.1.3.3	Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen von Proben aus dem Garten- baubetrieb in Niedersachsen	53
6.1.3.1.3.4	Schätzung der Verzehrportionen	53
6.1.3.1.3.5	Einfluss von Verzehrgeohnheiten	54
6.1.3.1.3.6	Mögliche Eintragswege des Ausbruchsstammes in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb	55
6.1.3.1.3.7	Ergebnisse zum Forward- und Backward-Tracing von Samen	58
6.1.3.1.3.8	Untersuchungsergebnisse der Länder zu Proben von Sprossen und Samen	64
6.1.3.1.4	Risikocharakterisierung	65
6.1.3.1.4.1	Bewertung der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung	65
6.1.3.1.4.2	Bewertung der Qualität der Daten	66
6.1.3.2	Weitere Aspekte	66
6.1.3.2.1	Technologie der Sprossenherstellung unter besonderer Berücksichtigung mikro- biologischer Aspekte	66
6.1.3.2.2	Möglichkeiten zur mikrobiologischen Prozesskontrolle	67
6.1.4	Fazit und Handlungsempfehlungen	68
6.1.5	Referenzen	70
<b>6.2</b>	<b>Aktualisierte Stellungnahme Nr. 031/2011 des BfR vom 26. Juli 2011: Bedeutung von EHEC O104:H4 in Bockshornkleesamen, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet werden</b>	<b>73</b>
6.2.1	Gegenstand der Bewertung	74
6.2.2	Ergebnis	75
6.2.2.1	Empfehlungen für Lebensmittelunternehmer	76
6.2.2.2	Empfehlungen für die zuständigen Behörden	76
6.2.2.3	Empfehlungen für Verbraucherinnen und Verbraucher	76
6.2.3	Begründung	77
6.2.3.1	Risikobewertung	77
6.2.3.1.1	Mögliche Gefahrenquelle enterohämorrhagische und enteroaggregative <i>E. coli</i>	77
6.2.3.1.1.1	Charakteristika von EAggEC EHEC O104:H4 (Ausbruchsstamm)	78
6.2.3.1.1.2	Vorkommen von EAggEC EHEC O104:H4	78

6.2.3.1.1.3	Tenazität von enterohämorrhagischen und enteroaggregativen <i>E. coli</i>	79
6.2.3.1.2	Zum Gefährdungspotenzial im EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen	82
6.2.3.1.3	Expositionsabschätzung	82
6.2.3.1.3.1	Verarbeitung von Bockshornkleesamen bei der Herstellung von Lebensmitteln	83
6.2.3.1.4	Risikocharakterisierung	85
6.2.3.1.4.1	Bewertung der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung	85
6.2.3.1.4.2	Bewertung der Qualität der Daten	86
6.2.4	Fazit und Handlungsempfehlungen	86
6.2.5	Referenzen	88
<b>6.3</b>	<b>Stellungnahme Nr. 049/2011 des BfR vom 23. November 2011: EHEC-Ausbruch 2011: Aktualisierte Analyse und abgeleitete Handlungsempfehlungen</b>	<b>91</b>
6.3.1	Gegenstand der Bewertung	91
6.3.2	Ergebnis	94
6.3.3	Begründung	95
6.3.3.1	Risikobewertung	95
6.3.3.1.1	Gefahrenquelle enterohämorrhagische und enteroaggregative <i>E. coli</i>	95
6.3.3.1.1.1	Charakteristika von EHEC O104:H4 (Ausbruchsstamm)	96
6.3.3.1.1.2	Diagnostik von EHEC O104:H4	97
6.3.3.1.1.3	Vorkommen von EHEC O104:H4	98
6.3.3.1.1.4	Tenazität von enterohämorrhagischen und enteroaggregativen <i>E. coli</i>	99
6.3.3.1.1.5	Behandlungsverfahren für Samen zur Sprossenherstellung	100
6.3.3.1.2	Zum Gefährdungspotenzial im EHEC O104:H4-Ausbruchsgeschehen	101
6.3.3.1.3	Expositionsabschätzung	102
6.3.3.1.3.1	Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmittel- und Umweltproben	102
6.3.3.1.3.2	Produktion und Vertriebswege der verdächtigen Samenchargen	102
6.3.3.1.3.3	Verwendungszwecke der verdächtigen Samenchargen	106
6.3.3.1.3.4	Einfluss von Verzehrgewohnheiten	108
6.3.3.1.4	Risikocharakterisierung	108
6.3.3.1.4.1	Bewertung der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung	109
6.3.3.1.4.2	Bewertung der Qualität der Daten	109
6.3.3.1.4.3	Produktion und Vertriebswege der verdächtigen Samenchargen	110
6.3.3.1.4.4	Tenazität des Erregers	110
6.3.4	Fazit und Handlungsempfehlungen	110
6.3.5	Referenzen	112
<b>7</b>	<b>Vorkommen und Verbreitung von enterohämorrhagischen <i>E. coli</i> in der landwirtschaftlichen Produktion</b>	<b>115</b>
7.1	Tränkwasser	115
7.2	Wirtschaftsdünger	115
7.3	Tierische Nebenprodukte	116
7.4	Gärreste aus Bioabfallbehandlung	116
7.5	Fazit	117
7.6	Referenzen	117

---

<b>8</b>	<b>Risikokommunikation</b>	<b>119</b>
8.1	<b>Presse- und Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>120</b>
8.2	<b>BfR-Risikokommunikation auf europäischer Ebene</b>	<b>122</b>
8.3	<b>Analyse der Risikowahrnehmung der Bevölkerung</b>	<b>123</b>
8.3.1	Wissen zu EHEC	123
8.3.2	Risikowahrnehmung und verändertes Verhalten	127
8.3.3	Angemessenheit und Nachvollziehbarkeit der Verzehrsempfehlungen	128
8.3.4	Akteure des Verbraucherschutzes	130
8.3.5	Vergleichende Risikoeinschätzung	132
8.3.6	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung	134
8.3.6.1	Wissen zu EHEC	134
8.3.6.2	Risikowahrnehmung und verändertes Verhalten	135
8.3.6.3	Angemessenheit und Nachvollziehbarkeit der Verzehrsempfehlungen	135
8.3.6.4	Akteure des Verbraucherschutzes	136
8.3.6.5	Vergleichende Risikoeinschätzung	136
8.4	<b>Fazit</b>	<b>136</b>
8.5	<b>Referenzen</b>	<b>137</b>
8.6	<b>Anhang</b>	<b>138</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>143</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>147</b>

## 1 Vorwort

Das Thema EHEC hat Verbraucher, Unternehmen und Behörden im Frühsommer 2011 nicht nur in Deutschland, sondern europaweit in Atem gehalten. Der EHEC-Ausbruch von Mai bis Juli war der größte bakterielle Ausbruch mit *Escherichia coli*, den es seit dem Zweiten Weltkrieg in Deutschland gegeben hat. Letztlich konnten mit hoher Wahrscheinlichkeit importierte Bockshornkleesamen aus Ägypten, die mit dem enteroaggregativen EHEC-Stamm O104:H4 kontaminiert waren, als Ursache identifiziert werden.

Generell sind EHEC-Erreger als Lebensmittelrisiko nicht unbekannt. Infektionen mit dem Keim treten weltweit auf. In Deutschland werden pro Jahr etwa 900 Erkrankungen gemeldet. Bei den enterohämorrhagischen *Escherichia coli* (EHEC) handelt es sich um sehr robuste Erreger, die in der Lage sind, über viele Wochen in der Umwelt zu überleben und schon in geringer Anzahl eine Infektion beim Menschen auszulösen. Aufgrund der alljährlich auftretenden EHEC-Fälle hatte das BfR gerade im Januar 2011 Verbrauchertipps zum Schutz vor EHEC veröffentlicht und insbesondere auf notwendige Hygienemaßnahmen hingewiesen. Ein wesentliches Hilfsmittel haben wir darin genannt: Hygiene in der eigenen Küche. Sie scheint etwas in Vergessenheit geraten zu sein. Wohl auch deshalb, weil Lebensmittel im deutschen Handel üblicherweise von so hoher Qualität sind, dass Verbraucher die Einhaltung der Hygiene nicht mehr als erforderlich ansehen.



**Prof. Dr. Dr. A. Hensel,  
Präsident BfR**

Bei dem aktuellsten Ausbruchstamm im Frühsommer 2011 handelte es sich allerdings um den sehr außergewöhnlichen EHEC-Stamm O104:H4, der bisher extrem selten sowie nur beim Mensch vorgekommen ist und über den man bei Ausbruchsbeginn sehr wenig wusste. Die Aufklärung des Ausbruchsgeschehens war darum eine große Herausforderung. Erschwerend kam hinzu, dass es sich um ein Ausbruchsgeschehen mit außerordentlich schweren Krankheitserscheinungen handelte. Es gab Befürchtungen, dass die Folgen durch die medizinische Hochtechnologie unseres Landes nicht bewältigt werden könnten.

Mit Beginn des Ausbruchs im Mai 2011 existierte in Deutschland zunächst noch kein etablierter Test zur Bestimmung des EHEC-Stammes O104:H4. Ein solches spezifisches Erkennungssystem wurde erst Ende Mai 2011 vom Nationalen Referenzlabor für *E. coli* des Bundesinstituts für Risikobewertung zusammen mit Experten von der französischen Lebensmittelagentur ANSES veröffentlicht. Diese Methode wurde den Untersuchungslaboratorien der Bundesländer zur Verfügung gestellt. Bei der Suche nach der Ausbruchsursache gelang jedoch kein mikrobiologischer Nachweis des EHEC-Keims O104:H4 in den untersuchten verdächtigen Samen- und Sprossenproben.

Durch die Auswertung von Ausbruchsklustern, also von Orten mit Erkrankungshäufungen, sowie durch verfügbare Lieferlisten und Daten zu Vertriebswegen von Lebensmitteln war es möglich, die Erkrankungen und die lokalen Ausbrüche in Deutschland auf Sprossen zurückzuführen, die aus einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb stammten. Im Weiteren wurde danach gesucht, wo die Kontamination der Sprossen und möglicherweise des Sprossen Saatguts mit EHEC stattgefunden haben könnte. Durch die Rück- und Vorwärtsverfolgung von Samenlieferungen konnten schließlich mit hoher Wahrscheinlichkeit aus Ägypten importierte Bockshornkleesamen für den Ausbruch verantwortlich gemacht werden.

Während des EHEC-Ausbruchs sind Überwachungsbehörden vor Ort, Verbraucherschutzministerien der Bundesländer, Bundesbehörden, europäische Behörden und die WHO tätig geworden. Die eingesetzte Task Force zur Bekämpfung der EHEC-Krise hat sich bewährt

und soll nach Vorstellungen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zu einem dauerhaften Instrument des Krisenmanagements weiterentwickelt werden.

Das BfR leistete bei der Aufklärung des Ausbruchsgeschehens sowie bei der Information anderer Behörden, der Medien und der Bevölkerung einen wichtigen Beitrag. Es hatte die fachliche Federführung bei den notwendigen Risikobewertungen, der wissenschaftlichen Unterstützung von Bundes- und Landesbehörden bei Aufklärung und Entscheidung über staatliche Maßnahmen, dem wissenschaftlichen Informationsaustausch auf europäischer Ebene und bei der Risikokommunikation.

In dem vorliegenden Wissenschaftsband sind die zentralen Arbeitsergebnisse des BfR im Zusammenhang mit dem EHEC-Ausbruchsgeschehen im Jahr 2011 zusammengestellt.



Prof. Dr. Dr. Andreas Hensel  
Präsident Bundesinstitut für Risikobewertung

## 2 Einleitung und Zusammenfassung



**Abb. 1:** BfR-Mitarbeiter beim Auszählen von *E. coli*-Kolonien auf Nährboden mit Lebensmittelprobe

Im Frühsommer 2011 wurde in Deutschland der bisher größte Ausbruch mit enterohämorrhagischem *Escherichia coli* (EHEC) verzeichnet. EHEC sind *Escherichia (E.) coli*-Bakterien, die Zellgifte bilden. Diese sogenannten Shiga- oder Verotoxine können beim Menschen schwere, unter Umständen sogar tödlich verlaufende Erkrankungen hervorrufen. Meist kommt es bei einer EHEC-Infektion zu einer leichten bis schweren Durchfallerkrankung. Als Folge einer Infektion kann das hämolytisch-urämische Syndrom (HUS) entstehen. Hierbei handelt es sich um eine Erkrankung, die sich in akutem Nierenversagen, Blutgerinnungsstörungen und einer Zerstörung der roten Blutkörperchen äußert.

Der Erreger des Serotyps O104:H4, der im Mai, Juni und Juli 2011 in Erscheinung trat, zeigte ein ausgeprägtes pathogenes Potenzial. Bezogen auf die Anzahl von ausbruchsassoziierten Fällen von hämolytisch-urämischem Syndrom (HUS), einer schwerwiegenden Erkrankung mit hoher Letalitätsrate, handelte es sich um den größten weltweit beschriebenen derartigen Ausbruch. Als Ursache des Ausbruchs sehen die beteiligten Behörden importierte Bockshornkleesamen aus Ägypten an, welche in einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb und von Privatpersonen zur Sprossenproduktion verwendet wurden. Wo und wie die Samen mit dem Ausbruchserreger in Kontakt kamen, ließ sich bis zur Fertigstellung dieses Wissenschaftsbandes nicht ermitteln.

Der Stamm EHEC O104:H4 stellt eine Besonderheit dar. Mittels DNA-Sequenzanalyse wurde festgestellt, dass der Ausbruchsstamm wesentlich mehr Gemeinsamkeiten mit den enteroaggregativen *E. coli* (EaggEC) als mit den herkömmlichen EHEC hat. Er wird deshalb auch als enteroaggregativer EHEC O104:H4 oder EaggEC O104:H4 bezeichnet. Dieser Stamm ist somit eine Rekombinante aus einem enteroaggregativen und einem enterohämorrhagischen *E. coli*, der bisher weder bei Tieren noch aus Lebensmitteln isoliert werden konnte, sondern lediglich beim Menschen nachgewiesen wurde. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist nicht davon auszugehen, dass EHEC O104:H4 eine maßgebliche Bedeutung für die Kontamination landwirtschaftlicher Flächen besitzt.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) bewertete während des Ausbruchsgeschehens die jeweils aktuelle Lage der Verbrauchersicherheit wissenschaftlich und gab auf dieser Grundlage Empfehlungen an die zuständigen Länder- und Bundesbehörden, Wirtschaftsbeteiligten und Verbraucher ab. Das am BfR angesiedelte Nationale Referenzlabor (NRL) für *E. coli* wirkte maßgeblich an den mikrobiologischen Ausbruchsuntersuchungen mit und entwickelte und evaluierte in Zusammenarbeit mit einem internationalen Kooperationspartner (ANSES, Frankreich) die hierzu notwendige Untersuchungsmethodik. Darüber hinaus beteiligte sich das BfR an der am Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) angesiedelten Task Force EHEC und der Europäischen Task Force und arbeitete dadurch aktiv an der Aufklärung des Ausbruchs in Deutschland und Europa mit. Auf der Grundlage der jeweils aktuellen Daten- und Informationslage wurden die wissenschaftliche Bewertungen und die hieraus abgeleiteten Empfehlungen fortlaufend überprüft und dem neuen Kenntnisstand angepasst.

Im Folgenden (Kapitel 3) wird zunächst ein Überblick über die zeitliche Abfolge des Ausbruchsgeschehens gegeben. Anschließend wird das methodische Vorgehen zur Identifikati-

on des Lebensmittels, welches Auslöser für den Ausbruch war, beschrieben (Kapitel 4). Trotz umfangreicher Untersuchungen war ein mikrobiologischer Nachweis von *Escherichia coli* (EHEC) des Serotyps O104:H4 auf verdächtigen Lebensmitteln nicht möglich. Verschiedene Verdachtsmomente deuteten auf frisch verzehrte Salatbestandteile (Gurke, Tomaten, Salat, Sprossen) als mögliche Infektionsvehikel hin. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit für eine systematische Verfolgung der verdächtigen Lebensmittel entlang der Warenketten, um die mögliche Quelle des Ausbruchs zu identifizieren. Im Rahmen der Datenerhebung zeigte sich, dass die verfügbaren Methoden der elektronischen Datenerfassung von Lieferbeziehungen für den Zweck der epidemiologischen Ausbruchsauflärung erweitert und angepasst werden mussten. Das BfR hatte daher adaptierte Softwarelösungen zur Erhebung und quantitativen Auswertung von Lieferdaten erarbeitet. Die Datenaufarbeitung und Analyse komplexer Lieferdaten mit diesen eigens entwickelten Tools hat die epidemiologische Verifizierung des ursächlichen Lebensmittels und der Quelle ermöglicht.

In Kapitel 5 werden die Aufgaben des Nationalen Referenzlabors für *E.coli* (NRL *E. coli*) beschrieben (Kapitel 5). Im Rahmen der Aufgaben des NRL *E. coli* wurde nicht nur eine Feintypisierung verdächtiger *E. coli*-Isolate als Dienstleistung für die Untersuchungslaboratorien der Länder vorgenommen, sondern es wurden auch Lebensmittelproben analysiert. Aus bundesweit über 8.000 untersuchten Proben an Gemüse, Sprossen und Samen konnte der Ausbruchsstamm EHEC O104:H4 nicht isoliert werden. Ein Nachweis gelang nur in sekundär kontaminierten Proben, die aus Haushalten mit Patienten stammten.

Kapitel 6 umfasst drei gesundheitliche Stellungnahmen des BfR zum EHEC-Geschehen und stellt damit die Chronologie der umfangreichen Risikobewertungen des BfR dar. Auf der Grundlage der jeweils aktuellen Daten- und Informationslage wurden die wissenschaftlichen Bewertungen und die hieraus abgeleiteten Empfehlungen fortlaufend überprüft und dem neuen Kenntnisstand angepasst. Diese Aktualisierungen im Laufe einer Krise sind Ausdruck der Guten wissenschaftlichen Praxis.

In der Stellungnahme Nr. 023/2011 des BfR vom 05. Juli 2011 wurde die Bedeutung von Sprossen und Keimlingen sowie Samen zur Sprossenherstellung im EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011 beschrieben.

Darin geht das BfR davon aus, dass der EHEC-O104:H4-Krankheitsausbruch in Deutschland auf den Verzehr von kontaminierten Sprossen zurückzuführen ist. Der Ausbruchserreger wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit über angelieferte Bockshornkleesamen in die Sprossenproduktion eingetragen. Ein ursächlicher Eintrag über Wasser, Menschen, Tiere oder Schädlinge in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb ist aus Sicht des BfR wenig wahrscheinlich, auch weil sich der Ausbruchsstamm trotz umfangreicher Untersuchungen in dem Betrieb in keiner der genommenen Proben nachweisen ließ. Diese Schlussfolgerung wird auch durch die Ergebnisse der europäischen Task Force unterstützt, die eine Verbindung zwischen dem deutschen und französischen Ausbruchsgeschehen durch die Verwendung von kontaminierten Sprossensamen aufzeigen. Weiterhin empfiehlt das BfR Gastronomiebetrieben und Verpflegungseinrichtungen, die Abgabe von rohen Sprossen und Keimlingen an Verbraucher sorgfältig abzuwägen, solange sich noch kontaminierte Samenchargen im Verkehr befinden und zur Herstellung von Sprossen und Keimlingen verwendet werden können. Aus dem gleichen Grund rät das BfR Verbraucherinnen und Verbrauchern ebenso vom Verzehr roher Sprossen und Keimlinge ab.

In einer aktualisierten Stellungnahme Nr. 031/2011 vom 26. Juli 2011 äußerte sich das BfR zur Bedeutung von EHEC O104:H4 in Bockshornkleesamen, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet werden.

In dieser Stellungnahme wird erläutert, dass mögliche Risiken bzw. Gefahren, die von Lebensmitteln ausgehen, in denen kontaminierte Bockshornkleesamen verarbeitet wurden, im

Wesentlichen von den verwendeten Aufbereitungs- und Verarbeitungsverfahren abhängen. Es wird festgestellt, dass nur thermische Behandlungsverfahren von Bockshornkleesamen (z.B. in feuchtem Milieu Erhitzen auf 72 °C für zwei Minuten im Kern), ggf. in Kombination mit Hochdruckverfahren oder Bestrahlung, geeignet sind, den Keim sicher abzutöten, da der Erreger möglicherweise auch im Innern von Samenkörnern vorkommen kann.

Zeitgleich mit dem vorliegenden Materialband wurde eine dritte Stellungnahme Nr. 049/2011 vom 23. November 2011 zum EHEC-Ausbruch 2011 erarbeitet. Hierin wurden auf der Grundlage der Information über die in Deutschland und der EU eingeleiteten Maßnahmen eine aktualisierte Analyse vorgenommen und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Unter expliziter Benennung der bestehenden Unsicherheiten wurde den zuständigen Behörden eine rationale Handlungs- und Entscheidungsgrundlage geliefert und somit Empfehlungen für Wirtschaftsbeteiligte sowie für Verbraucher und Verbraucherinnen ausgesprochen.

Das Vorkommen und die Verbreitung von EHEC in der landwirtschaftlichen Produktion behandelt das Kapitel 7. Dabei werden Tränkwasser, Wirtschaftsdünger, tierische Nebenprodukte und Gärreste aus der Bioabfallbehandlung als potenzielle Quellen für EHEC diskutiert und die geltenden Verordnungen vorgestellt. Dabei kann festgehalten werden, dass grundsätzlich die Möglichkeit besteht, dass in organischen Düngemitteln, insbesondere wenn Wirtschaftsdünger (z. B. Festmist, Jauche und Gülle) und andere organische Stoffe als Ausgangsmaterialien verwendet werden, Zoonoseerreger und andere pathogene Keime vorhanden sein können und somit eine Gesundheitsgefahr für Mensch und Tier darstellen könnten. Mittlerweile ist jedoch bekannt, dass der Stamm EHEC O104:H4 eine Rekombinante aus einem enteroaggregativen und einem enterohämorrhagischen *E. coli* darstellt, der bisher noch nicht bei Tieren oder aus Lebensmitteln isoliert werden konnte, sondern lediglich beim Menschen nachgewiesen wurde. Demnach ist nach derzeitigem Kenntnisstand nicht davon auszugehen, dass EHEC O104:H4 eine maßgebliche Bedeutung für die Kontamination landwirtschaftlicher Matrices besitzt.

Im abschließenden Kapitel 8 werden die Maßnahmen im Rahmen der Risikokommunikation im Hinblick auf die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sowie auf europäischer Ebene beschrieben. Die Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung geben Aufschluss über die Risikowahrnehmung sowie über Informationsbedürfnisse und -erfordernisse der Bevölkerung.



### 3 Chronologie des Ausbruchsgeschehens



**Abb. 2:** Oben: BfR-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter bei der Beprobung von Sprossen und Saatgut. Unten links: Probenaufbereitung am NRL *E. coli*. Unten rechts: Bockshornklee-Saatgut ist Quelle der Krankheitsausbrüche

Im Folgenden wird eine Übersicht zur zeitlichen Abfolge des EHEC-Ausbruchsgeschehens im Frühsommer 2011 gegeben. In Tabelle 1 sind die zentralen Daten im Rahmen des Ausbruchs aufgeführt.

Im Mai 2011 berichteten insbesondere in Hamburg Ärzte und Krankenhäuser vermehrt über Erkrankungs- und Sterbefälle an EHEC und HUS. Das Robert Koch-Institut (RKI) unterrichtete die Bundesbehörden im Verbraucherschutzressort über die ärztlichen Meldungen, die ihm von den Gesundheitsämtern der Länder übermittelt wurden.

Als epidemiologische Untersuchungen einen kausalen Zusammenhang zwischen Salatverzehr und Erkrankungen nahe legten, empfahlen BfR und RKI den Verbrauchern, Tomaten, Gurken und Blattsalate nicht roh zu verzehren. Die von Hamburger Behörden gefundenen EHEC-Erreger auf spanischen Gurken sorgten europaweit für Aufsehen (eine Boulevardzeitung titelt „Der Tod kommt aus Spanien“). Bei Überprüfung im BfR stellten sie sich allerdings nicht als die Krankheitserreger heraus, die bei den erkrankten Patienten gefunden worden waren.

Das Niedersächsische Verbraucherschutzministerium verfolgte eine neue Spur auf der Suche nach der Krankheitsursache, einen niedersächsischen Sprossenlieferanten, und rief zum Verzicht auf den Verzehr von Sprossen auf. BfR, BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) und RKI rieten ebenfalls vom Verzehr roher Sprossen ab und hoben die frühere Verzehrsempfehlung auf. Die behördlichen Empfehlungen zeigten messbare Wirkungen auf das Verbraucherverhalten.

Zweifel an Sprossen im Salat als Krankheitsursache blieben zunächst bestehen. Als mögliche Hypothesen für die Kontamination der pflanzlichen Lebensmittel wurden u.a. genannt: Biogasanlagen, Düngung, Klärschlamm, Bewässerungssysteme, Trinkwasser, Terrorismus. Schließlich meldete Frankreich ebenfalls eine Häufung von EHEC-Erkrankungsfällen nach Verzehr von Sprossen. Die Rückverfolgungsergebnisse der verdächtigen Sprossenprodukte aus Frankreich und Deutschland wurden auf europäischer Ebene zusammengeführt und wiesen auf bestimmte Chargen aus Ägypten importierter Bockshornkleesamen als Quelle hin.

Daraufhin rieten die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und das Europäische Zentrum für die Prävention und Kontrolle von Krankheiten (ECDC) allen europäischen Verbrauchern vom Verzehr roher Sprossen ab. Das BfR veröffentlichte die wissenschaftliche Risikobewertung zum EHEC-Geschehen hinsichtlich der Bedeutung von Sprossen und Keimlingen sowie Samen zur Sprossenherstellung mit Stand vom 05. Juli 2011. Die EU-Kommission verpflichtete alle Mitgliedstaaten zu Rückverfolgungsmaßnahmen der verdächtigen Chargen an Bockshornkleesamen. Nachdem Maßnahmen der Unternehmen und der Bundesländer das Risikopotenzial für den deutschen Markt hinreichend verringert hatten, schränkten das BfR und die anderen Bundesbehörden die Verzehrsempfehlungen auf den Rohverzehr von Bockshornkleesamen aus Ägypten und daraus hergestellten Sprossen ein.

Am 26. Juli 2011 wurde der EHEC-Ausbruch vom RKI für beendet erklärt. Zu diesem Zeitpunkt waren drei Wochen lang keine neuen, offensichtlich dem Ausbruch zugehörigen Erkrankungsfälle übermittelt worden. Insgesamt wurden dem Ausbruch 3.842 Erkrankungsfälle zugerechnet (855 Erkrankungen an HUS, 2.987 Fälle von akuter Gastroenteritis). Es verstarben 53 Personen an der Infektion (35 HUS-Patienten und 18 Patienten mit Gastroenteritis) (Quelle: Robert Koch-Institut, 2011).

**Tab. 1: Chronologie des EHEC-Ausbruchsgeschehens 2011**

Anfang Mai	In Hamburg erkranken vermehrt Personen an blutigem Durchfall/EHEC und HUS.
21. Mai	RKI unterrichtet BfR und BVL über gehäuftes Auftreten von HUS- und EHEC-Fällen, die von HH und SH an das RKI übermittelt worden waren.
22. Mai	Die Erkrankungswelle erreicht ihren Höhepunkt, bezogen auf den Beginn der Durchfall-symptomatik, mit 161 neuen EHEC-Infektionsfällen und 63 HUS-Neuerkrankungen an einem Tag.
24. Mai	Dem RKI werden die ersten Todesfälle im Zusammenhang mit der Infektion übermittelt. Ergebnisse epidemiologischer analytischer Studien (Befragung von EHEC-Patienten durch RKI und HH) deuten auf pflanzliche Lebensmittel (Tomaten, Gurken und Blattsa-late) als Quelle der Erkrankungen hin.
25. Mai	BfR und RKI raten in gemeinsamer Stellungnahme vom Verzehr vom rohen Tomaten, Gurken und Blattsalaten in Norddeutschland ab (BfR-Stellungnahme 014/2011).
26. Mai	Das Hamburger Hygiene-Institut findet EHEC-Erreger in spanischen Salatgurken. HH informiert die Öffentlichkeit über Nachweise von EHEC-Erregern auf Gurken aus Spanien und erstattet Meldungen im Schnellwarnsystem RASFF an EU-KOM und alle MS.
30. Mai	BfR, Nationales Referenzlabor, stellt bei Überprüfung der labordiagnostischen Befunde aus HH fest, dass es sich um andere EHEC-Erreger als bei den erkrankten Patienten handelt.
31. Mai	BfR und ANSES entwickeln Schnelltest zur Identifikation von EHEC-Kontaminationen in Lebensmitteln
05. Juni	NI ruft zum Verzicht auf den Verzehr von Sprossen auf. Grundlage ist die Auswertung von Warenströmen, die sich von erkrankten Personen auf einen niedersächsischen Sprossenlieferanten verfolgen lassen. Am nächsten Tag erklärt BfR, es werde NI bei der Aufklärung der Hinweise unterstützen.
10. Juni	Bakterien vom Typ O104:H4 werden an Sprossen aus Bienenbüttel entdeckt. BfR, BVL und RKI raten vom Verzehr roher Sprossen ab und heben die frühere Ver-zehrsempfehlung für Gurken, Tomaten und Salat auf (BfR-Pressemitteilung 16/2011).
12. Juni	BfR gibt Verzehrsempfehlung für selbstgezogene und rohe Sprossen
24. Juni	F meldet im RASFF eine Häufung von EHEC-Erkrankungsfällen nach Verzehr von Sprossen (Bordeaux).
26. Juni	EU-KOM beauftragt EFSA mit der Aufklärung unter Beteiligung von BfR und BVL. Rückverfolgungsergebnisse aus D und F werden zusammengeführt.
29. Juni	EFSA und ECDC veröffentlichen eine Risikobewertung zum Ausbruch in F. Gemeinsa-me Quelle der Krankheitsausbrüche in D und F scheinen aus Ägypten importierte Bockshornklee-samen zu sein.
30. Juni	BfR veröffentlicht die vorläufige Risikobewertung zur Bedeutung von Bockshorn-kleesamen zur Sprossenherstellung im Zusammenhang mit dem EHEC-Ausbruchsgeschehen in Deutschland (BfR-Stellungnahme 023/11). Basierend auf Stel-lungnahmen des BfR ordnet das für die Überwachung des deutschen Importeurs zu-ständige Bundesland die Rücknahme mehrerer Chargen Bockshornklee-samen aus Ä-gypten an.
01. und 05. Juli	WHO, dann auch EFSA und ECDC raten europäischen Verbrauchern vom Verzehr ro-her Sprossen ab.
05. Juli	Das BfR veröffentlicht eine umfangreiche Risikobewertung zur Bedeutung von EHEC O104:H4 in Sprossen und Keimlingen sowie Sprossensamen im Ausbruchsgesche-hen Mai/Juni 2011.  Das BfR bestätigt Ägypten als wahrscheinlichen Ursprung des EHEC-Erregers.

**Fortsetzung Tab. 1: Chronologie des EHEC-Ausbruchsgeschehens 2011**

06. Juli	EU-KOM verpflichtet MS zu Rückverfolgungsmaßnahmen und verbietet die Einfuhr bestimmter Samen und Bohnen aus Ägypten bis zum 31. Oktober 2011.
11. Juli	BfR veröffentlicht eine wissenschaftliche Risikobewertung über die Bedeutung von EHEC O104:H4 in Bockshornkleesamen, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet werden (BfR-Stellungnahme 025/2011). BfR initiiert eine Abfrage des BVL zu dem Ergebnis der zwischenzeitlich durchgeführten Maßnahmen in den Ländern, um das z.B. durch Kreuzkontamination verbleibende Risikopotenzial abschätzen zu können.
21. Juli	BfR, BVL und RKI beschränken die früheren Verzehrsempfehlungen auf den Rohverzehr von Bockshornkleesamen aus Ägypten und daraus hergestellte Sprossen (BfR-Pressenmitteilung 023/2011). Die weitergehenden Verzehrsempfehlungen anderer Behörden, z.B. EFSA, ECDC, ANSES, bleiben zunächst bestehen.
26. Juli	RKI teilt mit, dass aus den Bundesländern seit drei Wochen keine neuen Erkrankungen mehr gemeldet worden seien. Das RKI erklärt EHEC-Ausbruch in Deutschland für beendet.

**Referenzen**

- Henning, K. J. 2011. EHEC: BfR leistet Aufklärung in einer weiteren Lebensmittelkrise. Food & Recht Praxis 03, 1–4
- Robert Koch-Institut. 2011. Bericht: Abschließende Darstellung und Bewertung der epidemiologischen Erkenntnisse im EHEC-O104:H4-Ausbruch, Deutschland 2011. Berlin

## 4 Methodisches Vorgehen zur Rück- und Vorwärtsverfolgung

### 4.1 Einführung

Trotz umfangreicher Untersuchungen war ein mikrobiologischer Nachweis von *E. coli* (EHEC) des Serotyps O104:H4 auf verdächtigen Lebensmitteln nicht möglich (BfR-Stellungnahme 023/2011 vom 05. Juli 2011). Auf der anderen Seite deuteten verschiedene Verdachtsmomente, darunter auch die statistisch ausgewerteten Ergebnisse von Patientenbefragungen durch das Robert Koch-Institut (RKI), auf frisch verzehrte Salatbestandteile (Gurke, Tomaten, Salat, Sprossen) als mögliche Infektionsvehikel hin (Frank et al., 2011a,b; RKI, 2011; Task Force EHEC, 2011). Hieraus ergab sich die Notwendigkeit für eine systematische Verfolgung der verdächtigen Lebensmittel ausgehend von ausgewählten Infektionsclustern entlang der Warenketten, um die mögliche Quelle des Ausbruchs zu identifizieren und damit eine Aufklärung des Ausbruchs in Abwesenheit von mikrobiologischen Bestätigungsuntersuchungen zu ermöglichen. Im Rahmen der Datenerhebung zeigte sich, dass die zunächst verfügbaren Methoden der elektronischen Datenerfassung von Lieferbeziehungen für den Zweck der epidemiologischen Ausbruchsauflklärung erweitert und angepasst werden mussten. Außerdem war aufgrund der Komplexität des Liefernetzwerks (Anzahl der Knoten und Verbindungen) sowie der großen Anzahl der Ausbruchcluster und verdächtiger Lebensmittel eine Visualisierung der Informationen mit herkömmlichen Mitteln (Flipchart und Pinnwand) nicht mehr möglich. Deshalb wurden ein modifiziertes Datenerfassungsinstrument sowie ein neues Auswertungskonzept – unter Einsatz von Netzwerkanalysetechniken – entwickelt, welche geeignet waren, große Datenmengen abzubilden und zu analysieren. Die Visualisierungsmethodik erwies sich dabei als effizientes Kommunikationsmittel für die Fachleute der an der Ausbruchsauflklärung beteiligten Institutionen und nicht zuletzt auch für die Öffentlichkeitsarbeit. Weitere Analysen, insbesondere verschiedene Risikobewertungen und weiterführende epidemiologische Untersuchungen, konnten auf dem Auswertungskonzept aufbauen. Die entwickelte Lösung bietet außerdem Schnittstellen z.B. in Form von exportierbaren Exceltabellen, die für weiterführende Analysen unter Nutzung anderer Softwareprodukte und Anwendungsgebiete verwendet werden können.

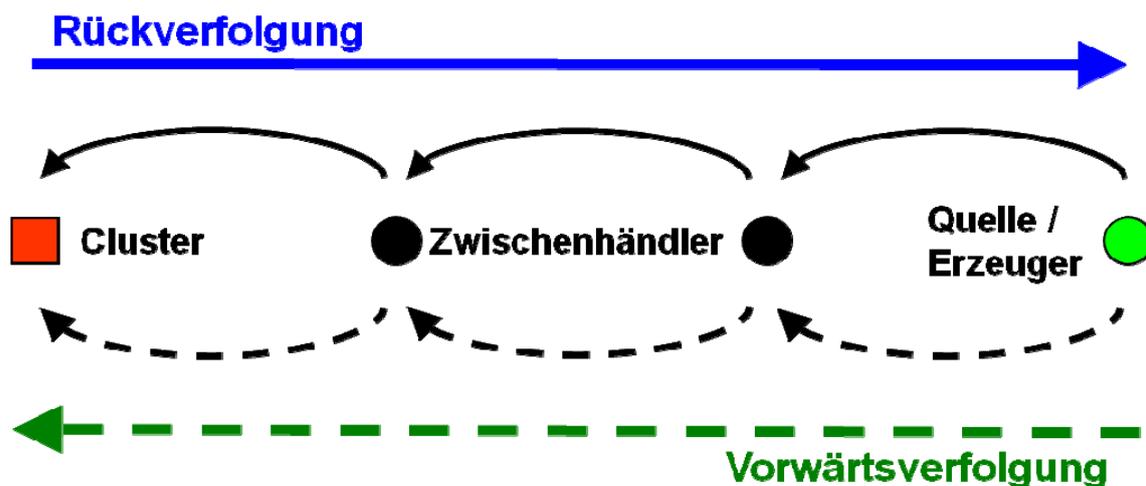
Das Ergebnis des Einsatzes dieser Technik führte zusammen mit einer Restaurant-Kohortenstudie des RKI schließlich zu der Erkenntnis, dass Sprossen aus einem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen mit hoher Wahrscheinlichkeit das ursächliche Infektionsvehikel für die beobachteten Erkrankungshäufungen in Deutschland darstellten (Buchholz et al., 2011; RKI, 2011; Task Force EHEC, 2011). Eine Erweiterung dieses Ansatzes auf europäischer Ebene in der EFSA Task Force war ebenso erfolgreich. Als am 24. Juni auch in Frankreich eine Gruppe von Patienten mit blutigem Durchfall (EFSA, 2011) auftrat, verursacht durch den gleichen EHEC-O104:H4-Stamm wie in Deutschland, konnten die beiden Ausbrüche miteinander epidemiologisch – unter Anwendung der entwickelten Auswertungstechnik und Datenbank – in Verbindung gebracht werden. Dadurch konnten Bockshornkleesamen aus Ägypten als die wahrscheinliche Quelle der Ausbrüche in Deutschland und Frankreich identifiziert werden (EFSA, 2011).

Im Folgenden wird die Methodik der Datenerfassung und Auswertung dargestellt, die zur Aufklärung des Ausbruchs angewandt wurde.

### 4.2 Methodik

Unabhängig vom spezifischen Ausbruchsgeschehen gestaltet sich die Rückverfolgung im Allgemeinen wie folgt: Zunächst werden von der Gesundheitsseite aus infektionsepidemiologischer Sicht solche Ausbruchcluster identifiziert, die für Patientenbefragungen und weitere Untersuchungen zur Aufklärung des Ausbruchs geeignet sind. Beginnend von einem oder mehreren Ausbruchclustern, wird zunächst rückwärts über die verschiedenen Zwischenstufen der Lieferkette eine mögliche gemeinsame Quelle der Ausbruchcluster identifiziert

(Abb. 3). Bei Verdacht einer Quelle kann vorwärts entlang der Lieferkette verfolgt werden, ob die Verbindung zu den Ausbruchsklustern auch nach Ermittlung detaillierter Information (z.B. Produktionschargen) bestätigt werden kann. Zusätzlich wird die Vorwärtsverfolgung auch angewendet, um weitere noch unbekannte Ausbruchsklustern oder kritische Punkte (z.B. Zwischenhändler mit weit verzweigtem Handelsnetz, Einzelhandel, große Restaurants oder Kantinen) zu identifizieren. Die vollständige Ermittlung der Liefermengen ermöglicht auch, den Verbleib kontaminierter Lebensmittel aufzuzeigen. Darüber hinaus unterstützt diese Methodik eine Aufstellung von Hypothesen bezüglich eines Eintragsorts und/oder -wegs und somit die Aufdeckung der Ursache der Kontamination (siehe Abb. 3). Die Rück- und Vorwärtsverfolgung ergänzen sich gegenseitig.



**Abb. 3: Schematische Darstellung der Verfolgungsstrategien**

(1) Identifikation von „Erkrankungsklustern“ (RKI), (2) Rückverfolgung: Cluster → gemeinsamer Erzeuger/Quelle (blau), (3) Vorwärtsverfolgung: Erzeuger/Quelle → weitere Cluster (grün)

Im aktuellen Ausbruchsgeschehen wurden einerseits rückwärts, d.h. beginnend von ausgewählten Ausbruchsklustern, andererseits auch vorwärts, d.h. ausgehend von einem in den Fokus geratenen Gartenbaubetrieb in Niedersachsen, die Lebensmittellieferketten analysiert. Für die Vorwärts- und Rückwärtsverfolgung wurde im Rahmen des Ausbruchsgeschehens eine Datenstruktur definiert und eine praktikable Vorgehensweise für die Datenerhebung entwickelt.

#### 4.2.1 Lebensmittelliste

Da die Auswertung aller Lebensmittel, die in ausgewählten Ausbruchsklustern verzehrt wurden, zu einer in kurzer Zeit nicht zu bewältigenden Datenfülle geführt hätten, wurde aufgrund von Fall-Kontroll-Studien (RKI, 2011), Erfahrungen mit EHEC-Ausbrüchen und Interviews mit Restaurantköchen eine Vorauswahl der zu untersuchenden Lebensmittel getroffen. Am Ende umfasste diese Liste 91 Lebensmittel (siehe Appendix, Tab. 2), u.a. alle Sprossenarten, Frischkräuter, Blattsalate und Fruchtgemüse wie Gurken und Tomaten, welche als Zutaten für „Salatteller“ oder „Garnitur“ infrage kamen und bei der Datenerhebung entsprechend abgefragt wurden.

#### 4.2.2 Gesetzgebung und Informationsquellen für die Rückverfolgung

Voraussetzung für eine erfolgreiche Rückverfolgung ist die Verfügbarkeit von entsprechenden Lieferdaten, um so eine Auswertung vorzunehmen, und das Vorliegen einer entsprechend strukturierten Datenbank.

Die EU-Gesetzgebung (Verordnung [EG] Nr. 178/2002, Artikel 18) verlangt, dass Lebensmittelunternehmen Informationen über alle ihre Lieferanten (einen Schritt rückwärts) und über alle ihre Kunden (einen Schritt vorwärts) sammeln und archivieren müssen. Die Durchführung dieser Verordnung ist in Deutschland im Lebensmittel- und Futtermittelgesetz (LFGB) geregelt (BGBl, 2005).

Die Rückverfolgbarkeit von Gemüse, Obst oder Pflanzensamen wird wie bei Lebensmitteln tierischen Ursprungs durch Verordnung (EG) Nr. 178/2002 geregelt. Aber im Gegensatz zu den zentralen Tier-Datenbanken („Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere“ – HI-TIER: [www.hi-tier.de](http://www.hi-tier.de)) ist keine derart detaillierte zentrale Datenbank über Herkunft und Transport weiterverarbeiteter Lebensmittel oder für Obst und Gemüse vorgeschrieben. Im Rahmen von QS-Systemen werden von Seiten der Wirtschaft Daten auch für den Zweck der Rückverfolgbarkeit eigenverantwortlich erhoben. Solche Daten wurden im EHEC-Ausbruchsgeschehen 2011 den zuständigen Behörden zur Verwendung angeboten. Allerdings waren einzelne am Ausbruchsgeschehen beteiligte Betriebe an solchen Systemen nicht beteiligt, sodass auf die Erfassung und Auswertung von Lieferscheinen und Rechnungen mit unterschiedlicher Informationstiefe durch die EHEC Task Force zurückgegriffen werden musste. Die benötigten Informationen wurden von den lokalen Behörden direkt bei den Unternehmen (z.B. Erzeuger, Lieferanten, Restaurants, Hotels, Supermärkte) meist in Form von Lieferscheinen erhoben. In einzelnen Fällen konnte auf gut organisierte, unternehmensinterne Datenbanken zurückgegriffen werden.

Darüber hinaus war es erforderlich, die für das Ausbruchsgeschehen konkret relevante Information aus wissenschaftlicher Sicht zu identifizieren. Im nächsten Schritt musste eine Datenbank entwickelt werden, die auf den konkreten Informationsbedarf zugeschnitten ist und unter den Arbeitsbedingungen einer Krisensituation qualitätsgesicherte Dateneingaben und Auswertungen ermöglicht. Insgesamt stellte sich das Problem, dass die ermittelten Informationen aus Quellen sehr unterschiedlicher Qualität stammten. Aufgrund der Komplexität der Lieferkettendaten war die Dateneingabe zudem nur durch ad-hoc geschultes Personal möglich.

Bei der chargenbezogenen Rückverfolgung wird man mit mehreren weiteren Problemen konfrontiert: Einerseits ändern sich die Chargennummern, Produktbezeichnungen und Artikelnummern entlang der Lieferkette. Andererseits kann sich auch die Zusammensetzung der Produkte ändern, da das Produkt möglicherweise verarbeitet oder mit anderen Produkten vermischt wird. Somit ist eine korrekte Zuordnung der Charge des Produktes und der Chargen seiner jeweiligen Zutaten in jedem betrachteten Betrieb eine anspruchsvolle Ermittlungsaufgabe und erfordert eine enge fachliche Koordination der Dateneingabe und Abstimmung bei den hierbei auftretenden Detailfragen.

#### 4.2.3 Werkzeuge zur strukturierten Datenerfassung und Analyse

Bis zum EHEC-Ausbruch im Jahr 2011 gab es keine Werkzeuge zur strukturierten Erfassung der benötigten Informationen. Beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) war vor Einberufung der EHEC Task Force eine Exceltabelle in Verwendung, in der die aus den Bundesländern gemeldeten Informationen über Lieferwege gesammelt und verwaltet wurden. Diese Tabelle erwies sich allerdings als ungeeignet für eine chargenspezifische Verfolgung von Lebensmitteln.

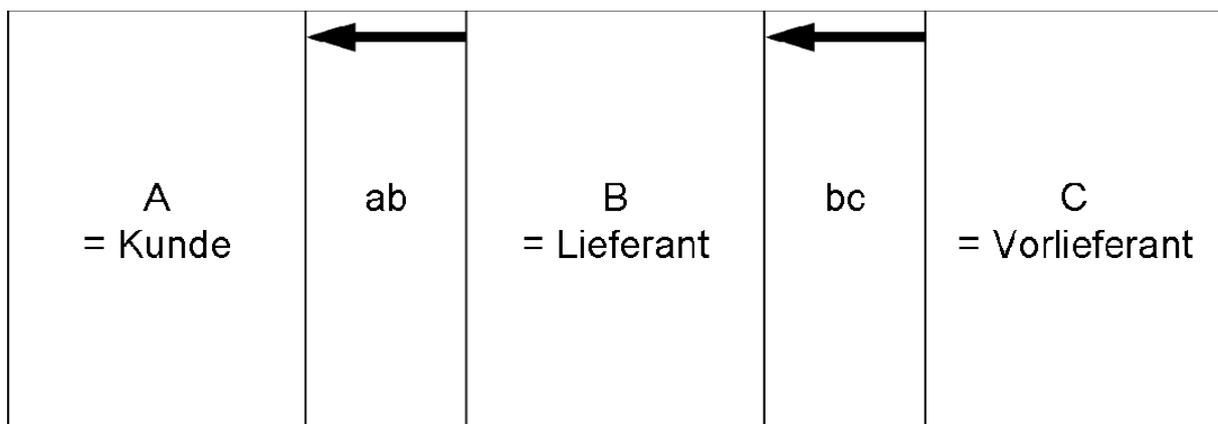
Deshalb mussten in kurzer Zeit ein neues Datenformat und neue Datenanalysewerkzeuge entwickelt werden. Diese Werkzeuge wurden im Rahmen der Task Force EHEC von Mitarbeitern des BfR und der EFSA entwickelt und ständig erweitert und verbessert.

#### 4.2.3.1 Entwicklung einer modifizierten Exceltabelle zur strukturierten Datenerfassung

Für eine sinnvolle Rückwärtsverfolgung war es notwendig, eine Datenstruktur und eine Software zu entwickeln, die mehrere Anforderungen erfüllt:

1. Sie muss einfach und mit kurzfristig realisierbarem Anleitungsaufwand bedienbar sein.
2. Um eine rasche Datenübermittlung zu gewährleisten, müssen die Daten via E-Mail versendbar sein.
3. Die Daten müssen in eine zentrale relationale Datenbank importiert werden können, um als Basis für die Analysen dienen zu können.

Zur Datenerfassung wurde das Excel-Format beibehalten, da es in allen Behörden, die mit der Datenermittlung vor Ort betraut waren, vorhanden ist und von den dortigen Mitarbeitern benutzt werden kann. Die neu entwickelte Exceltabelle ist in fünf verschiedene Blöcke aufgeteilt (schematische Darstellung siehe Abb. 4). Jede Zeile der Exceltabelle umfasste die Information der Lieferung eines Produktes vom Vorlieferanten (C) über den Lieferanten (B) zum Kunden (A) (entsprechend Verordnung [EG] Nr. 178/2002: ein Schritt zurück bzw. vorwärts vom Fokusbetrieb B aus). Der Vorteil der neu entwickelten Struktur war, dass mit einer Anfrage an einen spezifischen Betrieb gleichzeitig alle Daten sowohl für die Rückwärts- als auch Vorwärtsverfolgung erhoben werden konnten. Dadurch war insgesamt eine chargenspezifische Verfolgung gewährleistet und die fertigen Exceltabellen konnten in eine spezielle relationale Datenbank importiert werden. Durch Befragung aller Betriebe einer Lieferkette war zudem eine Plausibilitätsprüfung möglich (Ausgänge in Betrieb B sind Eingänge in Betrieb A usw.).



**Abb. 4: Schematische Darstellung der Exceltabelle für die Datenerfassung**

Block „B“ ist der Betrieb im Fokus. Block „C“ steht für den Versender an „B“, während Block „A“ der Kunde der Firma B ist. Block „ab“ enthält die Informationen über das Produkt, das von Firma B zu A geliefert wird, und Block „bc“ dessen Zutaten von der Firma C. Die Pfeile geben die Richtung des Warentransports an.

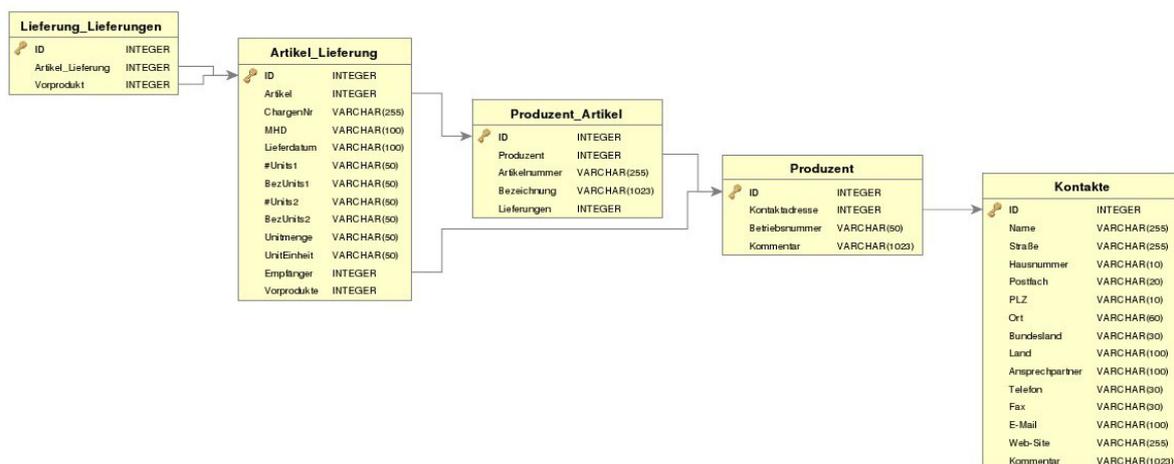
Die verfügbaren Daten können von der für die Rückverfolgung zuständigen Behörde in die Exceltabelle eingetragen werden. Danach wird eine Anfrage zusammen mit der Exceltabelle an die lokalen Lebensmittelüberwachungs- und Gesundheitsbehörden zur Vervollständigung der fehlenden Daten gesendet. Die ausgefüllte Exceltabelle mit allen relevanten Daten für die Vorwärts- und Rückwärtsverfolgung ist dann bereit für den Import in die relationale Datenbank.

#### 4.2.3.2 Relationale Datenbank für strukturierte Datenanalyse

Die Verwendung einer relationalen Datenbank – mehrere über Bezüge verknüpfte Tabellen – bietet folgende Vorteile: (1) Übertragung in ein standardisiertes und eindeutig strukturiertes Datenformat, (2) Konsistenz- und Plausibilitätsprüfungen beim Datenimport zur Kompensation der Fehleranfälligkeit der Informationserfassung mittels Exceltabelle, (3) Ermittlung der Lieferketten in Teilstücken (pro Betrieb je ein Schritt vor und zurück) und anschließendes Zusammensetzen des gesamten Liefernetzwerks, (4) Strukturierung und Analyse des gesamten Liefernetzwerk über Datenabfragen und (5) Export der Datenabfrage in einem standardisierten Format für weitergehende Analysen in anderen Softwareumgebungen.

Für die relationale Datenbank wurde eine Softwareumgebung in HSQLDB verwendet, die all diese Optionen bietet und am BfR etabliert ist. Weiterhin spielen für den Import in die Datenbank die Anzahl und Reihenfolge der Exceltabellen keine Rolle. Die Datenbank besteht insgesamt aus fünf relational verknüpften Tabellen, die sich an die Excelstruktur zur Datenerfassung anlehnen (siehe Abb. 5).

Die derzeitige Datenbankstruktur ist im Prinzip für alle Arten von Produkten (Lebensmittel, Spielzeug etc.) geeignet. Sie kann aber bzgl. der Datenfelder schnell modifiziert werden, wenn z.B. stark verarbeitete Produkte wie Fertiggerichte in einem Ausbruchsgeschehen beteiligt sind und hier zusätzliche Informationen (Verarbeitungsgrad, Verarbeitungsmethode etc.) nach Konsultation von Lebensmittel- und Ernährungsexperten des BfR nötig erscheinen.



**Abb. 5: Datenbankstruktur: Die Datenbank besteht aus fünf Tabellen, welche relational miteinander verbunden sind.**

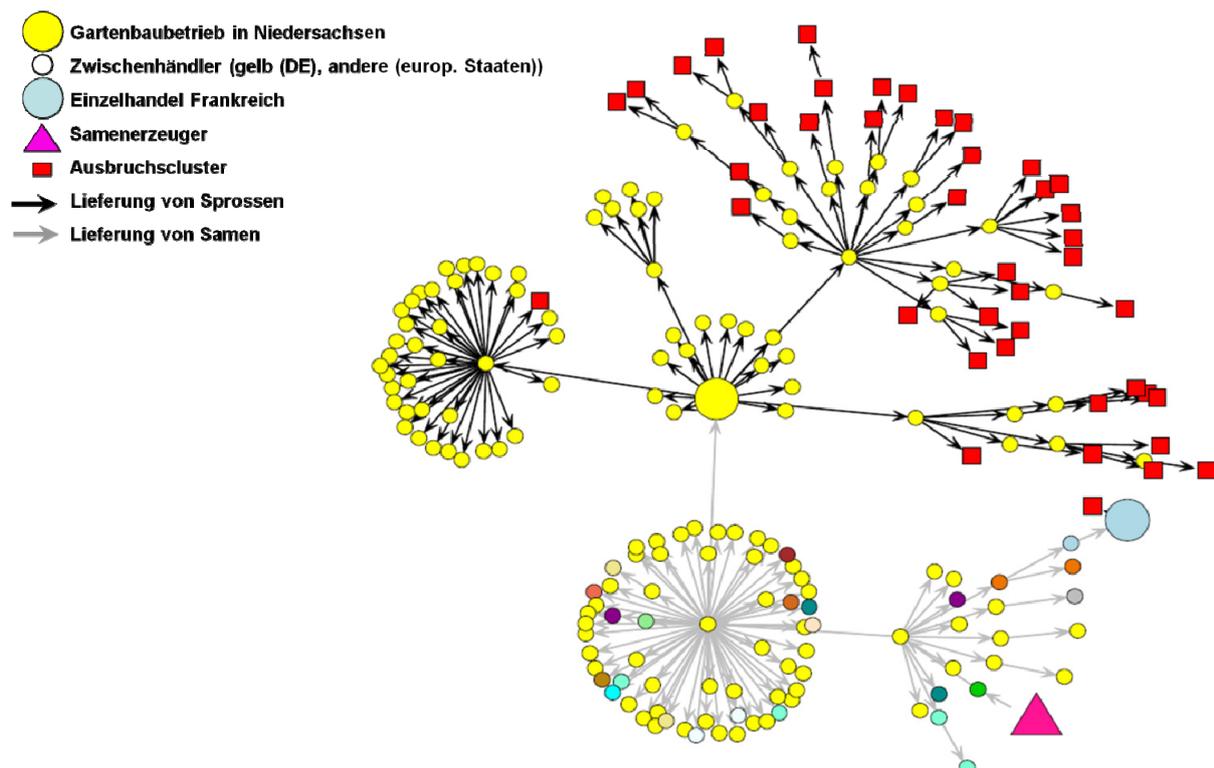
#### 4.2.3.3 Analyse und Visualisierung der Daten

Wie einleitend dargestellt, war eine zentrale Aufgabe zunächst die Visualisierung des Warenstromnetzwerkes. Da jedoch bei mehreren hundert Lieferbeziehungen solch eine Visualisierung schnell sehr unübersichtlich wird, wurden entsprechende Datenbankfilter eingesetzt. Filter von Interesse waren z.B. der Produktname oder die Produktnummer. Es können (1) alle Lieferbeziehungen ausgewertet werden, welche in direkter oder indirekter Beziehung zum abgefragten „Filter“ stehen, (2) beliebig viele Filter definiert werden und (3) diese mit dem logischen Attribut „AND“ oder „OR“ verknüpft werden, um eine Visualisierung für verschiedene Fragestellungen zu ermöglichen.

Die primäre Aufgabe bei der Rückverfolgung, d.h. Identifizierung von gemeinsamen Schnittpunkten, ist daher einfach: Zunächst werden verschiedene Punkte im Netzwerk (z.B. die Ausbruchscluster) und der gewünschte Filter (z.B. Chargennummer) definiert. Die Datenbank liefert dann eine Liste von gemeinsamen Punkten innerhalb des Netzwerkes und ihre Verbindungen zueinander. Alle gefilterten Daten werden in einem standardisierten Datenformat exportiert zur weiteren Analyse und visuellen Darstellung mit anderer Software.

Die Visualisierung der Netzwerke (Stellungnahme 023 des BfR vom 05. Juli 2011) erfolgte auf zwei Wegen: mit dem R-Paket „network“ (Butts, 2008, <https://statnet.org>, siehe Abb. 6) und mit der graphviz-Visualisierungssoftware ([www.graphviz.org](http://www.graphviz.org), Weiser et al. [in prep.]). Eine weitere Möglichkeit der Visualisierung, die geografische Projektion auf Kreisebene, wurde in Google Earth ([www.google.de/intl/de/earth](http://www.google.de/intl/de/earth), Weiser et al. [in prep.]) realisiert. Dies wurde durch die Erzeugung einer Datei in einem entsprechenden Format, das von Google Earth interpretiert werden kann, erreicht.

Schließlich wurde speziell für den EHEC-Ausbruch 2011 auch der Verwendungszweck der gelieferten Produkte analysiert (Stellungnahme 049 des BfR vom 23. November 2011). Allerdings war es hierzu notwendig, im Nachgang zusätzliche Informationen (Internetauftritt der verbrauchernahen Firmen: „Welche Produkte werden an Endkunden verkauft?“) zu recherchieren, die im Vorfeld nicht erfasst worden waren.



**Abb. 6:** Kombinierte Netzwerkdarstellung aller relevanten Bockshornkleesamen- und Sprossenslieferungen. Lieferantennetzwerk beim EHEC-O104:H4-Ausbruch 2011, kombinierte Lieferketten-Vorwärts- und Rückwärtsverfolgung: Hier sind alle Betriebe dargestellt, die mit der verdächtigen Charge über Samen oder produzierte Sprossen in Berührung gekommen sind. (erstellt mit dem R-Paket „network“: Butts, 2008, <https://statnet.org>)

### 4.3 Fazit

Die hier beschriebene Rückverfolgungsanalyse ist eine Methode der epidemiologischen Ausbruchsaufklärung auf der Lebensmittelseite. Bei großen, multifokalen Ausbrüchen basiert diese Vorgehensweise auf der Identifikation von Ausbruchsklustern als Ausgangspunkte für die Rückverfolgung. Als Ergebnis können kritische Knotenpunkte des Vertriebsnetzes für Betriebsinspektionen oder mikrobiologische Beprobung ausgemacht werden. Die Aufklärung des EHEC-Ausbruchs 2011 durch einen mikrobiologischen Nachweis des ursächlichen Erregers entlang der Warenkette war nicht möglich. Die Ausbruchsaufklärung beruhte daher allein auf epidemiologischer Evidenz. Somit haben sich die epidemiologischen Methoden zur Identifikation des Lebensmittelvehikels (insbesondere durch die rezeptbasierte Restaurant-Kohortenstudie; RKI, 2011) in Kombination mit der Analyse der Rückverfolgungsdaten bewährt.

Rückblickend kann die vollständige Erhebung und strukturierte Erfassung aller notwendigen Detaildaten der Lieferbeziehungen als schwierigste Aufgabe der Rückverfolgung herausgestellt werden. Das hier beschriebene Konzept – Exceltabelle/relationale Datenbank/Netzwerk-Analyse – bewies während des EHEC-Ausbruchs 2011, dass sie schnell und effektiv funktioniert, vor allem unter der Prämisse, dass sie innerhalb eines sehr kurzen Zeitrahmens entwickelt und umgesetzt worden war. Die Datenlieferanten waren in der Lage, die notwendigen Informationen zeitnah zu liefern, weil Excel weit verbreitet ist und die meisten Menschen mit der Anwendung vertraut sind. Zum Ausgleich der Nachteile von Excel-basiertem Austausch von Informationen wurde eine neue relationale Datenbankstruktur entwickelt, die Plausibilitätsprüfungen, Datenkorrektur und Integration mit Analysesoftware unterstützt. Die eingegebenen Daten wurden automatisch auf Korrektheit und Plausibilität geprüft und sofort analysiert.

Zusammenfassend betrachtet hatte das hier beschriebene Konzept der Datenerfassung und –analyse zur Rückverfolgung von Lieferketten einen großen Anteil am Erfolg bei der Ermittlung der Quellen des EHEC-Ausbruchs 2011. Sie ist anwendbar auf alle Arten von Lebensmitteln und verbrauchernahen Produkten. Allerdings sollte in naher Zukunft angestrebt werden, ein Datenverwaltungssystem zu entwickeln, das die sofortige elektronische Bereitstellung von Handelsdaten bei gleichzeitiger Gewährleistung der Vertraulichkeit der Daten realisieren kann, damit solche Krisen noch effizienter und schneller gelöst werden können. Außerdem sind die Datenverarbeitungssysteme unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten an die jeweilige Ausbruchssituation anzupassen.

### 4.4 Referenzen

- Buchholz, U., Bernard, H., Werber, D., Böhmer, M.M., Remschmidt, C., Wilking, H., Deleré, Y., an der Heiden, M., Adlhoch, C., Dreesman, J., Ehlers, J., Ethelberg, S., Faber, M., Frank, C., Fricke, G., Greiner, M., Höhle, M., Ivarsson, S., Jark, U., Kirchner, M., Koch, J., Krause, G., Lubber, P., Rosner, B., Stark, K., Kühne M. 2011. German outbreak of *Escherichia coli* O104:H4 associated with sprouts. *N Engl J Med* 365, 1763–1770  
[www.nejm.org/toc/nejm/365/19/](http://www.nejm.org/toc/nejm/365/19/)
- Butts, C. 2008. network: A package for managing relational data. *R J Stat Soft* 24,  
[www.jstatsoft.org/](http://www.jstatsoft.org/)
- EFSA. 2011. Tracing seeds, in particular fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds, in relation to the Shiga toxin-producing *E. coli* (EHEC) O104:H4 2011 Outbreaks in Germany and France. [www.efsa.europa.eu/en/supporting/doc/176e.pdf](http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/doc/176e.pdf)

- Frank, C., Faber, M.S., Askar, M., Bernard, H., Fruth, A., Gilsdorf, A., Höhle, M., Karch, H., Krause, G., Prager, R., Spode, A., Stark, K., Werber, D., on behalf of the HUS investigation team. 2011a. Large and ongoing outbreak of haemolytic uraemic syndrome, Germany, May 2011. *Euro Surveill* 16(21), p =19878  
[www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19878](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19878)
- Frank, C., Werber, D., Cramer, J.P., Askar, M., Faber, M., an der Heiden, M., Bernard, H., Fruth, A., Prager, R., Spode, A., Wadl, M., Zoufaly, A., Jordan, S., Stark, K., Krause, G., for the HUS Investigation Team. 2011b. Epidemic profile of shiga-toxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 outbreak in Germany – preliminary report. *N Engl J Med* 365, 1771–1780
- Gesetz zur Neuordnung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts. Bundesgesetzblatt 2005 Teil 1, Nr. 55, 2618–2669
- Robert Koch-Institut. 2011. Bericht: Abschließende Darstellung und Bewertung der epidemiologischen Erkenntnisse im EHEC O104:H4 Ausbruch, Deutschland 2011. Berlin  
[http://edoc.rki.de/documents/rki\\_ab/reeFNxULvsdZo/PDF/262b4Pk2TGGs.pdf](http://edoc.rki.de/documents/rki_ab/reeFNxULvsdZo/PDF/262b4Pk2TGGs.pdf)
- Task Force EHEC: Julian Adolphs, Bernd Appel, Helen Bernard, Martin Bisping, Juliane Bräunig, Bernd Broschewitz, Michael Bucher, Andrea Ernert, Alexandra Fetsch, Doris Förster, Oliver Frandrup-Kuhr, Gerd Fricke, Matthias Greiner, Stefan Gross, Christoph-Michael Hänel, Katrin Heusler, Petra Hiller, Jan Hoffbauer, Julia Jähne, Marcel Kalytta, Annemarie Käsbohrer, Norbert Kenntner, Andreas Kliemant, Désirée Krügerke, Simone Kuhlmei, Kristian Kühn, Manfred Kutzke, Wulf Ladehoff, Oliver Lehmsiek, Petra Luber, Olaf Mosbach-Schulz, Britta Müller, Christine Müller-Graf, Irina Otto, Albert Rampp, Annette Reinecke, Karen Remm, Bettina Rosner, Anika Schielke, David Trigo, Jürgen Wallmann, Armin Weiser, Heidi Wichmann-Schauer, Jan-Frederik Wigger. 2011. Ergebnisbericht der Task Force EHEC zur Aufklärung des EHEC-O104:H4-Krankheitsausbruchs in Deutschland. *J Verbr Lebensm* DOI 10.1007/s00003-011-0710-7
- Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L31/1–24

## 4.5 Anhang

**Tab. 2: Lebensmittelliste für die chargenspezifische Rückverfolgung aus den Ausbruchsklustern**

Liste der zu berücksichtigten Lebensmittel	
ADV Nr.	Bezeichnung
<b>Sprossen/Keimlinge</b>	<b>Alle Sprossen</b>
250213	Sojakeimling
250214	Weizenkeimling
250215	Linsenkeimling
250216	Senfkeimling
250217	Luzernekeimling
250218	Sonnenblumenkeimling
250219	Mungobohnenkeimling
250220	Kressekeimling
250221	Rettichkeimling
	Radieschenkeimling
	Azukikeimling
	Alfalfakeimling
250227	Getreidekeimling
250228	Roggenkeimling
250229	Gerstenkeimling
250230	Maiskeimling

Fortsetzung Tab. 2: Lebensmittelliste für die chargenspezifische Rückverfolgung aus den Ausbruchsklustern

ADV Nr.	Bezeichnung
260316	Kresse
	Brunnenkresse
250119	Kresse/Garten-/Kapuzinerkresse
<b>Kräuter</b>	<b>Alle Kräuter</b>
530101	Ingwer
530103	Zitwer
530104	Galgant
530105	Kalmus
530106	Liebstockelwurzel
530200	Gewürze
530201	Basilikum
530202	Beifuß
530203	Bohnenkraut
530204	Borretsch
530205	Dill
530206	Estragon
530208	Liebstockelkraut
530209	Majoran
	Oregano
530211	Pimpinelle
530212	Rosmarin
530213	Melisse
530214	Salbei
530215	Thymian
530216	Ysopkraut
530217	Wermutkraut
530219	Kerbel
530220	Weinraute
530221	Schabzigerklee
530222	Petersilie
530223	Schnittlauch
530224	Blattsellerie
530226	Koriander
530227	Zitronengras
250149	Minze
<b>Kleine Blätter</b>	<b>Alle kleine Blätter</b>
250114	Spinat
260317	Löwenzahn
250152	Sauerampfer
250154	Bärlauch
250142	Rucola
250158	Fenchelblätter
250132	Brennnessel
250116	Knollensellerieblätter
250117	Petersilienblätter
250121	Melde
250127	Stielmus

**Fortsetzung Tab. 2: Lebensmittelliste für die chargenspezifische Rückverfolgung aus den Ausbruchsklustern**

ADV Nr.	Bezeichnung
<b>Salate</b>	<b>Alle Salate</b>
250101	Kopfsalat
250102	Feldsalat
250103	Schnittsalat
250104	Römischer
250105	Chicoree
250106	Endivie
250108	Löwenzahn
250120	Mangold
250123	Radiccio
250126	Eisbergsalat
250130	Friseesalat
250134	Eichblattsalat
250135	Bataviasalat
250128	Zuckerhutsalat
250137	Lollo rosso
250138	Lollo bianco
250157	Pak-Choi
<b>Zwiebel/Lauch</b>	
250131	Lauchzwiebel
250207	Schalotte
250208	Zwiebel
<b>Sonstige</b>	<b>Alle Sonstigen</b>
250115	Bleich-/Stauden-/Stangensellerie
250202	Kohlrabi
250212	Fenchel
	Radi
	Radieschen
	Mairübchen
<b>Fruchtgemüse</b>	
250301	Tomate
250305	Gurke
250309	Zucchini

## 5 Arbeiten im Nationalen Referenzlabor für *E. coli* einschließlich verotoxinbildende *E. coli*

### 5.1 Laboruntersuchungen zur Zeit des EHEC-O104:H4-Ausbruchs

#### 5.1.1 Aufgabe des NRL *E. coli*

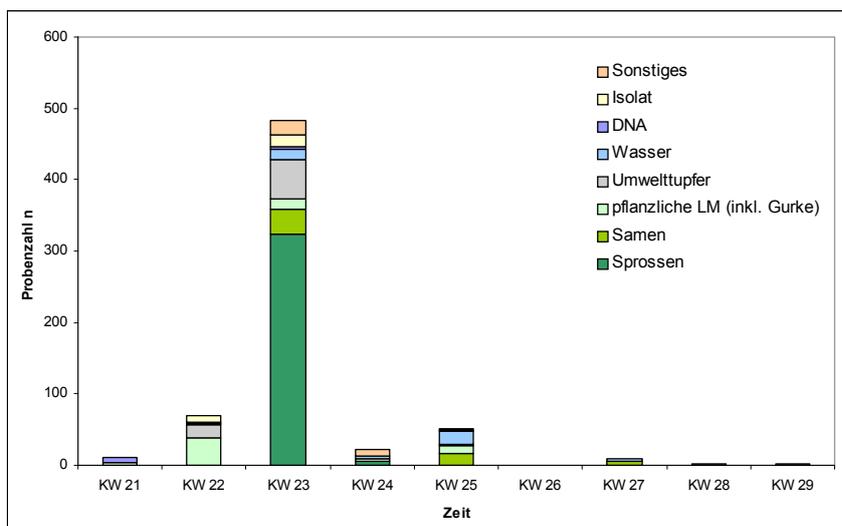


**Abb. 7:** Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Nationalen Referenzlabors für *E. coli* am BfR

Zum normalen Angebotsspektrum des NRL *E. coli* gehören die Differenzierung und Typisierung von Shiga-Toxin-bildenden *E. coli*-Stämmen, die im Rahmen der Untersuchungstätigkeit der Länderlaboratorien isoliert werden. Das NRL für Antibiotikaresistenz führt darüber hinaus die Bestimmung der Resistenzen bei kommensalen *E. coli* im Rahmen der jährlichen Monitoringprogramme durch. Diese Untersuchungen erfolgen aufgrund von Probeneinsendungen (i.d.R. Stammsolate) aus den Untersuchungslaboratorien der Länder.

Die NRLs des BfR sind nicht, wie die Labore der amtlichen Überwachung, auf die Routineuntersuchung von Lebensmitteln mit einem hohen Probendurchsatz eingestellt, sondern neben ihren Dienstleistungen für externe Labore darauf ausgerichtet, Nachweis- und Probenaufbereitungsverfahren für die Überwachung zu entwickeln und bereitzustellen, Laborvergleichstests zu organisieren und durchzuführen sowie besondere Fragestellungen unterstützend im Labor zu begleiten.

Im Rahmen des EHEC-Ausbruchs war schnell zu erkennen, dass seitens des BfR zur Unterstützung der Untersuchungslaboratorien der Länder Aufgaben zu übernehmen waren, die weit über die üblichen Leistungsangebote des NRL hinaus reichten. Neben einer gesteigerten Anzahl an Einsendungen zur Differenzierung, Typisierung und Bestimmung von Antibiotikaresistenzen von Isolaten war auch die Untersuchung von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln, von Wasser- sowie Samenproben auf Shiga-Toxin-bildende *E. coli* (STEC) erforderlich. In Abbildung 8 sind die Probeneingangszahlen grafisch dargestellt.



**Abb. 8:** Probeneingangszahlen nach Kalenderwochen (21. Mai bis 24. Juli 2011)

Für die Untersuchung und Befundung von 652 Lebensmittel-, Umgebungs- und anderen Einzelproben wurde eine Analyse von 980 Teilproben durchgeführt. Diese Mehrfachansätze waren notwendig, um die Nachweisempfindlichkeit zu steigern, ergaben sich jedoch auch aufgrund von mehreren parallel angewandten Untersuchungsmethoden.

Die eingegangenen Proben bestanden aus einer Vielzahl unterschiedlicher Matrices (siehe Tabelle 3), sodass es ebenfalls notwendig war, Probenprotokolle zu optimieren.

**Tab. 3: Art und Umfang der untersuchten Proben**

Probenart	Probenzahl n
DNA	14
pflanzliche LM (inkl. Gurke)	73
Isolate	27
Samen	58
Sprossen	329
Umwelttupfer	77
Wasser	41
Sonstiges*	33
	652

\*Die Kategorie „Sonstiges“ beinhaltet: tierische Lebensmittel, Verpackungsmaterialien, Dünger und Fäzes von Tieren.

Vor dem Hintergrund der Brisanz des EHEC-Ausbruchsgeschehens ist es verständlich, dass Laborergebnisse so schnell wie möglich erwartet werden und bei allen an der Krise beteiligten Institutionen, die über geringe oder keine Kenntnisse über laborspezifische Belange verfügen, ein gewisses Unverständnis dafür vorliegt, warum die Anzahl der Untersuchungen pro Zeiteinheit nicht unbegrenzt erhöht werden kann. Eine Begrenzung der Probenzahlen beruht jedoch nicht nur auf personellen Ressourcen, sondern ist auch auf die Infrastruktur und die Ausrüstung der Laboratorien zurückzuführen. Die Belegung von Geräten (z.B. Schüttler, Brutschränke), die Herstellung von Nährmedien, Lieferstaus bei der Beschaffung notwendiger Agenzien und Nährmedien etc. sind mit dafür verantwortlich, dass die Untersuchungen, die pro Tag durchgeführt werden konnten, eingeschränkt werden mussten.

Darüber hinaus werden für die verschiedenen Nachweismethoden unterschiedlich lange Zeiten benötigt, die bei verdächtigen und positiven Proben zu Wiederholungs- und Bestätigungsuntersuchungen führen. Damit dauern diese Untersuchungsgänge wesentlich länger als Screeningverfahren mit einem negativen Befund. Die folgende Aufstellung gibt eine Übersicht über den Zeitbedarf bei den unterschiedlichen Untersuchungsverfahren.

Untersuchungsdauer:

1. Für das Screening von pflanzlichen Lebensmitteln einschließlich Sprossen auf EHEC O104:H4 mit negativem Ergebnis werden ca. 48 Stunden (2 Tage) benötigt. Das schließt die folgenden Arbeitsschritte ein:
  - i. Vorbereitende Arbeiten
  - ii. Voranreicherung des Erregers in Flüssigmedium
  - iii. Anreicherung des Erregers in Fest- oder Flüssigmedium
  - iv. DNA-Gewinnung
  - v. Screening-Real-Time-PCR zum Nachweis des Erregers (O104wzx-Gen [spezifisch für Serotyp O104] und Shiga-Toxin-2- [stx2]-Gen)

2. Für das Screening von pflanzlichen Lebensmitteln einschließlich Sprossen auf EHEC O104:H4 mit positivem Ergebnis werden zusätzlich zu den o.g. 48 Stunden (2 Tage) weitere 1–3 Tage benötigt. Das schließt die folgenden zusätzlichen Arbeitsschritte ein:
- vi. Bestätigungs-Real-Time-PCR, ELISA zum Shiga-Toxin-Nachweis
  - vii. Mikrobiologische Arbeiten zur Anzucht und Isolierung des Erregers
  - viii. Bestätigung des Erregers mittels PCR und weiterer molekularbiologischer Methoden
  - ix. Bestimmung des Serotyps
3. Für das Screening von Samenproben gelten die o.g. Zeiten. Es kann jedoch ein unterschiedlich langer Quellvorgang hinzukommen. Sollte der Samen zusätzlich noch ausgesprosst werden, kann sich die Untersuchung um 2–4 Tage (je nach Samenart) verlängern.

Während der Zeit des Ausbruchsgeschehens wurde neben der Untersuchung der eingegangenen Proben parallel an der Optimierung der Probenaufbereitung und des Nachweises von *E. coli* O104:H4 gearbeitet. Insbesondere die Untersuchung von Samenproben war ein Novum, für das bislang keine Probenaufbereitungsvorschrift verfügbar war, die aber von den untersuchenden Laboren dringend benötigt wurde.

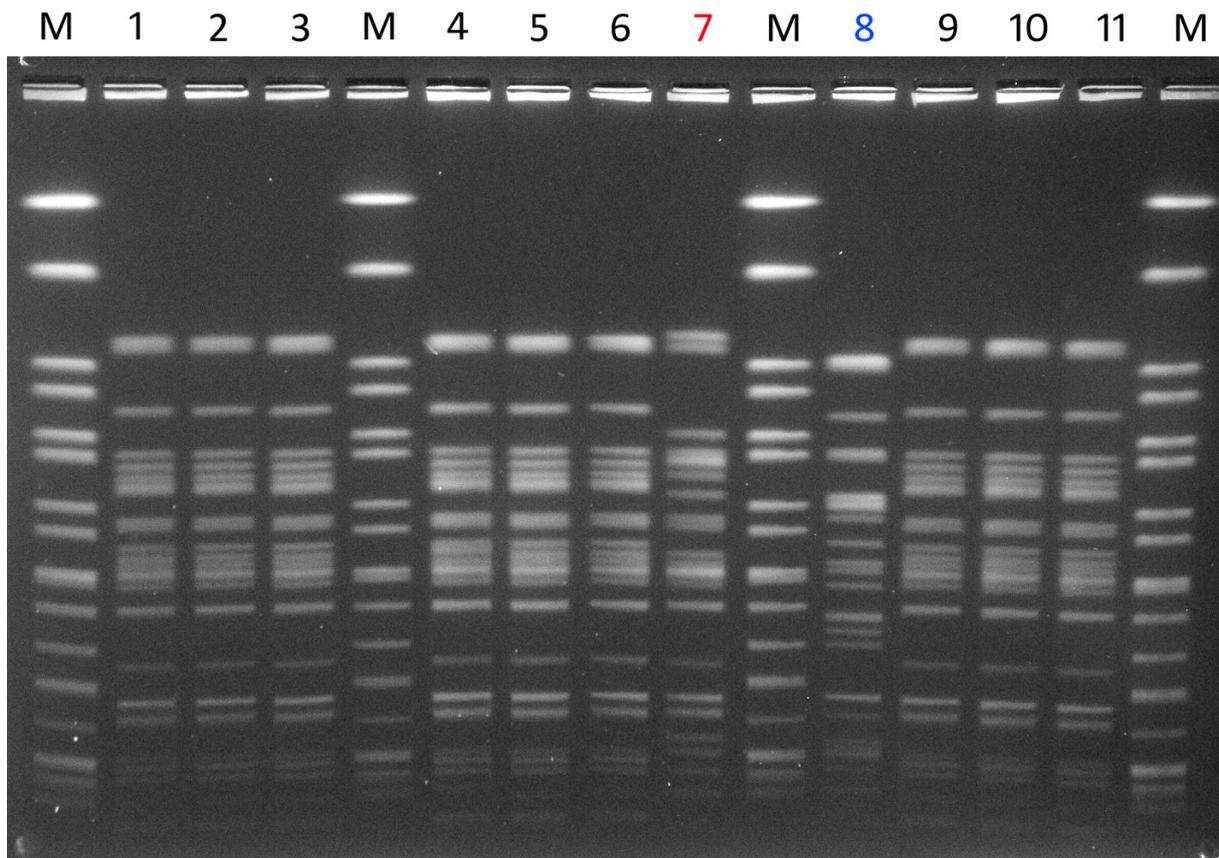
#### 5.1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen während des EHEC-O104:H4-Ausbruchs

Es wurden 652 Lebensmittel-, Umgebungs- und andere Einzelproben (980 Teilproben) aufgearbeitet, untersucht und befundet. 645 dieser Proben erwiesen sich als EHEC-O104:H4-negativ. Andere Shiga-Toxin-2-bildende *E. coli* konnten jedoch in verschiedenen Isolaten nachgewiesen werden. Sieben Proben, deren Herkunft in der Tabelle 4 beschrieben ist, wurden als EHEC-O104:H4-positiv identifiziert. Die Bestätigung erfolgte mittels Real-Time-PCR (O104wzx, stx2, aggR, terB, fliCH4) sowie mittels Serotypie und Mikrobiologie.

**Tab. 4: Nachweis von EHEC O104:H4 aus Lebensmitteln und Umweltproben**

Probe (Anzahl)	Origin
Gurke (1)	aus dem Haushalt einer mit EHEC O104:H4 infizierten Person
Räucherlachs (1)	durch menschliche Ausscheider (Catering-Personal) kontaminierte Lebensmittel (Quelle eines EHEC-O104:H4-Satellitenausbruchs in Hessen)
Lachs, gekocht (1)	
Paprika (1)	
Sprossenmischung (1)	hergestellt in dem niedersächsischen inkriminierten Gemüsebetrieb, sichergestellt im Haushalt von EHEC-O104:H4-infizierten Personen
Kinderspielzeug (1)	aus dem Haushalt von EHEC-O104:H4-infizierten Personen
Toilettensitz (1)	

Um die genetische Verwandtschaft der positiven Isolate mit dem Index-Ausbruchsstamm, der dem NRL vom RKI zur Verfügung gestellt wurde, und weiteren humanen Isolaten von mit EHEC-O104:H4-infizierten Patienten nachzuweisen, wurden diese Isolate nach einem standardisierten PulseNet-Protokoll in der Pulsed-field Gel Electrophoresis (PFGE) aufgetrennt und ihre Ähnlichkeit bestimmt. Abbildung 9 macht deutlich, dass die PFGE-Mustern der sieben aus Lebensmitteln und Umweltproben isolierten Isolate vollständig mit den PFGE-Mustern des Indexstammes und der anderen Patientenisolate übereinstimmen. Zwei mitgeführte Vergleichsisolate, die in keiner Beziehung zum Ausbruch 2011 stehen, zeigten völlig differente PFGE-Muster.



**Abb. 9: Genotypisierung von O104-Isolaten humanen und nichthumanen Ursprungs mittels XbaI-PFGE**  
 PFGE-Muster von aggregativen EHEC-O104:H4-Isolaten aus Patienten und Lebensmittelproben. Alle aggregativen EHEC O104:H4 von 2011 (Mensch und Lebensmittel) zeigen das gleiche PFGE-Muster (genetisch identisch). Spur 1–4) Patientenisolat: RKI-Indexstamm, Berlin, Köln, Magdeburg; 5) Isolat aus einer kontaminierten Gurke; 6) Isolat aus kontaminierten Sprossen; 9) Paprikaisolat; 10) und 11) Isolate aus Lachsproben. Die in Spur 7 (aggregativer EHEC-O104:H4-Stamm aus einer Stuhlprobe eines 2001 in Köln erkrankten Kindes) und Spur 8 (STEC-O104:H21-Stamm aus einer Fleischprobe) aufgetrennten Stämme unterschieden sich deutlich vom O104:H4-Ausbruchsstamm von 2011.

#### 5.1.2.1 Samenproben

In keiner der untersuchten Samenchargen konnte der Erreger O104:H4 nachgewiesen werden.

Bei der Untersuchung der Samenproben gab es die folgenden Probleme zu beachten:

- Die eingesetzten Samenchargen waren zwar hochverdächtig aufgrund der epidemiologischen Voruntersuchungen, es ist jedoch bisher niemals EHEC O104:H4 isoliert worden, sodass keine eindeutig positive Vergleichsprobe vorliegt. Ein negatives Ergebnis bedeutet demzufolge nicht zwangsläufig, dass der EHEC-O104:H4-Stamm nicht vorhanden ist.
- Neben der Kontamination der Oberfläche des Samens ist auch eine interne Kontamination (d.h. Kontamination während des Wachstums der Pflanze, die für die Samenproduktion vorgesehen ist) möglich.
- Es muss davon ausgegangen werden, dass die kontaminierten Samenpartikel innerhalb der Chargen nicht homogen verteilt sind, sondern „Nester“ bilden, die willkürlich verteilt sind. Die Strategie für die Probenahme sowie die eingesetzten Probenmengen in der Untersuchung müssen optimiert werden.

- Es muss davon ausgegangen werden, dass der Erreger auf/in Samen nur in einer sehr geringen Keimzahl vorhanden ist (Literaturdaten bisher nur für andere Erreger vorhanden) und sich in einem Zustand der Dormanz befindet, wodurch die Anzüchtung erschwert wird. Dies wird in einer Publikation von P. Aurass, R. Prager and A. Flieger im *Environmental Microbiology* (2011) bestätigt.
- Die o.g. Probleme wurden in einem Ringversuch des EU-Referenzlabors für *E. coli* (Rom, Italien) zum Nachweis von STEC/EHEC (nicht EHEC O104!) in natürlich kontaminierten Samen, der für die Sprossenproduktion vorgesehen ist, an dem auch das NRL *E. coli* des BfR teilgenommen hat, bestätigt. Keines der teilnehmenden acht Labore (auch das EU-Referenzlabor selbst nicht) konnte die vom EU-Referenzlabor in Vortests erreichten Ergebnisse verifizieren.

Weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind auf diesem Gebiet nötig.

#### 5.1.2.2 Wasserproben

Bei der Untersuchung von Wasserproben trat das Problem auf, dass bei einigen Proben der Erreger EHEC O104:H4 trotz positiver Real-Time-PCR nicht aus der Probe isoliert werden konnte und die Proben damit als negativ bewertet wurden. Die Frage, ob in diesen Proben der Erreger vorhanden war und nicht isoliert werden konnte, ist noch ungeklärt. Das NRL *E. coli* arbeitet derzeit an Kombinationen mikrobiologischer und molekulargenetischer Nachweissysteme, die helfen sollen, den Nachweis dieser Erreger aus komplexen Keimgemischen zu verbessern.

Auch die Untersuchung von Wasserproben bedarf weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

## 5.2 Entwicklung von Real-Time-PCR-Verfahren zur spezifischen Detektion von EHEC inklusive *E. coli* der Serogruppe O104:H4

In Zusammenarbeit mit der ANSES (Dr. Patrick Fach, Laboratory for Study and Research on Food Quality and Processes [LERQAP]) wurde ein Mikro-Array entwickelt, der auf der GeneDisc®-Array-Technologie basiert, die am NRL *E. coli* evaluiert wurde (Bugarel et al., 2010). Dieser Mikro-Array dient zur genetischen Identifizierung von 12 O-Typen und 7 H-Typen von Shiga-Toxin-produzierenden *E. coli* (STEC), einschließlich der meisten klinisch relevanten enterohämorrhagischen *E. coli*- (EHEC-)Serotypen sowie den neu auftretenden aggregativen hämorrhagischen *E. coli* O104:H4.

Die folgenden Gene wurden für die Bestimmung der O-Antigene ausgewählt: rfbEO157, wzxO26, wzxO103, wbd1O111, ihp1O145, wzxO121, wzyO113, wzyO91, wzxO104, wzyO118, wzxO45 und wbgNO55); des Weiteren für folgende H-Typen: fliCH2, fliCH7, fliCH8, fliCH11, fliCH19, fliCH21 und fliCH28. Alle PCR-Systeme zeigten eine hohe Spezifität und Konkordanz mit der serologischen Bestimmung der O:H-Antigene.

Der Mikro-Array zeigte auch eine hohe Spezifität für EHEC-assoziierte Virulenzfaktoren, darunter Shiga-Toxine 1 und 2 (stx1 und stx2), Intimin (eae), Enterohämolysin (ehxA), Serin-Protease (espP), Katalase-Peroxidase (katP), Typ-II-Sekretionssystem (etpD), Subtilase-Toxin (SubA), Adhäsine (saa) und Typ-III-Effektoren in den genomischen Pathogenitätsinseln OI-122 (ent/espL2, nleB und nleE) und OI-codierten 71 (nleF, nleH1-2 und NLEA). Dieser Array stellt einen wertvollen Ansatz für die Identifizierung von STEC-Stämmen mit einem hohen Potenzial für die menschliche Virulenz dar.

Der Gene-Disk-Zykler und die entwickelten GeneDisks für die Bestimmung der O104 relevanten Genabschnitte wie O104wzx, fliCH4, aggR, Stx2 und TerB wurden für die Zeit der Ausbruchsuntersuchungen von der Firma Pall-GeneSystems zur Verfügung gestellt. Hiermit konnten 36 Untersuchungen auf diese fünf Merkmale aus Untersuchungsmaterial innerhalb von 80 Minuten durchgeführt werden, was die Bearbeitung der großen Probenmenge, die während des Ausbruchs anfiel, sehr erleichterte.

### **5.3 Entwicklung einer schnellen, zuverlässigen Methode zur Erkennung und Isolierung von enterohämorrhagischen *E. coli* der Serogruppen O26, O104, O111, O118, O121, O145, O157 und des enteroaggregativen haemorrhagischen *E. coli* O104:H4 aus Fertigsalaten und Sprossen**

#### 5.3.1 Problemstellung

Infektionen des Menschen durch Shiga-Toxin-bildende (STEC) und enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC) sind ein weltweites Problem. Neben Lebensmitteln tierischen Ursprungs spielen auch pflanzliche Lebensmittel dabei eine wichtige Rolle. In Deutschland werden pflanzliche Lebensmittel nur selten untersucht und es liegen hierzu noch keine Daten vor. Es gibt auch keine amtlichen Methoden zur Identifizierung und Charakterisierung von STEC/EHEC nach §64 LFGB. Pflanzliche Lebensmittel stellen, wenn sie roh verzehrt werden, ein Risiko für eine STEC/EHEC-Infektion dar. Aus verschiedenen Ländern wurden bereits Ausbrüche an STEC/EHEC-Erkrankungen gemeldet, die auf kontaminierte Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs zurückgeführt werden konnten.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden im Zeitraum von 2009 bis November 2011 120 Mischsalate/Sprossenproben aus dem Berliner Einzelhandel auf ihre mikrobiologische Belastung und auf eine Kontamination mit pathogenen *E. coli* untersucht. Alle Produkte zeigten eine hohe mikrobielle Belastung (aerobe mesophile Keimzahl  $10^6$  bis  $10^7$  pro Gramm). Einen großen Anteil hieran haben Enterobacteriaceen ( $10^5$  bis  $>10^6$  pro Gramm). Der Richtwert der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) für *E. coli* ( $1 \times 10^2$  Koloniebildende Einheiten [KbE]/g) wird selten überschritten. Nach Anreicherung findet sich *E. coli* aber in mehr als 50 % der untersuchten Proben. Dies zeigt, dass dieser Keim zwar häufig, aber in relativ geringer Menge in Salatproben vorhanden ist. Anreicherungskulturen aus den 120 Salatproben ergaben positive Befunde mit der Real-Time-PCR für STEC von 1,6 %. Durch die hohe Belastung mit anderen Enterobacteriaceen erwies sich jedoch die Isolierung der pathogenen *E. coli* aus den Salatproben als sehr schwierig. Nach 24h Anreicherung liegen andere Enterobacteriaceen im Vergleich zu *E. coli* in 1.000-fach höheren Mengen vor.

Es wurden daher im Jahr 2010/2011 Verfahren erarbeitet, die eine spezifische Anreicherung und Isolierung von pathogenen *E. coli* aus zum Rohverzehr bestimmten pflanzlichen Lebensmitteln erlauben. Diese Verfahren wurden evaluiert und publiziert (Tzschoppe et al., 2011). Eine Methode für die Detektion und Isolierung für STEC/EHEC in Anlehnung an die in der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB beschriebenen Methoden für pflanzliche Lebensmittel ist in Vorbereitung.

#### 5.3.2 Material und Methoden

##### 5.3.2.1 Real-Time-PCR-Verfahren zum Nachweis von STEC und EHEC

Es wurden im NRL *E. coli* entwickelte MGB- (minor groove binder) Sonden für die Real-Time-PCR zum Nachweis der EHEC-typischen Virulenz-Merkmale stx1, stx2, eae und ehly eingesetzt. Diese hatten sich bei laborinterner Evaluierung als hochspezifisch und sensitiv erwiesen.

Diese MGB-Detektoren wurden mit den für die CEN/ISO- (Europäisches Komitee für Normung) Methode vorgeschlagenen Taq-Man-Detektoren für *stx1*, *stx2* und *eae* verglichen.

#### 5.3.2.2 Blockcycler-PCR-Verfahren

Zum Vergleich der Sensitivität und Spezifität von Real-Time-PCR-Verfahren und klassischer Blockcycler-PCR (*Stx1*- und *Stx2*-Detektion) wurden repräsentative Proben verglichen.

#### 5.3.2.3 Anreicherung von EHEC aus Salatproben

Die in der Sammlung Amtlicher Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB (alt § 35 LMBG) veröffentlichten Methoden (L 00.00.92 und L 07.18.1) für die STEC/EHEC-Detektion aus Hackfleisch und Milch (24h Anreicherung) hatten sich bei der Erprobung im Rahmen des Forschungsvorhabens als ungeeignet für die Detektion aus pflanzlichen Matrices erwiesen. Daher wurden Alternativverfahren mit 6h Anreicherung entwickelt und evaluiert.

#### 5.3.2.4 Spikingversuche für die Erprobung der Anreicherungsmethoden, der PCR und der Isolierungsmethoden

Verzehrsfertiger, vorgeschnittener Mischsalat wurde im Einzelhandel erworben und auf seine mikrobiologische Beschaffenheit (Richt- und Warnwerte nach den DGHM-Richtlinien) geprüft. Verzehrsfertige Salate wurden mit definierten Mengen (1–10, 10–100, 100–1000 KbE) von EHEC O26, O103, O104:H4, O111, O118, O121, O145 und O157 versetzt.

#### 5.3.2.5 Isolierung von EHEC aus Salatproben

Es wurden chromogene Indikatormedien, die typische Eigenschaften von *E. coli* (TBX-Agar, Chromagar *E. coli*) bzw. der EHEC (STEC-Agar, *E. coli*-O157-Agar und Chromagar O26/O157) anzeigen, auf ihre Eignung untersucht und verglichen.

### 5.3.3 Ergebnisse

Zu 3.2.2.1: Erprobung von verschiedenen Anreicherungsmedien und Protokollen (Temperatur, Dauer) zur optimalen Anreicherung von *E. coli*. Durchführung mit gespikten Proben und natürlichen *E. coli*-belasteten Proben

Zur Entwicklung eines optimierten Anreicherungs- und Isolierungsverfahrens wurden handelsübliche Salatproben mit definierten Mengen EHEC versetzt, homogenisiert und in verschiedenen Anreicherungsmedien bei unterschiedlichen Temperaturen und Zeiten inkubiert. Danach wurden Verdünnungsreihen der Anreicherungskulturen auf chromogene Medien (siehe Methoden) ausplattiert, die bei 37 °C und 44 °C über Nacht bebrütet wurden. Am nächsten Tag wurden die Platten visuell ausgewertet (Bestimmung des *E. coli*- und des STEC-Titers auf chromogenen Medien) und DNA-Präparationen von Abschlammungen der Platten hergestellt. Die DNA-Präparationen wurden als Proben- (Target-)DNA für die Real-Time-PCR-Detektion der EHEC-Virulenzmerkmale *stx1*, *stx2*, *eae* und *ehly* herangezogen. Parallel dazu wurde DNA aus EHEC-verdächtigen Kolonien, die von den chromogenen Medien abgeimpft worden waren, präpariert und ebenfalls in der Real-Time-PCR untersucht.

Zur Erkennung der EHEC-Serotypen dienten Real-Time-PCR-Detektoren, die spezifisch für die O-Antigen-codierenden Gene sind (aus der CEN/ISO-Methode und eigene Detektorentwicklungen). Die im NRL *E. coli* entwickelten Real-Time-PCR-Detektoren (MGB-Sonden)

wurden mit Detektorsystemen verglichen, die Bestandteil künftiger CEN/ISO-Standards sein werden. Hierbei erwiesen sich beide Detektorsysteme als nahezu gleichwertig, wobei die MGB-Sonden eine geringfügig erhöhte Sensitivität (1 CT-Wert = Verdopplung der Empfindlichkeit) zeigten (Tab. 5).

Bei Vergleich von Real-Time-PCR und Blockcycler-PCR erwies sich die Real-Time-PCR als sensitiver, um geringfügig kontaminierte Salatproben (1–10 KbE/10 g) nachzuweisen. Im Ergebnis hat sich die Anreicherung der Salatproben in Brillantgrün-Galle-Lactose-Bouillon (BRILA) für 6h bei 37 °C als optimal erwiesen, um *E. coli* und EHEC in der PCR nachzuweisen.

**Tab. 5a: Vergleich von Real-Time-PCR-Detektoren zum Nachweis von EHEC aus Salatproben mit EHEC-O111-Stämmen**

Probe	Zugabe von KbE/10 g Salat EHEC O111	Stx1 CEN/ISO	Stx1 MGB/BfR	Stx2 CEN/ISO	Stx2 MGB/BfR	eae CEN/ISO	eae MGB/BfR
		CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte
2 0 37	0	0	0	0	0	0	0
2 0 44	0	0	0	0	0	0	0
2 7 37	100–1.000	17,62	17,55	16,70	17,55	17,40	16,66
2 7 44	100–1.000	20,23	19,26	19,51	18,37	19,77	19,26
2 8 37	10–100	22,98	22,76	22,07	21,20	22,09	21,63
2 8 44	10–100	22,82	22,55	22,23	20,97	22,46	21,75
2 9 37	1–10	23,91	23,84	22,92	22,20	23,22	22,48
2 9 44	1–10	23,76	23,29	23,01	21,73	23,36	22,67

**Tab. 5b: Vergleich von Real-Time-PCR-Detektoren zum Nachweis von EHEC aus Salatproben mit EHEC-O157-Stämmen**

Probe	Zugabe von KbE/10g Salat EHEC O157	Stx1 CEN/ISO	Stx1 MGB/BfR	Stx2 CEN/ISO	Stx2 MGB/BfR	eae CEN/ISO	eae MGB/BfR
		CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte	CT-Werte
4 0 37	0	0	0	0	0	0	0
4 0 44	0	0	0	0	0	0	0
4 7 37	100–1.000	23,95	23,21	23,21	23,09	23,56	23,69
4 7 44	100–1.000	17,73	16,81	16,47	16,73	17,50	17,62
4 8 37	10–100	27,08	26,43	26,08	26,43	27,01	27,01
4 8 44	10–100	22,58	21,79	22,68	21,69	22,36	22,49
4 9 37	<10	32,35	31,29	31,23	31,18	31,64	32,22
4 9 44	<10	28,96	28,20	28,30	28,04	28,27	28,09

Zu 3.2.2.2: Erprobung von verschiedenen Indikatormedien und Inkubationsbedingungen zur optimalen Detektion von (pathogenen) *E. coli* aus Salatproben

Es wurden zwei verschiedene Indikatormedien zum generischen Nachweis von *E. coli* (*E. coli*-Chromagar und TBX-Agar) und drei Medien zum spezifischen Nachweis von STEC/EHEC (Chromagar STEC, Chromagar O157 und Chromagar O26/O157) eingesetzt. Die chromogenen Medien wurden an 203 *E. coli*-Stämmen (STEC, EHEC und andere) auf ihre Spezifität geprüft. Hierbei erwies sich STEC-Agar als gut geeignet, um EHEC der wichtigsten Serogruppen (O26, O111, O118, O145 und O157) nachzuweisen. Dagegen ließen sich nicht alle EHEC-O103- und -O121-Stämme auf diesem Medium kultivieren. Daher wurden Kombinationen von STEC-Agar und *E. coli*-Chromagar/TBX-Agar eingesetzt, um STEC/EHEC auf zumindest einem dieser Medien sicher isolieren zu können.

Aus den Anreicherungskulturen der Salatproben wurden Verdünnungen auf die verschiedenen Indikatornährböden ausplattiert und die Platten über Nacht bei 37 °C und 44 °C inkubiert. EHEC der humanpathogenetisch bedeutsamsten Gruppen (O26, O103, O111, O118, O121, O145 und O157) wurden auf einem oder auf mehreren dieser Medien eindeutig identifiziert. Die natürliche Hintergrundflora konnte durch Ausplattierung der Anreicherungskulturen auf STEC-Agar stark reduziert werden. Der Nachweis der EHEC durch Real-Time-PCR erfolgte aus DNA, die aus Abschlammungen der bewachsenen Indikatormedien hergestellt wurde. Eine Inkubation der chromogenen Medien bei 44 °C erwies sich in der Regel als vorteilhaft gegenüber einer Bebrütung bei 37 °C, hauptsächlich weil die störende natürliche Hintergrundflora bei 44 °C eine deutlichere Reduktion aufwies.

Zu 3.2.2.3: Erarbeitung einer optimalen Anreicherungs- und Isolierungsstrategie aus den Ergebnissen von Punkt 3.2.3.1 und 3.2.3.2

Aus den 2010 erzielten Ergebnissen konnte eine optimale Anreicherungs- und Isolierungsstrategie für EHEC der humanpathogenetisch bedeutsamsten Gruppen erarbeitet werden. Das unter Punkt 3.2.3.1 und 3.2.3.2 beschriebene Verfahren erlaubt eine Detektion und Identifikation der EHEC aus Salatproben innerhalb von 24h nach Beginn der Anreicherung der Salatproben. Tabelle 6 zeigt die kulturellen Eigenschaften des Ausbruchsstamms EHEC O104:H4.

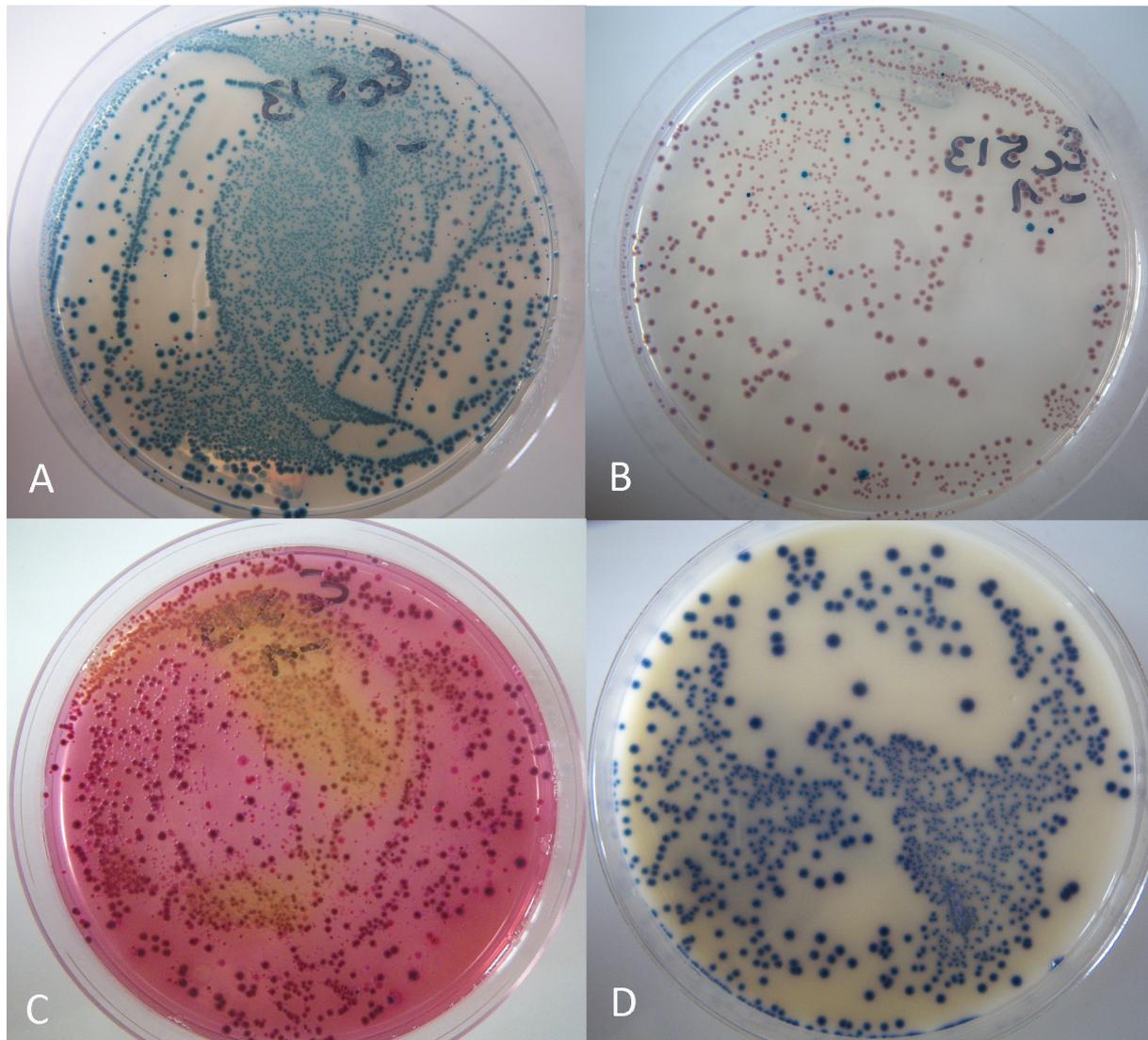
**Tab. 6: Kulturelle Eigenschaften des EHEC-O104:H4-Ausbruchsstammes**

Medium	Anzeige	Eigenschaft
Enterohämolsin-Agar	Hämolyse	negativ
Endo-Agar	Laktoseabbau	positiv
Sorbitol-MacConkey-Agar	Sorbit-Fermentation	positiv
Fluorocult-Agar	beta-Glucuronidase	positiv
CT-SMAC-Agar	Tellurit-Resistenz, Sorbit-Fermentation	positiv/positiv
CHROMagar STEC	STEC-Indikatoragar	positiv

#### 5.3.4 Zusammenfassung und Diskussion

Die im NRL *E. coli* am BfR erarbeitete Methode zum Nachweis und zur Isolierung von STEC/EHEC ermöglicht die Routineuntersuchung von Proben aus frischen pflanzlichen Lebensmitteln auf STEC und EHEC. Die bisher zum STEC/EHEC-Nachweis beschriebenen Methoden nach § 64 LFBG sind für Hackfleisch und Milch konzipiert worden. Sie sind wegen der höheren mikrobiellen Grundbelastung der pflanzlichen Lebensmittel und den daraus resultierenden Schwierigkeiten bei der Anreicherung nicht für den Nachweis von STEC/EHEC aus pflanzlichen Lebensmitteln geeignet.

Der Nachweis von STEC/EHEC durch Real-Time-PCR erwies sich als spezifischer und sensibler als der Nachweis durch konventionelle PCR. Die in dem CEN/ISO-Standard (*Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of Shiga toxin-producing Escherichia coli [STEC] belonging to O157, O111, O26, O103 and O145 serogroups – Qualitative Method*) empfohlenen Real-Time-PCR-Detektoren können für den Nachweis von STEC/EHEC nach dem hier entwickelten Protokoll eingesetzt werden. Dadurch besteht die Möglichkeit, das Protokoll an europäische Normen anzupassen. Die im NRL *E. coli* entwickelten MGB-Real-Time-PCR-Sonden zeigten eine etwas höhere Sensitivität (Tab. 5), sind aber aus patentrechtlichen Gründen nur von einem Hersteller erhältlich und auch teurer als herkömmliche Taq-Man-Sonden, die in der CEN/ISO-Methode beschrieben werden.



**Abb. 10: Nachweis des aggregativen EHEC-O104:H4-Stammes auf chromogenen Medien aus einer Sprossenprobe, die aus dem inkriminierten niedersächsischen Gartenbaubetrieb stammt und aus dem Haushalt von EHEC-O104:H4-Erkrankten entnommen wurde**

CHROMagar: STEC (EHEC-O104:H4 = violette Kolonien, andere Sprossenkeime = blaue Kolonien)

CHROMagar O104: spezifische Anreicherung des EHEC-O104:H4-Ausbruchsstammes (violette Kolonien) durch Zusatz von Cephalosporinen in CHROMagar STEC

CT-SMAC Agar: Agar mit Zusatz von X-Gluc. Sorbit-fermentierende, beta-Glucuronidase produzierende EHEC O104:H4 erscheinen lila, Keime der übrigen Sprossenflora (andere Enterobacteriaceen) rot.

ESBL Brilliance Agar: Wachstum von ESBL O104:H4 in tiefblauen Kolonien

Aus: Tzschoppe, Martin & Beutin (2011).

#### 5.4 Referenzen

Bugarel, M., Beutin, L., Martin, A., Gill, A., Fach, P. 2010. Micro-array for the identification of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) seropathotypes associated with hemorrhagic colitis and hemolytic uremic syndrome in humans. *Int J Food Microbiol* 142 (3), 318–329. Epub 2010 Jul 14

Tzschoppe, M., Martin, A., Beutin, L. 2011. A rapid procedure for the detection and isolation of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) serogroup O26, O103, O111, O118, O121, O145 and O157 strains and the aggregative EHEC O104:H4 strain from ready-to-eat vegetables. *Int J Food Microbiol* 2011 Oct 21. [Epub ahead of print]

## 6 Chronologie der Risikobewertung



Zum EHEC-Ausbruchsgeschehen wurden vom BfR insgesamt elf Stellungnahmen veröffentlicht (siehe Anhang des Kapitels 7, Risikokommunikation). Die drei folgenden Stellungnahmen, die auf einen kausalen Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Sprossen und dem EHEC-Ausbruch eingehen, stellen die ausführlichen Risikobewertungen des BfR zum angegebenen Zeitpunkt in Anlehnung an den Leitfaden für gesundheitliche Bewertungen dar.

### 6.1 Stellungnahme Nr. 023/2011 des BfR vom 5. Juli 2011: Bedeutung von Sprossen und Keimlingen sowie Samen zur Sprossenherstellung im EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat auf Basis der vorliegenden Daten eine Risikobewertung zur Bedeutung von EHEC O104:H4 in Sprossen und Keimlingen sowie Sprossensamen im Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011 vorgenommen. Dabei stützt sich das BfR u.a. auf die Ermittlungsergebnisse der deutschen Task Force EHEC sowie der europäischen Task Force zu EHEC, die von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eingerichtet wurde. Im Zentrum der Ausbruchsauflärung entlang der Lebensmittelkette stehen dabei labordiagnostische Untersuchungen zum Nachweis von EHEC O104:H4 in Lebensmittel- und Umweltproben sowie die Rückverfolgung der Liefer- und Handelswege, um die ursächliche Quelle des Ausbruchs zu finden und Maßnahmen zur Risikominimierung ergreifen zu können.

Das BfR geht nach derzeit vorliegenden Erkenntnissen davon aus, dass der EHEC-O104:H4-Krankheitsausbruch in Deutschland auf den Verzehr von kontaminierten Sprossen zurückzuführen ist. Der Ausbruchserreger wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit über angelieferte Bockshornkleesamen in die Sprossenproduktion eingetragen. Ein ursächlicher Eintrag über Wasser, Menschen, Tiere oder Schädlinge in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb ist aus Sicht des BfR wenig wahrscheinlich, auch weil sich der Ausbruchsstamm trotz umfangreicher Untersuchungen dort in keiner der genommenen Proben nachweisen ließ.

Die Rückverfolgung von Samenlieferungen in Deutschland und anderen EU-Staaten durch die deutschen Behörden und die Task Force der EFSA macht deutlich, dass die Ende Juni in Frankreich aufgetretenen Krankheitsfälle durch EHEC O104:H4 mit dem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen über die gleiche zur Sprossenproduktion verwendete, im Jahr 2009 produzierte Samencharge in Verbindung stehen. Darüber hinaus wurde im niedersächsischen Gartenbaubetrieb im April und Mai 2011 noch eine weitere, im Jahr 2010 produzierte Bockshornklee-Samencharge für die Sprossenproduktion eingesetzt. Nach Angaben der EFSA/ECDC (Europäisches Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten) vom 29. Juni 2011 wurden diese beiden Samenchargen über mehrere Zwischenhändler aus Ägypten bezogen.

Bockshornkleesamen der genannten Herkunft, die sortenrein oder in Mischungen zur Herstellung von Sprossen und Keimlingen verwendet werden, stellen somit eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar. Dies gilt auch für solche Bockshornkleesamen, die in Kleinstpackungen an den Endverbraucher abgegeben und zur Sprossenherstellung im eigenen Haushalt verwendet werden.

Bislang gibt es keine konkreten Hinweise, dass auch andere Samenarten und -chargen durch unhygienische Produktionsbedingungen im Herkunftsland oder durch Kreuzkontaminationen bei Zwischenhändlern und Empfängern (z.B. bei Reinigungs-, Misch-, Abfüllprozessen) mit dem Ausbruchstamm kontaminiert wurden. Dennoch ist dies nicht unwahrscheinlich.

Solange sich noch kontaminierte Samenchargen im Verkehr befinden und zur Herstellung von Sprossen und Keimlingen verwendet werden können, wird Gastronomiebetrieben und Verpflegungseinrichtungen empfohlen, die Abgabe von rohen Sprossen und Keimlingen an Verbraucher sorgfältig abzuwägen. Aus dem gleichen Grund rät das BfR Verbraucherinnen und Verbrauchern weiterhin vom Verzehr roher Sprossen und Keimlinge ab. Im Privathaushalt vorhandene Sprossensamen sollten mit dem Hausmüll entsorgt werden.

Bockshornkleesamen werden schon lange als Gewürz und auch als Heilmittel eingesetzt. Sie finden sich daher in einer Vielzahl verschiedener Produkte, unter anderem in Nahrungsergänzungsmitteln. Bisher gibt es keinen Hinweis darauf, dass außer Sprossen auch andere, aus Bockshornkleesamen hergestellte Produkte EHEC-O104:H4-Infektionen verursacht haben. Dieses Risiko wird vom BfR getrennt bewertet, sodass auf vorläufige Empfehlungen hinsichtlich dieser Produkte in der nachfolgenden gesundheitlichen Stellungnahme verzichtet wird.

Aus Sicht des BfR sollten außerdem im Rahmen der risikoorientierten Probenentnahme Bockshornkleesprossen bzw. -keimlinge sowie Samen zu deren Herstellung verstärkt kontrolliert werden. Ebenso sollten die verstärkte Überwachung humaner EHEC-Infektionen und HUS-Erkrankungen aufrechterhalten werden, um neue Ausbrüche mit EHEC O104:H4 frühzeitig erkennen zu können.

### 6.1.1 Gegenstand der Bewertung

Seit Anfang Mai 2011 kommt es zu einem gehäuften Auftreten von Erkrankungsfällen mit dem sogenannten hämolytisch-urämischem Syndrom (HUS) und blutigen Diarrhöen im Zusammenhang mit einer Infektion durch enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC) des Serotyps O104:H4. Das Erkrankungsgeschehen betrifft alle Bundesländer, aber vor allem Norddeutschland. Mit dem Ausbruchserreger kontaminierte Sprossen werden als ursächliches Lebensmittelvehikel angesehen.

Zum Schutz der Bevölkerung vor Infektionen mit dem gefährlichen Ausbruchserreger EHEC O104:H4 haben das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) und das Robert Koch-Institut (RKI) am 10. Juni 2011 empfohlen, über die üblichen Hygienemaßnahmen hinaus vorsorglich bis auf Weiteres Sprossen und Keimlinge nicht roh zu verzehren. Zwei Tage später hat das BfR diese Empfehlung auch auf selbstgezogene rohe Sprossen und Keimlinge ausgeweitet.

Die Behörden von Bund und Ländern haben in den vergangenen Wochen intensiv daran gearbeitet, den möglichen Eintragspfad für die Kontamination von Sprossen mit EHEC O104:H4 zu ermitteln. Durch Auswertung von 41 Ausbruchscustern von Erkrankungshäufungen sowie verfügbaren Daten zu Lieferlisten und Vertriebswegen von Lebensmitteln war es möglich, die damit zusammenhängenden Erkrankungen auf Sprossen aus einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb zurückzuführen. Frühe Hinweise der zuständigen niedersächsischen Behörden, dass Samen zur Sprossenherstellung zu einer Kontamination der Sprossen ursächlich beigetragen haben könnten, ließen sich bisher durch labordiagnostische Untersuchungen nicht erhärten. In mehr als 900 untersuchten Proben von Sprossen und Samen zu deren Herstellung war EHEC O104:H4 nicht nachweisbar. Ein Nachweis gelang lediglich in einer Sprossensmischung aus einer geöffneten Packung, die bei einer erkrankten

Person aus dem Küchenabfall entnommenen wurde. Diese Sprossenmischung enthielt Sprossen und Keimlinge von Bockshornklee, diversen Linsen und Rettich.

Die Ergebnisse der epidemiologischen Untersuchungen der am BVL eingerichteten Task Force EHEC lassen dennoch den Schluss zu, dass der Ausbruchserreger über die zur Sprossenproduktion genutzten Samen in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb gelangt war. Ende Juni 2011 in Frankreich aufgetretene Krankheitsfälle durch EHEC O104:H4, die mit dem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen über dieselbe zur Sprossenproduktion verwendete Bockshornklee-Samencharge in Verbindung stehen, stützen diese Schlussfolgerung. Gleichlautende Aussagen finden sich in einer Risikobewertung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und des Europäischen Zentrums für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (ECDC) vom 29. Juni 2011 sowie in einem Technischen Bericht der EFSA vom 5. Juli 2011.

Am 24. Juni 2011 berichtete Frankreich über eine Häufung von HUS-/EHEC-Fällen in der Nähe von Bordeaux mit Erkrankungsbeginn zwischen dem 15. und 20. Juni 2011. Bei bisher mindestens 5 Fällen gelang der labordiagnostische Nachweis von EHEC O104:H4. Nach den bisher durchgeführten Untersuchungen sind der französische und der deutsche Ausbruchsstamm genetisch verwandt und weisen das gleiche Virulenz- und Resistenzprofil auf.

Die in der Nähe von Bordeaux erkrankten Personen hatten Sprossen verzehrt, die in einem französischen Freizeitheim für Kinder aus 3 verschiedenen Samenarten produziert worden waren. Allein Bockshornkleesprossen waren sowohl in der in Frankreich verzehrten Sprossenmischung als auch in Sprossenmischungen des niedersächsischen Gartenbaubetriebs enthalten, welche in Deutschland mit EHEC-O104:H4-Erkrankungen in Verbindung gebracht wurden. Auch in einem niedersächsischen Haushalt waren mehrere Personen nach dem Verzehr von selbstgezogenen Sprossen aus einer Samenmischung erkrankt, in der unter anderem Bockshornkleesamen enthalten waren.

Anlässlich der staatenübergreifenden Bedeutung der EHEC-Ausbrüche in Deutschland und Frankreich wurde Ende Juni 2011 bei der EFSA eine Task Force unter Beteiligung von BfR und BVL etabliert, welche die weiteren Ermittlungen zur Ausbruchsaufklärung auf EU-Ebene koordinierte.

Die Herkunft der Samen zur Sprossenherstellung in Frankreich konnte ermittelt werden und wurde den Mitgliedsstaaten in mehreren Warnmeldungen im europäischen Schnellwarnsystem für Lebensmittel und Futtermittel (RASFF) mitgeteilt. Die Rückverfolgung der in Frankreich verwendeten Bockshornklee-Samencharge hat ergeben, dass eine bestimmte im Jahr 2009 hergestellte Samencharge (Charge 48088) über denselben in Deutschland ansässigen Zwischenhändler auch an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb geliefert worden war, welche dort im Frühjahr 2011 zur Sprossenproduktion eingesetzt wurde. Eine konkrete Angabe des Verwendungszeitraums ist nicht möglich, da der niedersächsische Gartenbaubetrieb dies in den Sprossenansatzplänen nicht dokumentiert hatte. Nach Angaben der EFSA/ECDC vom 29. Juni 2011 wurde diese Charge aus Ägypten bezogen. Zum Zeitpunkt der Betriebskontrolle durch die niedersächsischen Behörden war diese Charge Bockshornkleesamen bereits verbraucht und konnte deshalb nicht beprobt werden. In einem anderen Betrieb konnten jedoch Proben dieser Charge entnommen werden. Die Ergebnisse der Untersuchung auf EHEC O104:H4 stehen allerdings noch aus.

Allerdings wurde im niedersächsischen Gartenbaubetrieb im April und Mai 2011 noch eine weitere, im Jahr 2010 produzierte Bockshornklee-Samencharge (Charge 8266) für die Sprossenproduktion eingesetzt, die über denselben Zwischenhändler angeliefert wurde. Nach Angaben der EFSA/ECDC kam diese Charge ebenfalls aus Ägypten. Auch wenn mit dieser Charge bisher außerhalb Deutschlands keine Erkrankungsfälle in Verbindung ge-

bracht wurden und EHEC O104:H4 in dieser Charge bisher nicht detektiert wurde, ist es möglich, dass auch diese Charge mit dem Ausbruchserreger kontaminiert ist.

Auf Grundlage der vorliegenden Risikobewertung der EFSA/ECDC vom 29. Juni 2011 hat das BfR am 30. Juni 2011 in einer Stellungnahme auf die mögliche Gesundheitsgefahr bestimmter Bockshornklee-Samenchargen aufmerksam gemacht. Basierend auf dieser Stellungnahme hat das für die Überwachung des deutschen Importeurs zuständige Land die Rücknahme aller Chargen Bockshornklee-Samen aus Ägypten angeordnet, bei denen das Mindesthaltbarkeitsdatum noch nicht oder nicht länger als 6 Monate abgelaufen ist. Die Vorwärtsverfolgung bei Zwischenhändlern in Deutschland hat ergeben, dass die im Jahr 2009 produzierte Bockshornklee-Samencharge von Deutschland aus auch an Betriebe in 11 anderen Staaten geliefert wurde.

Vor diesem Hintergrund hat das BfR die Ergebnisse der bisher durchgeführten Ausbruchsuntersuchung mit Stand vom 05. Juli 2011 hinsichtlich Sprossen und Keimlingen bewertet. Zur besseren Lesbarkeit werden Sprossen und Keimlinge in diesem Dokument fortan unter dem Begriff „Sprossen“ zusammengefasst. In die Bewertung sind auch die Ergebnisse der auf EU-Ebene durchgeführten Rück- und Vorwärtsverfolgung bestimmter Bockshornklee-Samenchargen eingeflossen, welche am 05. Juli 2011 von der EFSA in einem technischen Bericht publiziert wurde. Nicht betrachtet wurden mögliche gesundheitliche Gefahren durch andere Produkte, die aus bzw. mit Bockshornklee-Samen hergestellt werden. Dazu erstellt das BfR derzeit eine getrennte Risikobewertung.

### 6.1.2 Ergebnis

Die gemeinsame Verzehrsempfehlung des BfR, BVL und RKI vom 10. Juni 2011 bezüglich Sprossen wird auf der Grundlage der nunmehr vorliegenden Erkenntnisse präzisiert. Mögliche Ursachen des Ausbruchsgeschehens konnten inzwischen stärker eingegrenzt werden.

Es ist davon auszugehen, dass der EHEC-O104:H4-Krankheitsausbruch in Deutschland auf den Verzehr von kontaminierten Sprossen zurückzuführen ist und dass er über dieselbe zur Sprossenproduktion verwendete Bockshornklee-Samencharge mit dem EHEC-O104:H4-Krankheitsausbruch in Frankreich in Verbindung steht. Das BfR kommt deshalb zu dem Schluss, dass der Ausbruchserreger mit hoher Wahrscheinlichkeit über angelieferte Bockshornklee-Samen in die Sprossenproduktion eingetragen wurde. Ein ursächlicher Eintrag über andere Vektoren (z.B. Wasser, Mensch, Tier, Schädlinge) wird als wenig wahrscheinlich angesehen, auch weil sich der Ausbruchstamm im niedersächsischen Gartenbaubetrieb trotz umfangreicher Untersuchungen nicht nachweisen ließ. Lediglich in Stuhlproben von 3 Beschäftigten in diesem Betrieb, die auch regelmäßig dort hergestellte Sprossen verzehrt hatten, wurde EHEC O104:H4 festgestellt.

Auf Grundlage der vorliegenden Risikobewertung der EFSA und des ECDC vom 29. Juni 2011 wird deutlich, dass Bockshornklee-Samen der genannten Herkunft, die sortenrein oder in Mischungen zur Sprossenherstellung verwendet werden, eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen. Dies gilt auch für solche Bockshornklee-Samen, die in Kleinstpackungen an den Endverbraucher abgegeben und zur Sprossenherstellung im eigenen Haushalt verwendet werden.

Bislang gibt es keine konkreten Hinweise, dass auch andere Samenarten und -chargen durch unhygienische Produktionsbedingungen im Herkunftsland oder durch Kreuzkontaminationen bei Zwischenhändlern und Empfängern (z.B. bei Reinigungs-, Misch-, Abfüllprozessen) mit dem Ausbruchstamm kontaminiert wurden. Dennoch ist dies nicht unwahrscheinlich.

Daher werden vom BfR nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens vor dem Hintergrund der Schwere der Erkrankungen zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher folgende Empfehlungen ausgesprochen:

1. Empfehlungen für die zuständigen Behörden:

- Den zuständigen Überwachungsbehörden wird empfohlen, die Lieferwege der beiden im April und Mai 2011 im niedersächsischen Gartenbaubetrieb für die Sprossenproduktion verwendeten Bockshornklee-Samenchargen vollständig aufzudecken und diese Chargen vom Markt zu nehmen. Bei Zwischenhändlern und Empfängern dieser Chargen sollte außerdem geprüft werden, ob in diesen Betrieben eine Kreuzkontamination weiterer Samenarten und -chargen ausgeschlossen werden kann.
- Die zuständigen Überwachungsbehörden sollten die Lebensmittelunternehmer auf die beiden Chargen von Bockshornkleesamen hinweisen, die nach den Erkenntnissen aus der in Deutschland und auf EU-Ebene durchgeführten Rück- und Vorwärtsverfolgung mit dem Ausbruchsstamm EHEC O104:H4 kontaminiert sein könnten. Diese Informationen sollen die Lebensmittelunternehmer in die Lage versetzen, gegebenenfalls Maßnahmen der Risikominimierung hinsichtlich ihrer eigenen Lagerbestände sowie ihrer hergestellten Produkte zu treffen.
- Im Rahmen der risikoorientierten Probenentnahme sollten Sprossen und Samen von Bockshornklee verstärkt kontrolliert werden.
- Der Ausbruchserreger sollte hinsichtlich seiner Eigenschaften, inkl. seiner Überlebensfähigkeit und seines Wachstumsverhaltens auf Samen und in Sprossen, näher charakterisiert werden.
- Die verstärkte Surveillance humaner EHEC-Infektionen und HUS-Erkrankungen sollte aufrechterhalten werden, um neue Ausbrüche mit EHEC O104:H4 frühzeitig erkennen zu können.

2. Empfehlungen für Restaurations- und Verpflegungseinrichtungen:

- Das BfR empfiehlt Lebensmittelunternehmern in Restaurations- und Verpflegungseinrichtungen (z.B. Hotels, Restaurants, Kantinen), die Abgabe von Sprossen zum Rohverzehr an Endverbraucher vor dem Hintergrund der vorgelegten Bewertung sorgfältig abzuwägen.

3. Empfehlungen für Verbraucherinnen und Verbraucher:

- Da in Privathaushalten noch vorhandene Kleinstpackungen mit Sprossensamen mit dem gefährlichen EHEC-Erreger kontaminiert sein können, sollten diese mit dem Restmüll entsorgt werden.
- Verbraucherinnen und Verbrauchern wird empfohlen, weiterhin auf den Verzehr von rohen Sprossen zu verzichten, weil es nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand nicht unwahrscheinlich ist, dass noch mit EHEC O104:H4 kontaminierte Sprossensamen im Verkehr sind.

4. Grundsätzlich rät das BfR, die allgemeinen Regeln der Küchenhygiene unbedingt einzuhalten, um die Übertragung von Krankheitserregern auf verzehrsfertige Lebensmittel zu verhindern.

### 6.1.3 Begründung

#### 6.1.3.1 Risikobewertung

##### 6.1.3.1.1 Mögliche Gefahrenquelle

###### 6.1.3.1.1.1 Enterohämorrhagische und enteroaggregative *E. coli*

*E. coli* kommen natürlicherweise im Darm von Menschen und Tieren vor. Bestimmte Typen von *E. coli*, wie die sogenannten enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC) oder die enteroaggregativen *E. coli* (EAggEC), können gastrointestinale Erkrankungen beim Menschen hervorrufen. Da EHEC auch im Darm von Wiederkäuern vorkommen und mit dem Kot ausgeschieden werden, können sie direkt oder indirekt (z.B. über Lebensmittel) vom Tier auf den Menschen übertragen werden und Krankheiten auslösen. Die typischen EAggEC sind hingegen bisher noch nicht bei Tieren beschrieben worden. Eine Übertragung von EAggEC kann über Schmierinfektionen von Mensch zu Mensch erfolgen. Der Erreger kann auch bei der Zubereitung oder Produktion in Lebensmittel gelangen und so verbreitet werden.

Charakteristisch für EHEC sind die Eigenschaften, Shiga-Toxine (*stx1* oder *stx2*) zu bilden und sich über ein bestimmtes Protein (Intimin) im Darm seiner Wirte festzuheften. Die Begriffe STEC (für Shiga-Toxin-bildende *E. coli*) bzw. VTEC (für verotoxinbildende *E. coli*) werden daher synonym für *stx1*- oder *stx2*-bildende EHEC verwendet. EAggEC bildet hingegen normalerweise keine Shiga-Toxine und setzt sich mit Hilfe von Anheftungsfaktoren (Adhäsine) an der Darmwand fest.

EHEC gehören auch aufgrund des möglichen schweren Krankheitsverlaufs zu den bedeutendsten Ursachen für bakterielle Infektionen, die über Lebensmittel übertragen werden.

###### 6.1.3.1.1.2 Charakteristika von EHEC O104:H4 (Ausbruchsstamm)

Beim derzeitigen EHEC-Ausbruchsgeschehen wurde als Ausbruchsstamm der Serotyp O104:H4 eindeutig als Krankheitsursache identifiziert. EHEC O104:H4 werden in der Referenzkollektion von HUS-assoziierten EHEC-Isolaten des Universitätsklinikums Münster auch als „HUSEC041“ bezeichnet. Allerdings unterscheidet sich der Ausbruchsstamm von HUSEC041 u.a. in seinem Makrorestriktions-Pulsfeldgelelektrophorese- (PFGE-)Muster und hinsichtlich seiner Ausstattung mit Virulenzfaktoren.

Mittels DNA-Sequenzanalyse wurde festgestellt, dass der Ausbruchsstamm wesentlich mehr Gemeinsamkeiten mit den EAggEC als mit den herkömmlichen EHEC hat. So ähnelt der Ausbruchsstamm auf Sequenzebene zu 93 % einem humanen EAggEC-Stamm aus Zentralafrika, der bereits charakterisiert wurde. Das EHEC-Spezifische an dem Ausbruchsstamm ist das *stx2*-Gen. Offenbar handelt es sich bei dem Ausbruchsstamm um eine Rekombination aus zwei pathogenen *E. coli*-Typen (EHEC *eae*, *stx* und EAggEC), er trägt aber nicht das für klassische EHEC typische *eae*- (attaching and effacing *E. coli*-)Gen.

Der Ausbruchsstamm EHEC O104:H4, der dem Multilocus-Sequenztyp (MLST) ST678 und der phylogenetischen Gruppe B1 angehört, weist insgesamt folgende EHEC- bzw. EAggEC-spezifischen Merkmale auf:

EHEC-Merkmale:

- Shiga-Toxin 1 (*stx1*): negativ
- Shiga-Toxin 2 (*stx2a*): positiv
- Intimin (*eae*): negativ
- Enterohämolysin: negativ

EaggEC-Merkmale (EaggEC-Virulenzplasmid):

- ABC-transporter protein gene (*aatA*-PCR): positiv
- master regulator gene of virulence-plasmid genes (*aggR*-PCR): positiv
- secreted protein dispersin gene (*aap*-PCR): positiv
- AAF/I-fimbral subunit-gene (*aggA*-PCR): positiv
- AAF/I-fimbral operon-gene (*aggC*-PCR): positiv
- enteroaggr. *E. coli* heat-stable enterotoxin (EAST-1) gene (*astA*-PCR): negativ

Hinsichtlich des Resistenz-Phänotyps zeigten bisher alle Isolate des Ausbruchsstamms eine Resistenz gegenüber den Beta-Laktam-Antibiotika der Gruppen Acylaminopenicilline und Cephalosporine. Sie waren hingegen empfindlich gegenüber den Carbapenemen. Zusätzlich wurde eine Resistenz gegenüber Tetracyclin, Nalidixinsäure, Streptomycin und Trimethoprim/Sulfamethoxazol nachgewiesen.

Der Ausbruchsstamm erweist sich außerdem als Extended-Spektrum-Beta-Laktamase-(ESBL-)Bildner. So wurde über molekulare Nachweismethoden (PCR) eine Extended-Spektrum Beta-Laktamase (ESBL) vom Typ CTX-M-15 mit der vorgelagerten Insertionssequenz *ISEcp1* und eine Beta-Laktamase des Typs TEM-1 in allen Isolaten nachgewiesen. CTX-M-15 ist der häufigste ESBL-Typ bei nosokomialen ESBL-*E. coli*, der bisher nur bei wenigen Isolaten vom Tier nachgewiesen wurde. Die Resistenzgene *bla*CTX-M-15 und *bla*TEM-1 sind auf einem konjugativ übertragbaren Plasmid (Incl1 Replicon, ca. 90 kbp) lokalisiert.

Nach derzeitigem Kenntnisstand verhält sich der Ausbruchsstamm hinsichtlich seiner Fähigkeit zur Bildung von Biofilmen, seiner Tellurit- und Quecksilberresistenz sowie in seiner Säuretoleranz nicht anders als der HUSEC041-Referenzstamm. Unter Laborbedingungen wurde bereits bestätigt, dass der Ausbruchsstamm in Form von Biofilmen an Oberflächen anheften kann.

#### 6.1.3.1.1.3 Vorkommen von EHEC O104:H4

Vorkommen beim Menschen

Bis zum Beginn des Ausbruchs in Deutschland im Mai 2011 sind in der Literatur nur wenige sporadische Fälle von *stx2*-positiven/negativen EHEC O104:H4 beschrieben worden: So berichtet beispielsweise das ECDC über die Infektion einer Person aus Finnland aus dem Jahr 2010, die die Infektion bei einer Reise nach Ägypten erworben haben soll. Zu einem weiteren Fall aus dem Jahr 2004 in Frankreich sind Details zur Erkrankung (inkl. Infektionsort) laut Bericht des ECDC nicht bekannt. In der Literatur wird eine Isolierung dieses Serotyps zudem bei einer Patientin mit HUS in Korea im Jahr 2005 sowie bei zwei Fällen (beide mit HUS) in Deutschland im Jahr 2001 beschrieben.

### Vorkommen im Lebensmittel

Das Vorkommen des Serotyps O104:H4 in Lebensmitteln wurde in Deutschland und der EU bis zum Ausbruchsgeschehen noch nicht beschrieben. EHEC O104:H4 wurde in Deutschland erstmals im Rahmen der aktuellen Ausbruchsuntersuchung in bzw. auf Lebensmitteln detektiert. Der Nachweis gelang in einer Probe Gurke und einer Probe Sprossen, die an unterschiedlichen Orten aus dem Küchenabfall von Personen entnommen worden waren, die mit dem Ausbruchserreger infiziert waren. Darüber hinaus wurde EHEC O104:H4 in drei Lebensmittelproben festgestellt (Lachs roh und gegart, Paprika), die offensichtlich von einer Mitarbeiterin eines Partyservices während der Inkubationszeit kontaminiert worden waren.

STEC/VTEC anderer Serotypen lassen sich hingegen schon seit vielen Jahren in Lebensmitteln nachweisen. In Deutschland werden STEC/VTEC im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrollen, der amtlichen Überwachung sowie im Rahmen des Zoonosen-Monitorings beobachtet. Im Rahmen der amtlichen Überwachung werden STEC/VTEC insbesondere bei frischem Fleisch sowie bei Rohfleischzubereitungen, aber auch bei Wildfleisch nachgewiesen. Die Nachweisraten lagen im Jahr 2009 zwischen 3 und 4 %. Auch in stabilisierten Fleischerzeugnissen und Milchproben (Rohmilch ab Hof, Sammelmilch) sowie Milchprodukten (Rohmilch-Weichkäse) wurden STEC/VTEC nachgewiesen.

In folgenden Probenmaterialien gelang im Jahr 2009 ein Nachweis von STEC/VTEC-Serovaren aus der Gruppe der zehn häufigsten bei humanen Fällen vorkommenden Serovaren: Rindfleisch (O26), Wildfleisch (O128), Hackfleisch (O55, O91, O103), stabilisierte Fleischerzeugnisse aus Rindfleisch (O157) und Rohmilch-Weichkäse aus Ziegenmilch (O26).

Innerhalb der EU wurde auch über vereinzelte Nachweise von STEC/VTEC in pflanzlichen Lebensmitteln (Gemüse, Obst) berichtet, wobei es sich immer um Nicht-O104:H4-Stämme handelte.

### Vorkommen bei Tieren und in der Umwelt

Der Ausbruchsstamm EHEC O104:H4 wurde vor Beginn des Ausbruchsgeschehens in der EU bisher weder in Tierbeständen noch in Proben aus der Umwelt beobachtet. Keines der am NRL *E. coli* differenzierten Isolate gehörte diesem Serovar an. Auch im Rahmen der Mitteilungen zur Zoonosenberichterstattung wurde das Serovar bisher nicht berichtet.

Bei Rindern und bei Schafen wurden im Jahr 2009 STEC/VTEC anderer häufig beim Menschen vorkommender Serovaren identifiziert (O26 und O103).

EHEC O104:H4 wurde in Deutschland erstmals im Rahmen der Ausbruchsuntersuchung in einer Umweltprobe detektiert. Der Nachweis gelang mittels PCR einmalig in einer Wasserprobe aus einem hessischen Fließgewässer und könnte mit Einleitungen aus einer nahe gelegenen Kläranlage im Zusammenhang stehen. In Wasserproben, die zu einem späteren Zeitpunkt aus diesem Fließgewässer entnommen wurden, ließ sich dieser laboridiagnostische Befund nicht wiederholen.

Über die Widerstandsfähigkeit des Ausbruchsstamms in der Umwelt ist bisher nur sehr wenig bekannt. Derzeit kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass EHEC-O104:H4-Stämme längere Zeit in der Umwelt überleben können.

Insgesamt muss nach derzeitigen Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass der Ausbruchsstamm mit seiner detailliert beschriebenen genetischen Ausstattung sein Reservoir im Menschen hat, da dieser *E. coli*-Typ bis heute noch nie bei Tieren gefunden wurde.

Bisher gibt es keinerlei Anhaltspunkte, dass der Ausbruchsstamm die Speziesbarriere Mensch-Tier überwunden hat. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Ausbruchsstamm sekundär auch Tiere kolonisieren könnte, beispielsweise durch Aufnahme von kontaminiertem Wasser. Es scheint derzeit so zu sein, dass sich der Erreger im Menschen vermehrt und nach Freisetzung über Fäkalien in die Umwelt gelangt, z.B. in das Abwasser. Es ist davon auszugehen, dass der Erreger für eine effektive Vermehrung wieder den Menschen kolonisieren muss.

#### 6.1.3.1.1.4 Diagnostik von EHEC O104:H4

Der Nachweis von EHEC bei mit dem Erreger infizierten Menschen erfolgt in der Regel über die labordiagnostische Untersuchung einer Stuhlprobe. Das Ziel dieser Labordiagnostik ist die Erregerisolierung mit dem Nachweis des Toxingens mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR) aus abgeschwemmten Bakterienkolonien oder angereicherten Stuhlproben bzw. der Toxinachweis mittels Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) aus der *E. coli*-Kultur. Die Serotypisierung und (molekularbiologische) Feincharakterisierung von Isolaten schließt sich daran an. Zur schnellen Differenzierung des Ausbruchsstamms von allen anderen EHEC steht seit Kurzem eine spezifische Multi-Target-PCR zur Verfügung, bei der gleichzeitig vier für EHEC O104:H4 spezifische Gene detektiert werden.

Im Lebensmittel und/oder in Umweltproben ist der Nachweis von EHEC aufgrund der Begleitflora und der komplexen (biologischen) Hintergrund-Matrix im Allgemeinen schwierig. Auch hierbei zielt die Diagnostik auf die Erregerisolierung bei gleichzeitigem Toxingen- und Toxin-Nachweis ab. Eine spezifische Untersuchungsmethode zur Identifizierung des Ausbruchsstamms wurde vom NRL *E. coli* zusammen mit Experten der französischen Lebensmittelagentur ANSES entwickelt und evaluiert. Dieses Nachweisverfahren wurde den Untersuchungslaboratorien der amtlichen Lebensmittelüberwachung der Länder und den Lebensmittelunternehmern durch das BfR zur Verfügung gestellt.

Da insbesondere die Anzucht und der Nachweis von EHEC in pflanzlichen Lebensmitteln schwierig ist, wurden vom NRL *E. coli* zusätzlich spezifische Anreicherungsprotokolle mit anschließender Detektion des Erregers mittels der spezifischen EHEC-O104:H4-PCR zur Verfügung gestellt. Über die Sensitivität und Nachweisgrenze dieses Verfahrens lassen sich derzeit nur bedingt valide Aussagen treffen. So wird die Nachweisgrenze des Erregers in pflanzlichen Lebensmitteln (inkl. Sprossen) vom NRL *E. coli* mit deutlich weniger als 10 Genomabschnitten pro 25 Gramm Probe angegeben. Für Untersuchungen von Samen kann hingegen noch keine zuverlässige Aussage getroffen werden, u.a. weil zu wenig darüber bekannt ist, ob auch innerhalb der Samen Erreger vorkommen können.

#### 6.1.3.1.2 Zum Gefährdungspotenzial im aktuellen Ausbruchsgeschehen

Seit Anfang Mai 2011 kommt es zu einem gehäuften Auftreten des sogenannten hämolytisch-urämischen Syndroms (HUS) und blutigen Diarrhöen im Zusammenhang mit Infektionen durch EHEC O104:H4. Das Erkrankungsgeschehen betrifft alle Bundesländer, aber vor allem Norddeutschland. Die weit überwiegende Anzahl der Erkrankungen steht im Zusammenhang mit einer Exposition in Norddeutschland. Ausländische Patienten mit HUS (mehr als 40 Fälle) oder EHEC (mehr als 70 Fälle) wurden bislang aus mehreren Mitgliedsstaaten der Europäischen Union, aus der Schweiz, aus Norwegen, Kanada und aus den USA gemeldet, wobei bei den meisten Patienten ein Bezug zu Deutschland bekannt ist.

Die Mehrzahl der durch EHEC verursachten Erkrankungen tritt als unblutiger, meistens wässriger Durchfall in Erscheinung. Bei einem Teil der Erkrankten entwickelt sich eine hämorrhagische Kolitis mit krampfartigen Bauchschmerzen, blutigem Stuhl und teilweise Fieber. Der Infek-

tionsverlauf kann jedoch auch inapparent und damit unbemerkt verlaufen. Eine gefürchtete Komplikation ist das HUS. Das Vollbild des HUS ist charakterisiert durch akutes Nierenversagen bis zur Anurie, hämolytische Anämie (Blutarmut) und Thrombozytopenie (Mangel an Blutplättchen). Typischerweise gehen dem HUS Diarrhöen, oft blutig, voraus. Diese schwere Komplikation tritt in etwa 5 bis 10 % der symptomatischen EHEC-Infektionen auf. Hierbei kommt es häufig zur kurzzeitigen Dialysepflicht, seltener zum irreversiblen Nierenfunktionsverlust mit chronischer Dialyse. In der Akutphase liegt die Letalität des HUS bei ungefähr 2 %. Die Letalität beim augenblicklichen Krankheitsgeschehen liegt bei 0,4 % (EHEC-Infektionen) bzw. 3,3 % (bestätigte und Verdachtsfälle HUS).

Im Rahmen des aktuellen Ausbruchs durch den Serotyp O104:H4 wurden bei klinisch erkrankten Personen auch häufig neurologische Symptome beobachtet, was möglicherweise daran liegt, dass es sich eher um einen enteroaggregativen Stamm handelt mit der zusätzlichen Eigenschaft des EHEC, Shigatoxin zu bilden.

Außerdem haben in diesem Ausbruch wesentlich mehr Patienten (25 %) ein HUS entwickelt, als es sonst üblich ist. Dem RKI wurden gemäß Infektionsschutzgesetz (IfSG) bis zum 01. Juli 2011, 10.00 Uhr, 3.202 Fälle mit einer Infektion mit EHEC und 845 Erkrankungsfälle mit HUS (691 bestätigte Fälle und 154 HUS-Verdachtsfälle) übermittelt. 48 der gemeldeten Patienten sind an den Folgen der Erkrankungen verstorben. Es handelt sich damit um einen der weltweit größten bislang beschriebenen Ausbrüche von EHEC-Infektionen bzw. HUS und den bislang größten Ausbruch in Deutschland. Weibliche Personen sind stärker vom aktuellen EHEC-/HUS-Ausbruch betroffen.

Der früheste Erkrankungsbeginn von EHEC mit Durchfall war nach Angaben des RKI am 01. Mai, der späteste mit Nachweis von EHEC O104:H4 war der 26. Juni 2011 (Datenstand 01.07.2011, 10 Uhr). Vom 01. bis 12. Mai erkrankten täglich zwischen einem Fall und 18 übermittelte Fälle mit EHEC-Infektionen. Danach stieg die Fallzahl kontinuierlich auf ein Maximum von 164 Fällen mit Erkrankungsbeginn am 22. Mai an. Seither wird ein kontinuierlicher Rückgang der EHEC-Fallzahlen beobachtet.

Auch bei HUS war der früheste Krankheitsbeginn mit Durchfall am 01. Mai, der späteste mit Nachweis von EHEC O104:H4 war der 26. Juni 2011 (Datenstand 01.07.2011, 10 Uhr). Vom 01. bis 08. Mai erkrankten täglich zwischen 0 und 2 Fälle. Am 09. Mai stieg die Zahl der Erkrankungen auf 7 Fälle an und erhöhte sich kontinuierlich weiter bis zu einem bisherigen Maximum von 62 Fällen am 21. Mai. Seither wird ein kontinuierlicher Rückgang der HUS-Fallzahlen beobachtet.

Mit Stand vom 01. Juli 2011 war das letzte bekannte Erkrankungsdatum bei allen EHEC- oder HUS-Fällen der 27. Juni 2011.

Die Inkubationszeit beträgt üblicherweise bei EHEC-Infektionen ca. 2 bis 10 Tage (durchschnittlich 3 bis 4 Tage), wobei diese Daten im Wesentlichen auf Untersuchungen zu EHEC der Serogruppe O157 beruhen. Im augenblicklichen Ausbruchsgeschehen wird von einer medianen Inkubationszeit von 8 Tagen (Interquartilsabstand 7–9 Tage) ausgegangen. Die Symptome EHEC-assoziiertes HUS-Erkrankungen beginnen in diesem Ausbruch im Median 5 Tage (Interquartilsabstand 4–6 Tage) nach Beginn des Durchfalls (Datenstand 18.06.2011).

Die Infektionsdosis des bekannten Ausbruchserregers EHEC O157 ist sehr gering und liegt bei unter 100 Keimen. Über die Infektionsdosis des vorliegenden Ausbruchsstamms liegen keine Angaben vor, es ist jedoch davon auszugehen, dass sie ebenfalls sehr niedrig ist.

Eine Ansteckungsfähigkeit besteht, solange EHEC-Bakterien im Stuhl nachgewiesen werden. Angaben zur durchschnittlichen Dauer der Keimausscheidung variieren deutlich von ei-

nigen Tagen bis zu mehrere Wochen, wobei die meisten Erkenntnisse hierzu für die Serogruppe O157 vorliegen. Hier kann bei Kindern mit einer Ausscheidungsdauer von über einem Monat bei klinisch unauffälligem Bild gerechnet werden. Inwieweit diese Ergebnisse auch für EHEC O104:H4 zutreffen, muss noch geprüft werden. Eine entsprechende Studie des RKI hat begonnen, bisher liegen hierzu noch keine Erkenntnisse vor. Eine über das Krankheitsstadium hinausgehende Ausscheidung von Erregern ist also zumindest bei einem Teil der Infizierten möglich und anzunehmen.

Um die Ausbruchsursache zu ermitteln, führte das RKI seit dem 20. Mai 2011 in Zusammenarbeit mit den Gesundheits- und Lebensmittelbehörden des Bundes und der Länder mehrere aufeinander aufbauende epidemiologische Studien durch. Die Analyse der ersten beiden Fall-Kontroll-Studien ergab, dass betroffene Patienten signifikant häufiger rohe Tomaten, Salatgurken und Blattsalate verzehrt hatten als gesunde Studienteilnehmer. Eine ergänzende Fall-Kontroll-Studie bei Kantinenkunden führte zu dem Ergebnis, dass der Verzehr von Lebensmitteln von der Salatbar deutlich mit der Erkrankung assoziiert war. Diese ersten Studien gaben insofern einen ersten deutlichen Hinweis auf rohes Gemüse als mögliche Quelle, ermöglichten aber keine Eingrenzung auf bestimmte Gemüsesorten, sodass weitere Studien eingeleitet wurden, die einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Sprossenverzehr und Erkrankungsrisiko ergaben.

Am 24. Juni 2011 berichtete Frankreich über eine Häufung von HUS/EHEC-Fällen in der Nähe von Bordeaux mit Erkrankungsbeginn zwischen dem 15. und 20. Juni 2011. Mit Stand vom 28. Juni 2011 sind bei diesem Ausbruch 15 erwachsene Personen an EHEC/HUS erkrankt. Bei bisher mindestens 5 Fällen gelang der labordiagnostische Nachweis von EHEC O104:H4. Nach den bislang durchgeführten Untersuchungen sind der französische und der deutsche Ausbruchstamm genetisch verwandt und weisen das gleiche Virulenz- und Resistenzprofil auf. 11 Fälle hatten am 08. Juni 2011 im Rahmen einer Veranstaltung ein Freizeitzentrum für Kinder besucht. Davon konnten bisher 9 Fälle zum Lebensmittelverzehr befragt werden. Sie haben während dieser Veranstaltung mit einer kalten Suppe (Gazpacho) Sprossen verzehrt, die im Freizeitzentrum aus Samen (Bockshornklee, Senf, Rucola) selbstgezogen worden waren. Weitere mögliche Expositionen werden im Rahmen einer Kohortenstudie untersucht.

#### 6.1.3.1.3 Exposition

Ziel der Expositionsschätzung ist, einerseits das ursächlich beteiligte Lebensmittel zu identifizieren sowie andererseits die Eintragsquellen aufzuzeigen, die relevant für die Charakterisierung des Risikos sowie für die Ableitung von Handlungsempfehlungen sind.

Hierfür wurden auch die Ergebnisse der am 03. Juni 2011 am BVL eingerichteten Task Force EHEC herangezogen. Diese Task Force setzt sich aus Experten mehrerer Bundesländer, des BfR, des RKI, des BVL, der EFSA sowie der Europäischen Kommission zusammen. Die Task Force sollte das für den EHEC-Ausbruch verantwortliche Lebensmittel identifizieren (Phase 1), die Quelle(n) des EHEC-Erregers aufzeigen und Empfehlungen zum Eliminieren dieser Quelle(n) ableiten (Phase 2), um den Ausbruch stoppen zu können.

#### 6.1.3.1.3.1 Eingrenzung des Lebensmittelvehikels

Zur Eingrenzung des Lebensmittelvehikels trugen epidemiologische Studien des Robert Koch-Instituts zu den verzehrten Lebensmitteln sowie Analysen der Vertriebswege seitens der Länder und der EHEC Task Force bei. In mehreren Fall-Kontroll-Studien wurden Erkenntnisse zum Verzehr von Sprossen ermittelt. Bereits bei der ersten intensiven Befragung von Hamburger Patienten am 20. und 21. Mai 2011 war eine Vielzahl von tierischen und

pflanzlichen Lebensmittel einschließlich Sprossen berücksichtigt worden. Bei dieser explorativen Befragung gaben nur 3 von 12 Patienten an, Sprossen verzehrt zu haben. Daher wurde der Zusammenhang zwischen Erkrankungen in diesem Krankheitsausbruch und dem Verzehr von Sprossen in der initialen Fall-Kontroll-Studie, in Übereinstimmung mit international anerkannten Richtlinien, nicht berücksichtigt. In einer am 29. Mai 2011 begonnenen, vertiefenden Fall-Kontroll-Studie wurden 27 an HUS erkrankte Personen aus Lübeck, Bremerhaven und Bremen je 3 nichterkrankte Personen individuell aufgrund ihres Alters, Geschlechts und Wohnortes zugeordnet. Hierbei gaben 6 (25 %) von 24 erkrankten Personen an, Sprossen im angenommenen Infektionszeitraum verzehrt zu haben, verglichen mit 7 (9 %) von 80 Nichterkrankten, bei denen diese Angaben vorlag.

Mit einer „rezeptbasierten Restaurant-Kohortenstudie“ konnte dann epidemiologisch die Ursache des Ausbruchs mit großer Wahrscheinlichkeit auf den Verzehr von Sprossen eingegrenzt werden. Bei diesem Ansatz (Stand 10.06.2011) wurden fünf Gruppen (Reisegruppen, Vereine, etc.) mit insgesamt 112 Teilnehmern, von denen insgesamt 19 Mitglieder nach einem gemeinschaftlichen Restaurantbesuch an blutigem Durchfall erkrankt waren, auf ihren Verzehr im Restaurant hin untersucht. Dabei wurden die Restaurantbesucher nicht nur befragt, sondern aufgrund der Bestelllisten und Abrechnungsdaten wurde ermittelt, welche Menüs die Mitglieder der Reisegruppen bestellt hatten. Zugleich wurde die Küche des betroffenen Restaurants detailliert befragt, wie genau welches Menü zubereitet wurde und welche Mengen welcher Zutaten in welchem Menü enthalten waren. Ergänzend wurden Fotos der Reisegruppen ausgewertet, um zu belegen, welche Lebensmittel und Garnierungen sich auf den Tellern befanden. Diese Informationen wurden in einem Kohortenansatz ausgewertet, der es erlaubt, retrospektiv das relative Erkrankungsrisiko für Restaurantkunden zu berechnen. Hierbei ergaben die aktuellen Analysen, dass Kunden, die Sprossen in ihrem Menü hatten, ein 8,6-fach höheres Risiko hatten, an blutigem Durchfall oder durch Labornachweis bestätigten EHEC/HUS zu erkranken, als Kunden, die dieses Lebensmittel nicht in ihrem Menü hatten. Zudem konnte auf diese Weise auch dargelegt werden, dass von den insgesamt in dieser Studie erfassten Fällen 100 % Sprossen in ihrem Menü hatten.

Die am BVL eingerichtete Task Force EHEC hat, ausgehend von den intensiven Ermittlungen der von dem EHEC-Ausbruch im besonderen Maße betroffenen Ländern (Niedersachsen – NI, Schleswig-Holstein – SH, Mecklenburg-Vorpommern – MV, Hamburg – HH und Hessen – HE), eine umfassende Rückwärtsverfolgungs-Strategie (Backward-Tracing) verfolgt.

Basierend auf den von den Ländern bereits generierten Informationen zu fünf gut definierten Ausbruchsklustern, wurden zunächst die Lieferbeziehungen von den Lebensmitteln, die von Erkrankten an den fünf Ausbruchsorten verzehrt wurden, analysiert und die Warenströme anhand von Lieferscheinen nachvollzogen (Rückwärtsverfolgung). Ein Ausbruchskluster wurde von der Task Force definiert als das Auftreten von mindestens einem Erkrankungsfall (EHEC oder HUS) an einem Expositionsort, wenn es starke Hinweise darauf gab, dass die Infektion nur an diesem einen Ort erworben sein konnte. Dies war zum Beispiel der Fall, wenn Mitglieder einer Reisegruppe, in der es mehrere Erkrankungsfälle gab, nur in einem Restaurant gemeinsam gegessen hatten. Verzehrsorte von Einzelfällen wurden dann als nachverfolgenswert angesehen, wenn nur ein einziger Expositionsort in Norddeutschland infrage kam, z.B. hatten Touristen aus Dänemark auf der Durchreise in Norddeutschland nur an einer bestimmten Autobahnraststätte gegessen.

Die Analysen der Lieferbeziehungen und Warenströme führten zu einem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen, der auch schon bei den Ermittlungen der niedersächsischen Behörden im Fokus stand. Anlass des Anfangsverdachts war ein im Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) erhobener labordiagnostischer Be-

fund bei Sprossen, welche in diesem Betrieb produziert worden waren. Der positive ELISA-Befund ließ sich jedoch durch Bestätigungstests nicht verifizieren.

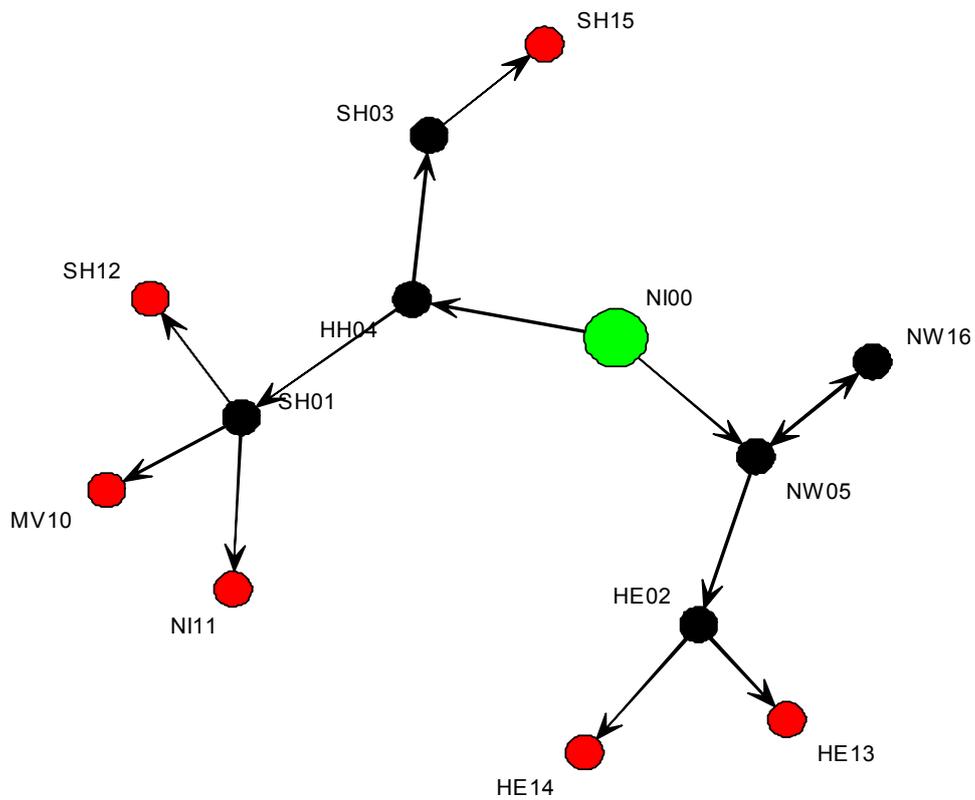
Hierauf aufbauend verfolgte die Task Force EHEC zusätzlich eine kombinierte Vorwärts-/Rückwärtsverfolgungs-Strategie (Forward-/Backward-Tracing) der Handelsbeziehungen ausgehend von dem verdächtigen Gartenbaubetrieb in Niedersachsen. Unter einer Vorwärtsverfolgung (Forward-Tracing) wird die Aufdeckung und Dokumentation von Vertriebswegen hin zum Konsumenten verstanden, während die Rückwärtsverfolgung (Backward-Tracing) die Vertriebswege ausgehend von einem Verzehrort in Richtung des Herstellers einer Ware betrachtet.

Folgende Ergebnisse wurden mit Stand 22. Juni 2011 von der Task Force EHEC ermittelt:

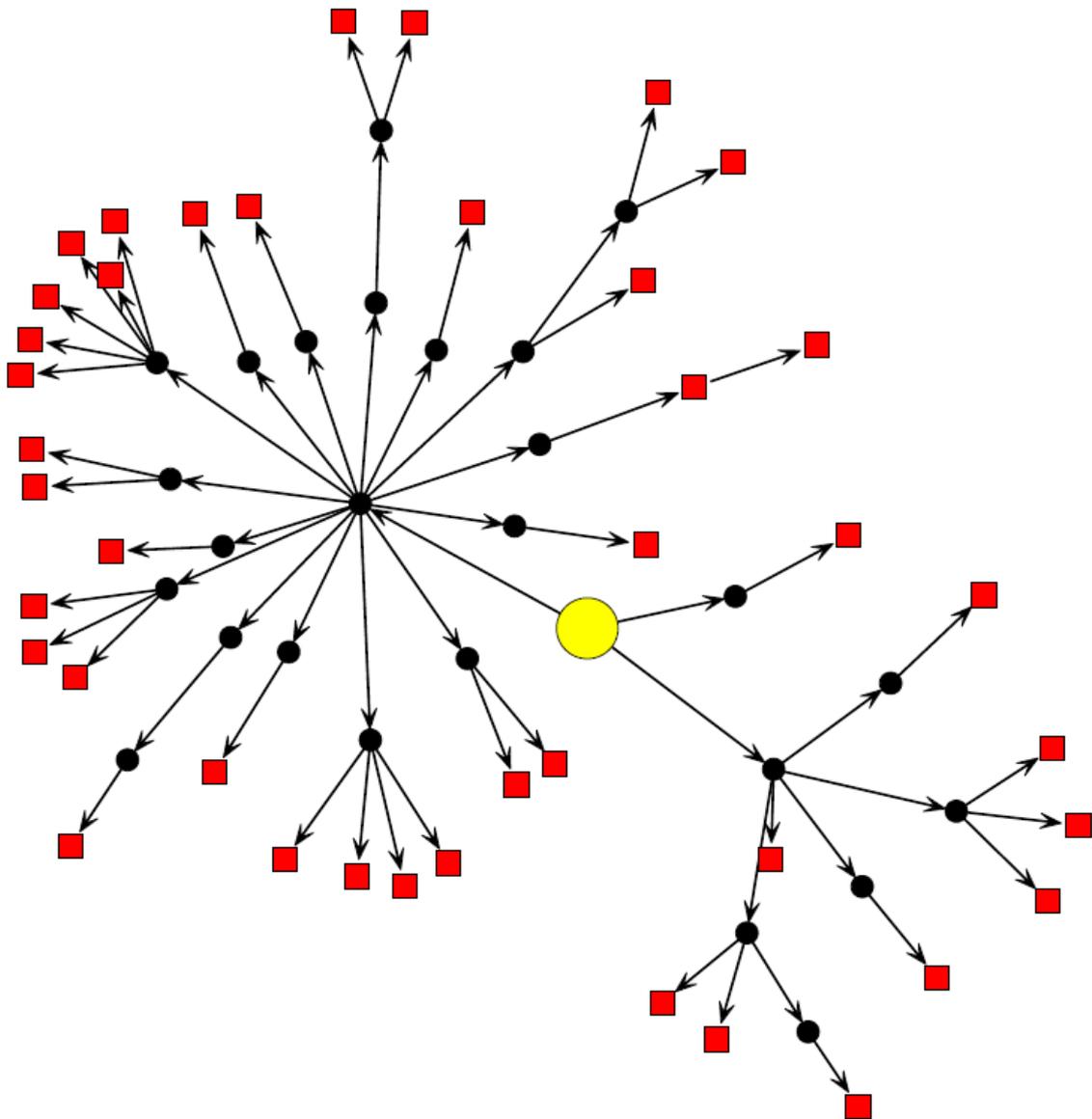
- Die Vertriebswege basierend auf chargenspezifischen Informationen für zwei Sprossmischungen<sup>1</sup> eines niedersächsischen Gartenbaubetriebes mit Gemeinsamkeiten bei den Sprossenarten, die in beiden Mischungen vorkamen, führen über zwei Knotenpunkte zu allen fünf prioritär ausgewählten Ausbruchsklustern (Abb. 11). An alle fünf Ausbruchskluster wurde mindestens eine der beiden oben genannten Sprossen-Mischungen („Keimspross-“ bzw. „Würz-Mischung“) geliefert. Als gemeinsame Keimarten wurden demnach Bockshornkleekeime und Linsenkeime identifiziert.
- Insgesamt konnten 41 von human-epidemiologischer Seite identifizierte Ausbruchskluster, lokalisiert in den sechs am stärksten vom Ausbruch betroffenen Ländern NI, HH, MV, SH, HE und NW, über Lieferbeziehungen von Sprossen des niedersächsischen Gartenbaubetriebes miteinander verknüpft werden (Abb. 12). Dieser Befund erhält eine besondere Evidenzstärke dadurch, dass die Auswahl der 41 Ausbruchskluster unabhängig von der Hypothese der Ausbreitung durch Sprossen erfolgte.

---

<sup>1</sup> „Keimspross-“ bzw. „Milde Mischung“ (enthält Alfalfakeime, Bockshornkleekeime, Linsenkeime, Adzukibohnenkeime) und „Würz-Mischung“ (enthält Rettichkeime, Bockshornkleekeime, Linsenkeime)



**Abb. 11: Ergebnisse der Backward-Tracings ausgehend von den fünf Ausbruchsklustern (rot) anhand chargenspezifischer Informationen**  
HE13 und HE14 werden als ein Cluster gewertet.



**Abb. 12: Ergebnisse der kombinierten Forward-/Backward-Tracing-Strategie**

Lieferverbindungen des niedersächsischen Gartenbaubetriebes (gelb) führen zu allen 41 mit Sprossen assoziierten Ausbruchsclustern (rot). Groß- und Zwischenhändler (schwarz).

#### 6.1.3.1.3.2 Erkenntnisse zum verdächtigen Gartenbaubetrieb in Niedersachsen

Nach Eingrenzung des Lebensmittelvehikels auf Sprossen aus einem verdächtigen Gartenbaubetrieb in Niedersachsen wurden vor Ort intensive Untersuchungen und Ermittlungen veranlasst. Weiterhin wurde überprüft, ob ein Ausbruch dieser Größenordnung anhand der Produktionsmenge des Betriebes plausibel erklärt werden kann.

Bei dem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen handelt es sich um einen Betrieb der Primärproduktion, der für die ökologische Erzeugung registriert ist. Als Hauptprodukte des Betriebes werden Feldgemüse und Sprossen angegeben. Gemäß Betriebsangaben werden zu 90 % Sprossen (ca. 20 verschiedene Sprossenarten) und zu 10 % Freilandgemüse (aus der Eigenproduktion und zugekauft von einem Gemüsehändler in der Region) vertrieben, beides nach ökologischen und zum Teil veganen Richtlinien. Während der Sprossenvertrieb überwiegend an Zwischenhändler erfolgt, wird Obst und Gemüse auf einem Wochenmarkt in der Region vermarktet. Ferner wird ein Naturkostladen in der Region beliefert.

Der Betrieb wird regelmäßig durch eine dafür zugelassene Kontrollstelle auf die Einhaltung der Bedingungen der EG Öko-Verordnungen kontrolliert und verfügt nach Angaben der zuständigen Veterinärüberwachungsbehörde über ein Qualitätssicherungssystem, was aber nicht den Vorgaben des HACCP-Konzepts nach Codex Alimentarius entspricht.

Die Sprossenproduktion erfolgt nach gängigen Herstellungsverfahren in einem Reinbereich, in dem Schutzkleidung getragen wird. Die Keimung der Sprossen erfolgt bei etwa 20 °C warmer Raumluft. Das gesamte Wasser im Produktionsbereich wird der betriebseigenen Brunnenanlage entnommen.

Der ermittelte betriebliche Produktionsablauf mit sehr feuchtem Milieu und mesothermen Bedingungen in den Anzuchtbehältern ist für ein Überleben bzw. das Wachstum von EHEC während der Sprossenherstellung als günstig zu beurteilen.

Zur Verpackung oder weiteren Kühllagerung werden die Sprossen aus dem Produktionsbereich verbracht. Aus einigen Sprossenarten mit unterschiedlichen Gewichtsanteilen werden auch verschiedene Mischungen (u.a. „Würz-Mischung“ und „Keimspross-“ bzw. „Milde Mischung“) zusammengestellt. Die Sprossen werden ausschließlich verpackt und in unterschiedlichen Abpackgrößen an den Kunden mit einem Verbrauchsdatum von 10 bis 14 Tagen abgegeben.

Die unterschiedlichen Samenarten für die Sprossenproduktion werden von mehreren Großhändlern aus dem In- und Ausland bezogen (in der Regel in mehreren 25-kg-Säcken einer Charge) und zum Teil über mehrere Monate gelagert. Eine Übersicht über die Chargen der einzelnen Samenarten, die unmittelbar vor und während des vermuteten Expositionszeitraums (Mitte/Ende April bis Mitte Mai 2011) bzw. bis zum letzten Inverkehrbringen von Sprossen am 03. Juni 2011 in die Produktion gegangen sind, wurde vom LAVES zur Verfügung gestellt. Aufzeichnungen, wann genau welche Samenchargen zur Sprossenproduktion verwendet wurden, waren in dem Gartenbaubetrieb nicht vorhanden. Eine amtliche Sperre des Betriebs wurde von Seiten der zuständigen Behörden in Niedersachsen am 05. Juni 2011 mündlich verfügt.

#### 6.1.3.1.3.3 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen von Proben aus dem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen

Sowohl die zuständigen Behörden und Untersuchungseinrichtungen in Niedersachsen (LAVES) als auch das NRL *E. coli* haben umfangreiche mikrobiologische Untersuchungen an Proben durchgeführt, die in dem niedersächsischen Gartenbaubetrieb entnommen wurden. Untersucht wurden folgende Probenarten: verzehrsfertige Sprossen, Samen ungekeimt, Samen ausgekeimt, diverse Umweltproben sowie Probenmaterialien von Haustieren. Die Ergebnisse der im NRL *E. coli* durchgeführten labordiagnostischen Untersuchungen sind in Tab. 7 zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 7: Ergebnisse aus dem NRL *E. coli* (Stand: 27.06.2011)**

Probenart	negativ	Ausbruchsstamm O104:H4	anderer STEC	Probenzahl
Samen, ungekeimt	32	0	0	32
Samen, gekeimt	30	0	0	30
Sprossen	295	0	3	298
Pflanzen/Gemüse	8	0	1	9
Wasser	10	0	1	11
Tupfer Umgebung	55	0	0	55
Abfall	1	0	0	1
Dünger	3	0	0	3
Haustier	2	0	0	2
Umverpackungen	11	0	0	11
Summe	447	0	5	452

Bei im NRL *E. coli* untersuchten Proben, die im niedersächsischen Gartenbaubetrieb entnommen wurden, konnte der Ausbruchsstamm bisher nicht detektiert werden. Auffällig ist jedoch, dass aus 5 Proben andere STEC isoliert werden konnten.

Im LAVES wurden mehr als 170 Proben aus dem niedersächsischen Gartenbaubetrieb auf EHEC O104:H4 untersucht, wobei bisher weder der Ausbruchsstamm noch andere STEC nachgewiesen wurden.

#### 6.1.3.1.3.4 Schätzung der Verzehrportionen

Anhand der Erkenntnisse zu den Liefermengen wurde geprüft, ob die vom RKI geschätzte Gesamtzahl der ausbruchsassoziierten, primär über das Lebensmittel infizierten Personen durch die Liefermengen potenziell kontaminierter Chargen aus dem niedersächsischen Gartenbaubetrieb erklärt werden kann. Wenn die Anzahl von Verzehrportionen, die aus den betreffenden Ausliefermengen des Betriebs gewonnen werden können, sehr viel kleiner ist als die Anzahl der Erkrankten, würde dies für eine weitere, unentdeckte Infektionsquelle sprechen.

Für eine Maximalschätzung der Verzehrportionen wurde die Liefermenge aller Sprossenprodukte des niedersächsischen Gartenbaubetriebs zugrunde gelegt, die vom Betrieb zwischen dem 19. April 2011 (dem angenommenen frühesten Liefertermin einer kontaminierten Charge) und dem 03. Juni 2011 (letztes Inverkehrbringen vor Einstellen der Sprossenproduktion) ausgeliefert wurden. Diese Zeitspanne kann als „Risikoperiode“ für die Lieferung kontaminierter Sprossen angesehen werden. Eine Minimalabschätzung könnte auf der Menge einzelner identifizierter Chargen beruhen, wie zum Beispiel die „Keimspross-Mischung“ und „Würz-Mischung“. Zur Abschätzung der Anzahl von Verzehrportionen wurden die Daten der 24h-Recalls und Wiegeprotokolle aus der Nationalen Verzehrstudie II (NVS II) verwendet, die vom Max Rubner-Institut erhoben wurden und dem BfR für Bewertungszwecke zur Verfügung stehen.

Die mögliche Anzahl Portionen getrennt nach Sprossenarten wurde für die Produkte mit bekannten Liefermengen errechnet. Bei der Analyse der Verzehrsdaten der NVS II wurden die Begriffe „Keimlinge“ und „Sprossen“ als synonym angesehen und aggregiert. Basierend auf den 227 Sprossenportionen der 24h-Recalls liegt die mittlere Portionsgröße (Median) bei 19 g/Portion mit einem 5. Perzentil von 2 g und einem 95. Perzentil von 53 g/Portion. Das 95. Perzentil für Daten, die mittels Wiegeprotokoll erhoben wurden, liegt bei 100 g/Portion. Auch wenn die Wiegeprotokolle aufgrund der erfassten individuellen Rezepte und der Genauigkeit der ausgewogenen Mengen methodisch die bessere Datengrundlage bieten, so ist die Schätzung aufgrund der geringen Fallzahlen (42 verzehrte Sprossenportionen) mit größeren Unsicherheiten verbunden und unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den 24h-Recalls eher als Überschätzung einzustufen. Für eine realistische Schätzung der Anzahl von Verzehrportionen kann der Median verwendet werden, während das 95. und das 5. Perzentil für eine untere und obere Grenze der Anzahl schätzung verwendet werden können.

Betrachtet man die „Keimspross-Mischung“, in der Bockshornkleesprossen enthalten waren, könnten im Mittel 3.234 Verzehrportionen roh verzehrt worden sein (614 und 30.725 Portionen basierend auf dem 95. und 5. Perzentil). Für die „Würz-Mischung“, die ebenfalls Bockshornkleesprossen enthielt, ergeben sich im Mittel 6.821 Portionen (1.159 und 64.800 Portionen basierend auf dem 95. und 5. Perzentil). Diese zwei Mischungen sind von besonderem Interesse wegen der epidemiologischen Evidenz für eine Kontamination.

Diese Betrachtung ist mit einer Unsicherheit belastet, da keine Daten darüber vorliegen, wie viel der ausgelieferten Mengen erhitzt verzehrt bzw. überhaupt verzehrt wurde. Aus diesem Grund wird hier, basierend auf BfR-Expertise, ein hypothetischer Anteil von 50 % für den Rohverzehr der ausgelieferten Sprossenmengen unterstellt. Das heißt, für den Zweck der Schätzung wird davon ausgegangen, dass die Hälfte der ausgelieferten Sprossen erhitzt oder gar nicht verzehrt wurde. Tatsächlich dürfte der roh verzehrte Anteil bei diesen Sprossenarten höher gelegen haben.

Diese Ergebnisse belegen, dass die Gesamtanzahl der bekannten Infektionen mit einer Kontamination in der ausgelieferten Menge der „Keimspross-Mischung“ und/oder „Würz-Mischung“ erklärt werden könnte.

#### 6.1.3.1.3.5 Einfluss von Verzehrgeohnheiten

Das aktuelle Ausbruchsgeschehen zeichnet sich durch eine ungewöhnliche Alters- und Geschlechterverteilung bei den Erkrankten mit HUS aus. Nach wie vor sind vor allem Erwachsene, dabei Frauen stärker als Männer, vom HUS betroffen. Vor dem aktuellen Ausbruch entwickelten in Deutschland vorwiegend Kinder ein HUS. Die beobachteten Unterschiede könnten sich über die unterschiedlichen Verzehrgeohnheiten und damit verbundenen Expositionen erklären. Da Sprossen als ursächliches Vehikel gelten, kann die gesundheitsbewusste Ernährung speziell von Frauen zu einer erhöhten Exposition gerade dieser Bevölkerungsgruppe geführt haben. Dennoch geben die deutschen Verzehrsstudien keine eindeutigen Hinweise, dass Frauen häufiger oder mehr Sprossen essen als Männer. Eine Eingrenzung der Gefährdung auf bestimmte Bevölkerungsgruppen ist nicht möglich.

#### 6.1.3.1.3.6 Mögliche Eintragswege des Ausbruchsstammes in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb

Die Identifikation einer Eintragsquelle der Kontamination ist aus Sicht der Lebensmittelsicherheit wichtig, um ggf. andere, bisher unbekannte Infektionsquellen auszumachen. Auf der Grundlage der epidemiologischen Evidenz für den verdächtigen niedersächsischen Gartenbaubetrieb als Quelle des Ausbruchsgeschehens müssen bezüglich der Eintragsquellen in den besagten Betrieb zwei verschiedene Hypothesen und deren mögliche Konsequenzen betrachtet werden:

1. Es handelt sich um eine Punktquelle, d.h., alle Erkrankungsfälle können unmittelbar oder mittelbar ausschließlich auf den niedersächsischen Gartenbaubetrieb zurückgeführt werden.
2. Es handelt sich um eine Quelle, die schwerpunktmäßig, aber möglicherweise nicht ausschließlich, in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb eingetragen wurde. Diese Eintragsquelle könnte möglicherweise noch andere Expositionswege in die Humanpopulation finden.

Betrachtet man den Gartenbaubetrieb als Punktquelle (Hypothese 1), so sind verschiedene Eintrags- und Ausbreitungswege in diesen Betrieb zu betrachten:

Der Eintrag in den Betrieb erfolgte über kontaminierte/s Menschen (z.B. Personal), Wasser, Samen als Punktkontamination (d.h., ein einziger kontaminierter Sack wurde angeliefert) oder ein anderes, derzeit nicht bekanntes Vehikel (z.B. Haustier, Schadinager, Schadinsekten, Verpackungsmaterial). Die Weiterverbreitung des Erregers innerhalb der Betriebsstätte erfolgte auf mehrere Produktionschargen, d.h., dieses Eintragsereignis hat mehrfach stattgefunden oder über einen gewissen begrenzten Zeitraum gewirkt.

Zur Weiterverbreitung innerhalb der Betriebsstätte können weitere Vehikel beigetragen haben, z.B. Wasser, das auf dem Betrieb durch Menschen kontaminiert und anschließend für die Sprossenproduktion eingesetzt wurde. Weitere Möglichkeiten sind Samen, die vor Ort kontaminiert wurden, d.h., es wurden vorrätige Bestände kontaminiert, sowie von infizierten Menschen kontaminierte Gerätschaften, die über mehrere Produktionszeiträume eingesetzt wurden.

Nicht weiter betrachtet werden im Rahmen der Hypothese (1) folgende Aspekte, obwohl sie insbesondere für die weitere Ausbreitung des Erregers eine wesentliche Bedeutung haben können. Hierbei handelt es sich um die mögliche Infektionsquelle von Menschen, möglichen Eintragsquellen in Wasser außerhalb des Gartenbaubetriebes sowie um mögliche Kontaminationsquellen für andere Vehikel außerhalb des Gartenbaubetriebes.

Wenn die Eintragsquelle für den niedersächsischen Gartenbaubetrieb auch für andere Sprossenerzeuger von Bedeutung ist (Hypothese 2), würde dies bedeuten, dass nicht ausschließlich der niedersächsische Gartenbaubetrieb als Ausgangsquelle für das gegenwärtige Ausbruchsgeschehen infrage kommt. In Folge können neue Ausbruchsgeschehen von anderen Erzeugerquellen ausgehen. Folgende Eintrags- und Ausbreitungswege sind zu betrachten:

Der Eintrag in die Produktionskette erfolgte über kontaminierte Samen, wobei die Kontamination bei einem Erzeuger oder Zulieferer als Punktkontamination aufgetreten ist.

Die Weiterverbreitung des Erregers innerhalb der Produktionskette erfolgte anschließend

- mit der gesamten Charge einer Samenart nach Durchmischung,
- mit verschiedenen Produktionschargen einer Samenart durch Kreuzkontamination oder
- mit verschiedenen Chargen verschiedener Samenarten durch Kreuzkontamination.

Generell ist festzuhalten, dass das Verfahren zur Sprossenproduktion eine Keimvermehrung begünstigt. Die Prozessschritte im Produktionsverfahren können sicherlich auch zu einer gleichmäßigen Durchmischung und Verteilung des Erregers in einer Produktionscharge beigetragen haben. Dass es zu keiner größeren Verschleppung zwischen den Produktionschargen sowie zum Austrag in die Umgebung gekommen sein kann, lässt sich aus dem erfolglosen Nachweis des Erregers, auch im gesamten Abwassersystem, ableiten.

Für die verschiedenen möglichen Eintragsquellen wird nachfolgend der derzeitige Kenntnisstand dargelegt.

### **Menschen als Eintragsquelle in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb:**

Nach Angaben der niedersächsischen Gesundheitsbehörden sind in dem Gartenbaubetrieb einschließlich der Betreiber insgesamt 15 Personen tätig. Von diesen haben drei Mitarbeiterinnen (Fall 1–3) eine Durchfallssymptomatik im Sinne einer EHEC-Infektion entwickelt (Erkrankungsbeginn: 06.05., 11.05. und 12.05.2011). Bei einer dieser Mitarbeiterinnen, die auch ein HUS entwickelte, wurde EHEC O104:H4 nachgewiesen (Fall 3). Bei den anderen beiden Mitarbeiterinnen (Fall 1, Fall 2) erfolgte ursprünglich keine Stuhluntersuchung.

Im Rahmen der Umgebungsuntersuchungen des zuständigen Gesundheitsamtes wurden bisher 13 der 15 Betriebsangehörigen im niedersächsischen Landesgesundheitsamt (NLGA) auf das Vorliegen einer EHEC-Infektion labordiagnostisch getestet, davon zwei Personen positiv auf EHEC O104:H4 (Fall 4, Fall 5). Diese beiden Personen hatten keine Durchfallssymptomatik angegeben. Fall 1 und Fall 2 sind hingegen in der aktuellen Stuhluntersuchung negativ getestet worden. Somit muss insgesamt von fünf EHEC-(Verdachts-)Fällen unter den Betriebsangehörigen des Gartenbaubetriebes ausgegangen werden.

Alle 15 Personen wurden mittels eines standardisierten Fragebogens zu möglichen Infektionsursachen befragt. Deren Antworten im Hinblick auf Reiseanamnese (ins In- und Ausland) lieferten jedoch keine eindeutigen Erkenntnisse zur Identifizierung der Infektionsursache. Bezüglich des Verzehrs von Sprossen wurde von den fünf Fällen eine Präferenz für bestimmte Sprossenarten (Bockshornklee, Brokkoli, Knoblauch) angegeben.

Menschen kommen zwar grundsätzlich als Eintragsquelle in Betracht. Allerdings haben diese Personen auch Sprossen aus dem Betrieb verzehrt, insbesondere auch die verdächtigen Sprossmischungen („Keimspross-“ bzw. „Würz-Mischung“). Es ist daher möglich, dass sich die Ausscheider, ebenso wie andere Fälle, am verzehrten Produkt infiziert haben. Für die Hypothese, dass der Erreger primär durch Personal eingetragen wurde, bleibt darüber hinaus unklar, wie sich die Personen infiziert haben. Bisher konnte keine schlüssige Infektionsquelle im Umfeld bzw. anhand einer Reiseanamnese erkannt werden.

In Anbetracht des vermuteten Infektionszeitpunktes der erkrankten Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen erscheint ein ursächlicher Eintrag über diese Personen wenig wahrscheinlich, wenngleich ein sekundärer Eintrag durch Ausscheider nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann. Jedoch konnte der Ausbruchstamm trotz intensiver Beprobungen im Betrieb nicht nachgewiesen werden, obwohl dort im gleichen Zeitraum zwei asymptomatische Ausscheider tätig waren.

### **Wasser als Eintragsquelle bzw. Verbreitungsweg in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb**

Generell wäre es denkbar, dass der Erreger über Wasser eingetragen wurde oder Wasser zur weiteren Verbreitung des Erregers beigetragen hat. Im Rahmen bisheriger Ausbruchsgeschehen mit anderen EHEC wurde eine oberflächliche Kontamination von Gemüse durch Wasser als Ursache ausgemacht. Allerdings konnte in solchen Fällen sowohl die Eintragsquelle in das Wasser als auch der Erreger selbst im Wasser nachgewiesen werden.

Bei verschiedenen Betriebsbegehungen wurde das Bewässerungs- und Abwassersystem in dem niedersächsischen Gartenbaubetrieb beprobt und bewertet. Im Bericht zu den wasserhygienischen Aspekten (Stand: 15.06.2011) wurden verschiedene hypothetische Wege dargestellt, wie ein Eintrag und eine Verbreitung im Wassersystem stattgefunden haben könnte.

Obwohl der Ausbruchsstamm EHEC O104:H4 als besonders guter Biofilmbildner charakterisiert wird, gelang bisher in keiner der vor Ort entnommenen Proben dessen Nachweis. Für die Güte der intensiven Beprobungen spricht, dass andere EHEC in einem Wasserfilter nachgewiesen werden konnten. Ein Eintrag des Ausbruchserregers über kontaminiertes Wasser ist deshalb wenig wahrscheinlich.

### **Eintrag über andere Vektoren in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb**

Der Erreger wurde vor dem Ausbruchsgeschehen in Deutschland nicht nachgewiesen. Das Reservoir des Erregers wird aufgrund seiner Eigenschaften beim Menschen angenommen. Deshalb kann der Erreger theoretisch auch über Vektoren (z.B. über Käfer, Schadnager) in den Betrieb eingetragen worden sein. Ausgangspunkt könnte eine exogene Quelle in der Umwelt sein, beispielsweise menschliche Abfälle. Allerdings würde ein Eintrag über Vektoren erwarten lassen, dass der Erreger auch in verschiedenen Betriebsbereichen nachweisbar ist. Dies war trotz umfangreicher Probenentnahmen und -untersuchungen nicht möglich, sodass es hierfür keine Evidenz gibt.

### **Samen als mögliche Eintragsquelle**

Ausgehend von der Annahme, dass mehrmalig der Erreger in die Produktion eingetragen wurde, sich dort aber nicht dauerhaft etabliert und somit zum Untersuchungszeitpunkt nicht mehr nachweisbar war, erscheint es am wahrscheinlichsten, dass der Erreger über Samen für die Sprossengewinnung eingetragen wurde.

Das BfR geht inzwischen davon aus, dass der Ausbruchserreger über die zur Sprossenproduktion genutzten Bockshornkleesamen in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb gelangt ist. Kürzlich in Frankreich aufgetretene Krankheitsfälle durch EHEC O104:H4, die mit dem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen über dieselbe zur Sprossenproduktion verwendete Bockshornklee-Samencharge, eine Risikobewertung der EFSA und ECDC vom 29. Juni 2011 sowie der technische Bericht der EFSA vom 05. Juli 2011 stützen diese Schlussfolgerung.

Zum Zeitpunkt der Ermittlungen der Ausbruchsursache wurden alle Samenchargen beprobt, die unter Berücksichtigung des möglichen Beginns der Exposition, der Auskeimzeit und des Verbrauchsdatums in die Produktion gegangen sind. Eine Ausnahme hierzu stellt eine Charge Bockshornkleesamen dar, die zum Zeitpunkt der Probennahme nicht mehr in dem Gartenbaubetrieb vorhanden war. Die Rückverfolgung der in Frankreich verwendeten Bockshornklee-Samencharge hat ergeben, dass diese im Jahr 2009 hergestellte Samencharge (Charge 48088) über denselben in Deutschland ansässigen Zwischenhändler auch an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb geliefert wurde (s. Abb. 15). Eine konkrete Angabe des

Verwendungszeitraums ist nicht möglich, da der niedersächsische Gartenbaubetrieb dies in den Sprossenansatzplänen nicht dokumentiert hatte. Zum Zeitpunkt der Betriebskontrolle durch die niedersächsischen Behörden war diese Charge Bockshornkleesamen bereits verbraucht und konnte deshalb nicht beprobt werden.

Allerdings wurde im niedersächsischen Gartenbaubetrieb im April und Mai 2011 noch eine weitere, im Jahr 2010 produzierte Bockshornklee-Samencharge (Charge 8266) für die Sprossenproduktion eingesetzt, die über denselben Zwischenhändler angeliefert wurde. Nach Angaben der EFSA vom 29. Juni 2011 wurden diese beiden Bockshornklee-Samenchargen aus Ägypten bezogen.

In der im Jahr 2010 produzierten Charge Bockshornklee (Charge 8266) konnte EHEC O104:H4 bisher nicht detektiert werden. Für die Charge aus dem Jahr 2009 (Charge 48088) liegen bislang keine Untersuchungsergebnisse vor. Negative mikrobiologische Untersuchungsergebnisse können allerdings eine Erregerfreiheit nicht sicher belegen. Eine ungleichmäßige Verteilung von Bakterien und die damit verbundene Problematik der repräsentativen Probennahme, wie bereits für Futtermittel und Saatgut in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben, sind auch bei Samen zur Sprossenherstellung möglich.

Theoretisch wäre zwar eine Kontamination von Samen im Betrieb denkbar. Die anlassbedingt durchgeführten Betriebskontrollen seitens der amtlichen Überwachung haben jedoch keine schwerwiegenden Hygienemängel aufgezeigt. Außerdem deutet die Verbindung der beiden EHEC-O104:H4-Ausbrüche in Deutschland und Frankreich über dieselbe zur Sprossenproduktion verwendete Samencharge auf eine Kontamination vor Anlieferung der Bockshornkleesamen hin. Bei der Kultivierung und Ernte von Samen kann eine Kontamination aus der Umwelt nicht ausgeschlossen werden und Dekontaminationsverfahren mit sicherer Eliminierung von Erregern sind nicht verfügbar.

Basierend auf den Darlegungen, dass ein Eintrag von EHEC O104:H4 über Bockshornkleesamen am wahrscheinlichsten ist, muss damit gerechnet werden, dass auch andere Teilmengen der gleichen Chargen kontaminiert sind. Dies wiederum kann während Lagerung, Transport, Reinigung, Absackung und weiterer Behandlung auch zur Kontamination anderer Produktionschargen geführt haben.

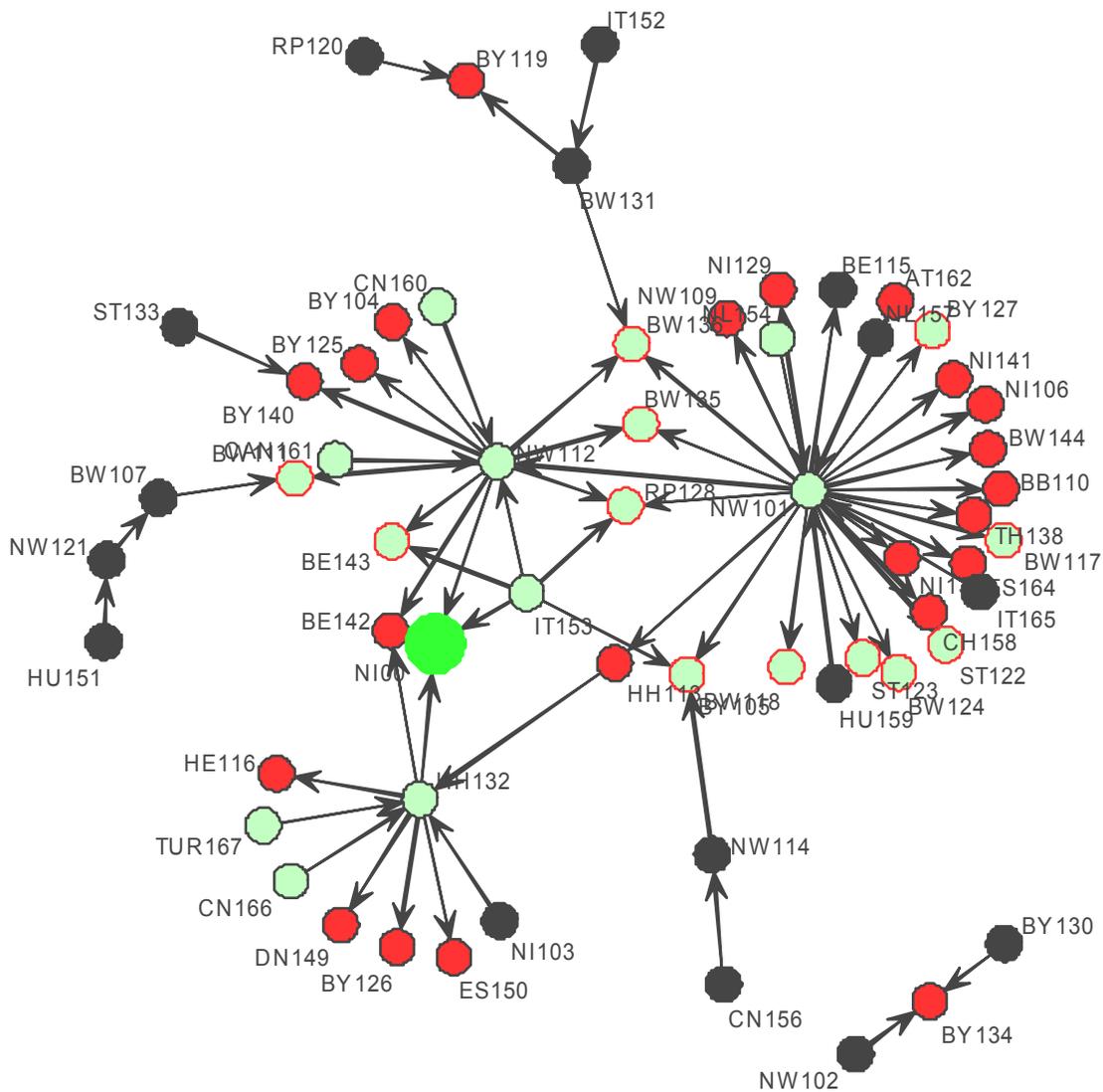
Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass zukünftig neue EHEC-O104:H4-Infektionen nach Verzehr von Sprossen auftreten, die von Einträgen in andere Produktionsstätten herrühren. Deshalb wurden die Lieferbeziehungen für Samen zur Herstellung von Sprossen von der am BVL eingerichteten Task Force EHEC für Deutschland intensiv recherchiert und betrachtet.

#### 6.1.3.1.3.7 Ergebnisse zum Forward- und Backward-Tracing von Samen

Die Methodik der Rückverfolgung der Samen für Sprossen ist im technischen Bericht der EFSA vom 05. Juli 2011 sowie in Entwürfen zum Statusbericht der Task Force EHEC beschrieben. Bis zum jetzigen Zeitpunkt sind die Lieferwege für Sprossensamen nicht vollständig aufgezeigt. Es wurde aber recherchiert, dass Teilmengen gleicher Chargen auch an andere Betriebe geliefert wurden. Hierbei wurde zum Teil mehrfach die Chargenbezeichnung geändert, was das Backward-Tracing erschwert hatte.

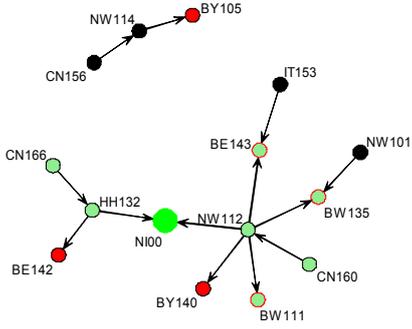
Abb. 13 gibt den Stand der deutschen Task Force-Ermittlungen für die Rückverfolgung für Samen am 27. Juni 2011 wieder. In dieser Darstellung werden die Samenarten nicht unterschieden. In der Abb. 14 dagegen werden die deutschen Lieferbeziehungen für einzelne Samenarten und -chargen mit Bezug zum niedersächsischen Gartenbaubetrieb ausgewiesen. Abb. 15 stellt einen Zusammenhang zwischen dem deutschen und dem französischen Ausbruchcluster über die mittels Forward-/Backward-Tracing auf EU-Ebene ermittelten Lie-

ferbeziehungen einer bestimmten, im Jahr 2009 produzierten Charge Bockshornkleesamen her (Datenstand 30.06.2011, Daten der EFSA Task Force, s. technischer Bericht vom 05. Juli 2011). Die Ergebnisse des technischen Berichts der EFSA bezüglich des Zusammenhangs zwischen dem deutschen und französischen Ausbruch sind in Abb. 16 dargestellt. Abb. 17 zeigt, ebenfalls basierend auf dem technischen Bericht der EFSA, die europäische Dimension der Lieferbeziehungen für die identifizierte Samencharge.

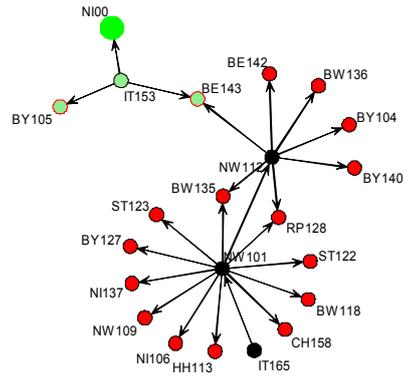


**Abb. 13: Basierend auf der Rückverfolgung (kombinierte Forward-/Backward-Tracing-Strategie anhand von chargenspezifischen Informationen) der entsprechenden Samenlieferungen an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb (NI00, großer grüner Punkt) ermitteltes Vertriebsnetz (Pfeilrichtung) an deutsche Sprossenhersteller (rot) kombiniert für die Samenarten Adzuki, Alfalfa, Bockshornklee, Linsen, Radieschen und Rettich**

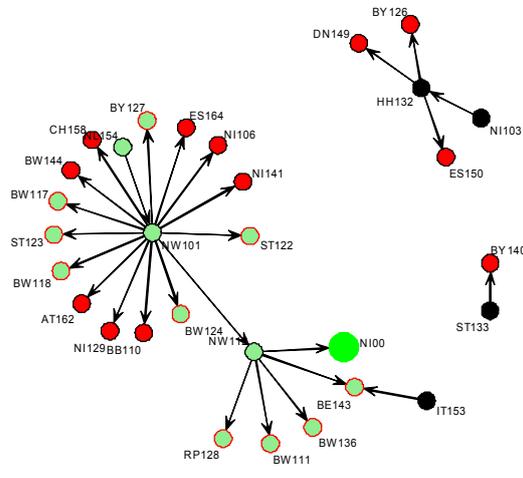
Hellgrün sind alle Lieferkettenpunkte gekennzeichnet, durch/an welche die gleichen Chargen wie zum niedersächsischen Gartenbaubetrieb transportiert/geliefert wurden. Sprossenhersteller, welche die gleichen Chargen wie der Gartenbaubetrieb erhalten haben, sind hellgrün mit rotem Rand gekennzeichnet. Mit schwarzen Punkten sind Lieferanten ohne Bezug zu den Chargen im Gartenbaubetrieb markiert.



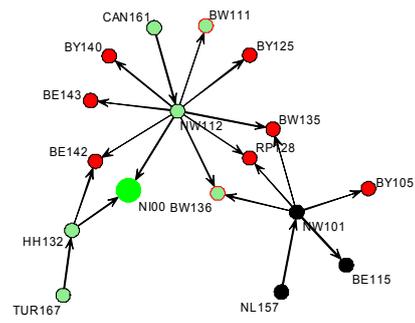
**Adzuki**



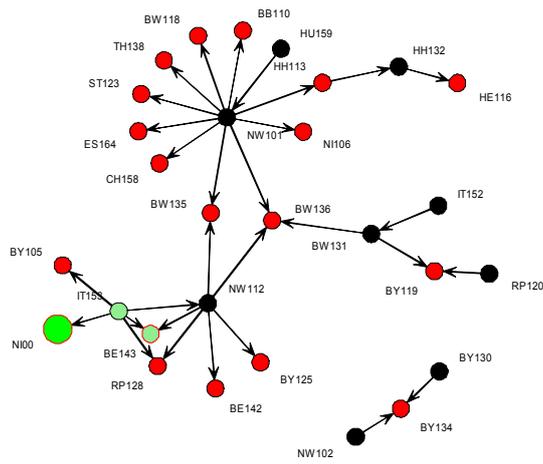
**Alfalfa**



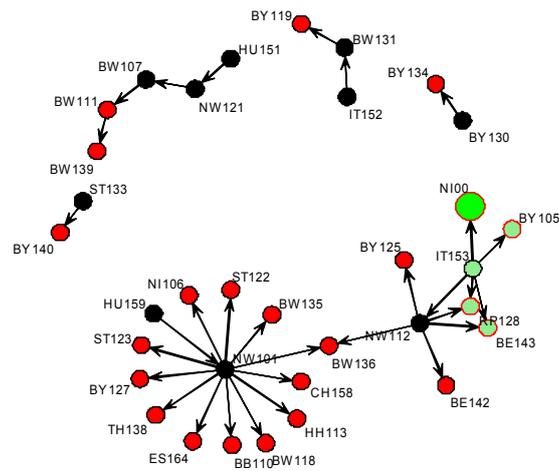
**Bockshornklee**



**Linsen**



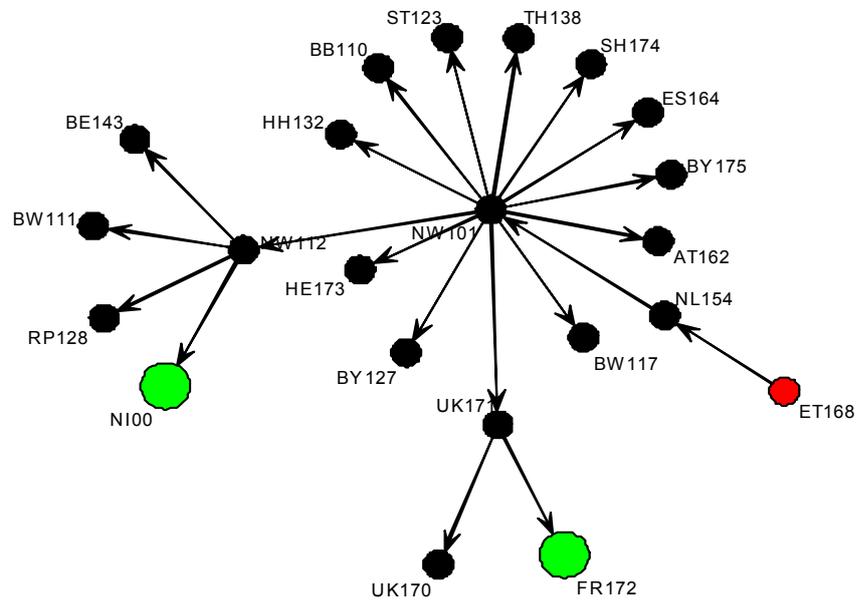
**Radieschen**



### Rettich

**Abb. 14:** Basierend auf der Rückverfolgung (kombinierte Forward-/Backward-Tracing-Strategie anhand von chargenspezifischen Informationen) der entsprechenden Samenlieferungen an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb (NI00, großer grüner Punkt) ermitteltes Vertriebsnetz (Pfeilrichtung) an deutsche Sprosshersteller (rot), getrennt dargestellt für die Samensorten Adzuki, Alfalfa, Bockshornklee, Linsen, Radieschen und Rettich

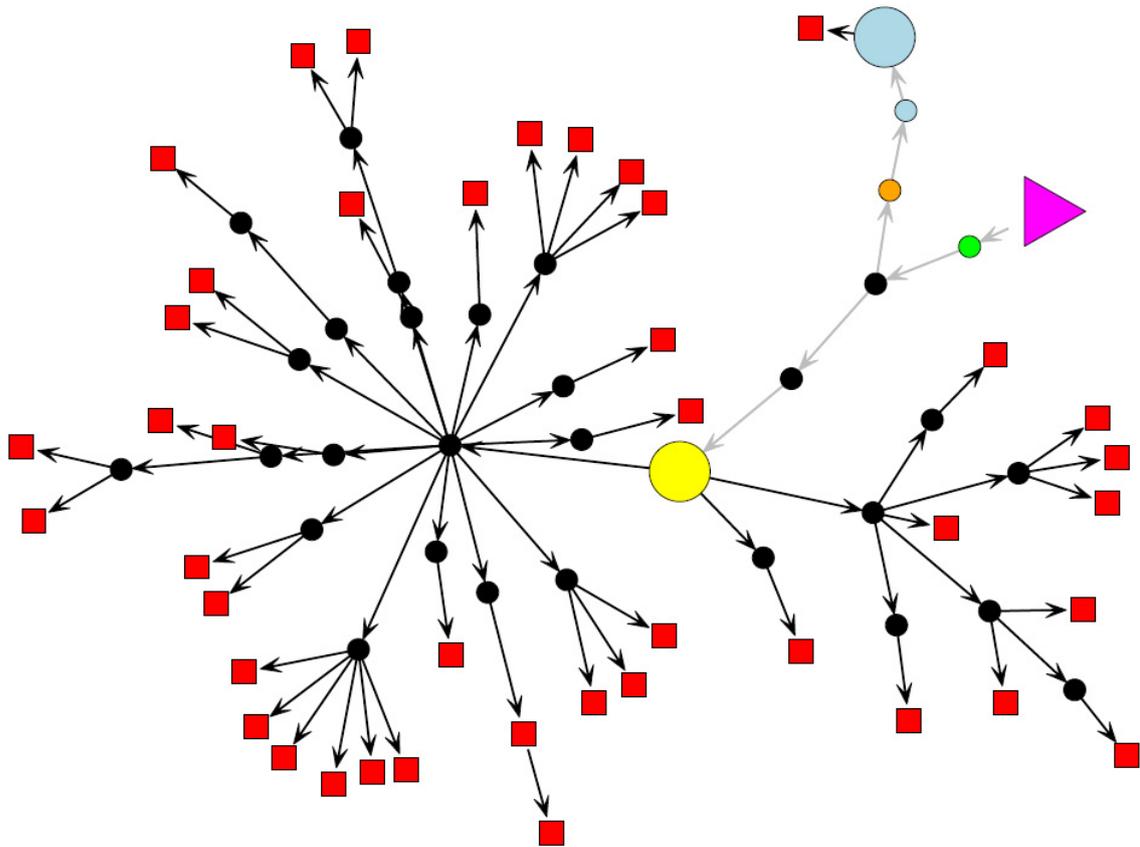
Hellgrün dargestellt sind Betriebe, durch/an welche Samen aus der gleichen Charge wie an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb transportiert/geliefert wurden. Sprosshersteller, welche die gleichen Chargen wie der Gartenbaubetrieb erhalten haben, sind hellgrün mit rotem Rand gekennzeichnet. Mit schwarzen Punkten sind Lieferanten ohne Bezug zu den Chargen im Gartenbaubetrieb markiert.



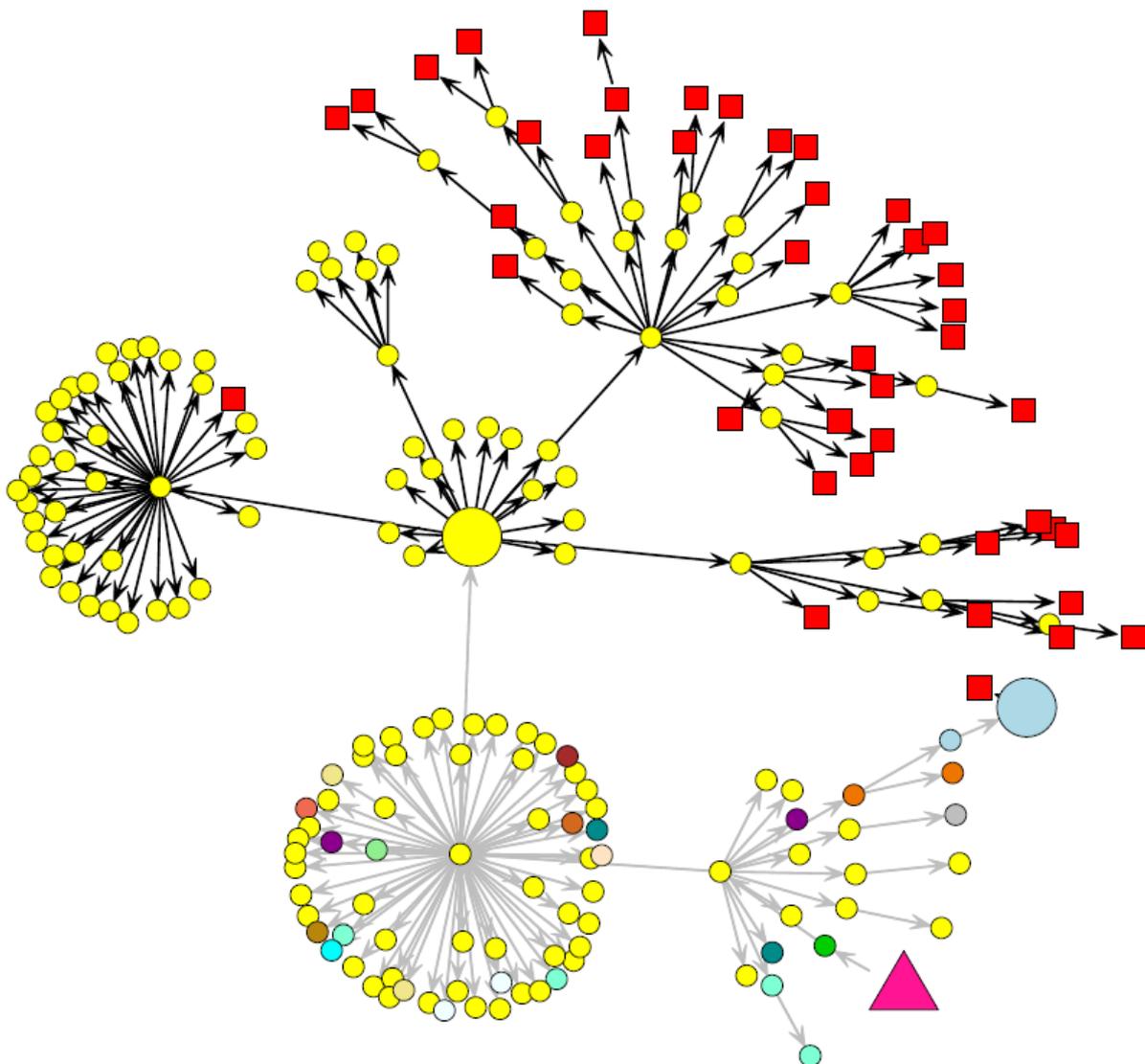
### Bockshornklee Charge aus dem Jahr 2009

**Abb. 15: Ergebnisse der kombinierten Forward-/Backward-Tracing-Strategie mit Stand vom 04. Juli 2011 der im Jahr 2009 produzierten Charge Bockshornkleesamen (Charge 48088), die nach Angaben der EFSA aus Ägypten importiert wurde (rot)**

Diese Charge wurde über denselben Knotenpunkt, den deutschen Importeur (NW101), sowohl an die mit Krankheitsfällen verknüpfte Verkaufsstätte in Frankreich (FR172, grün) als auch an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb (NI00, grün), zum Teil über mehrere Zwischenhändler, geliefert.



**Abb. 16: Visualisierung der Verbindung zwischen dem deutschen und dem französischen EHEC-Ausbruch mit einer von der EFSA Task Force identifizierten gemeinsamen Quelle (magentafarbenes Dreieck) basierend auf dem technischen Bericht der EFSA vom 05. Juli 2011**  
Markiert sind außerdem der niedersächsische Gartenbaubetrieb (gelb), die Lieferwege in Frankreich (hellblau) sowie die Ausbruchcluster (rot).



**Abb. 17: Visualisierung der Verbindung zwischen dem EHEC-O104:H4-Ausbruch in Deutschland und Frankreich im Zusammenhang mit dem derzeit bekannten europäischen Vertriebsnetz für eine identifizierte Charge Bockshornkleesamen (Charge 48088)**

Das Vertriebsnetz für diese Samencharge basiert auf den von der EFSA Task Force zusammengestellten Daten (technischer Bericht der EFSA vom 05. Juli 2011). Die Beschreibung der Symbole befindet sich in der Legende zu Abb. 14. Darüber hinaus sind die Zwischenhändler in weiteren europäischen Ländern in verschiedenen Farben angegeben (Deutschland: gelb).

#### 6.1.3.1.3.8 Untersuchungsergebnisse der Länder zu Proben von Sprossen und Samen

Im Rahmen der intensiven Untersuchungsaktivitäten der Länder zum EHEC-Ausbruchsgeschehen wurden insgesamt 956 Proben von Sprossen sowie Samen zu deren Herstellung auf EHEC O104:H4 mit negativem Ergebnis getestet (Mitteilung des BVL, Datenstand 27.06.2011). Eine mikrobiologische Bestätigung der auf der Grundlage epidemiologischer Hinweise gezogenen Schlussfolgerungen steht somit aus. Damit dies noch gelingen kann, werden ausgehend von Erkenntnissen aus der Vorwärtsverfolgung von Bockshornklee-Samenchargen der oben genannten Herkunft weiterhin gezielt Proben von Bockshornkleesamen entnommen und mikrobiologisch untersucht.

#### 6.1.3.1.4 Risikocharakterisierung

Im folgenden Abschnitt wird das Verbraucherrisiko durch Sprossen in zwei unterschiedlichen Situationen charakterisiert. Das Risiko ausgehend von anderen Produkten, in denen Bockshornkleesamen verarbeitet werden, wird vom BfR getrennt bewertet. Nicht betrachtet wird das Risiko von sporadischen Einträgen des Ausbrucherregers EHEC O104:H4 durch menschliche Ausscheider in weitere Lebensmittelketten.

##### Situation 1: Verzehrsempfehlung bezüglich Sprossen wird befolgt

Die Situation in der Periode des Ausbruchs vor der Verzehrsempfehlung vom 10. Juni 2011, in der von dem Verzehr roher Sprossen abgeraten wurde, und bevor der niedersächsische Gartenbaubetrieb die Produktion von Sprossen eingestellt hat, scheint aus jetziger Betrachtung erklärbar zu sein. In dieser Periode kam es zu einem steilen Anstieg der Erkrankungszahlen. Die oben beschriebenen Ausmaße des Ausbruchs gehen zum allergrößten Anteil auf eine Exposition während dieser Phase zurück. Mit Hilfe der durchgeführten Ausbruchsuntersuchung wurde ein niedersächsischer Gartenbaubetrieb identifiziert, der mit hoher Wahrscheinlichkeit ursächlich an dem Ausbruchsgeschehen in Deutschland beteiligt war. Ob auch der Verzehr von Sprossen anderer Hersteller in Deutschland Erkrankungen ausgelöst hat, ist derzeit nicht bekannt. Die Häufung von Fällen erreichte epidemische Ausmaße, sodass hier von einem häufigen und teilweise mit schwersten gesundheitlichen Schäden verbundenen Schadensereignis gesprochen werden muss. Durch die behördlichen Maßnahmen (Schließung des Betriebs und Verzehrsempfehlung des BfR, BVL und RKI vom 10.06.2011) wurde der Ausbruch offenbar gestoppt. Nach Eingrenzung der Infektionsquelle auf bestimmte Chargen von Bockshornkleesamen hat das für die Überwachung des deutschen Importeurs zuständige Land auf der Grundlage der Stellungnahme des BfR vom 30. Juni 2011 die Rücknahme der betroffenen Chargen amtlich angeordnet. Die Vorwärtsverfolgung implizierter Samenchargen, der Ausschluss möglicher Kreuzkontaminationen bei Zwischenhändlern und Empfängern von Samenlieferungen und die vollständige Rückführung von Samenchargen werden noch weiter fortgeführt. Bei Beachtung der Verzehrsempfehlung bezüglich Sprossen besteht dennoch zum jetzigen Zeitpunkt mit großer Wahrscheinlichkeit keine unmittelbare Gefahr mehr.

##### Situation 2: Verzehrsempfehlung bezüglich Sprossen wird nicht befolgt oder aufgehoben

Wie weiter oben beschrieben, deutet vieles darauf hin, dass der Ausbrucherreger über kontaminierte Bockshornkleesamen in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb eingetragen wurde und Samen gleicher Chargen auch an andere Sprossenproduzenten geliefert wurden. Deshalb hat das für die Überwachung des deutschen Importeurs zuständige Land die Rücknahme der betroffenen Chargen amtlich angeordnet. Die Umsetzung dieser amtlichen Maßnahme dauert an. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass auch andere Samenarten und -chargen durch unhygienische Produktionsbedingungen im Herkunftsland oder durch Kreuzkontaminationen bei Zwischenhändlern und Empfängern (z.B. bei Reinigungs-, Misch-, Abfüllprozessen) mit dem Ausbruchstamm kontaminiert wurden. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass Material aus dem Lagerbestand mindestens einer kontaminierten Samencharge in einem weiteren Herstellerbetrieb für Sprossen zur Verwendung kommt. Werden die daraus hergestellten Sprossen roh verzehrt, könnte sich ein weiteres, vergleichbar schweres Ausbruchsgeschehen entwickeln, welches außerhalb der Betrachtung dieser Bewertung liegt.

#### 6.1.3.1.4.1 Bewertung der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung

Die gesundheitlichen Beeinträchtigungen sind als schwer zu beurteilen. Es handelt sich um ein sehr schweres Krankheitsbild, das von blutigem Durchfall über Nierenversagen mit Dialy-

sepflicht, schweren neurologischen Symptomen bis zum Tode führen kann. Wie lange die gesundheitlichen Schäden bestehen bleiben, ob sie zu chronischen Verläufen (z.B. in Form bleibender Nierenschäden) führen oder reversibel sind und welche Spätschäden auftreten können, kann zum augenblicklichen Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden. Auch weitere Todesfälle können nicht ausgeschlossen werden.

#### 6.1.3.1.4.2 Bewertung der Qualität der Daten

##### **Forward- und Backward-Tracing**

Die Qualität der Daten für die Lieferbeziehungen von Samen ist als sehr gut einzuschätzen und die von Sprossen als gut. Die Dateneingabe anhand von Lieferscheinen erfolgte durch geschulte Mitglieder der Task Force EHEC. Da der Task Force EHEC noch nicht die vollständigen Lieferdaten vorliegen und die Lieferbeziehungen somit nur unvollständig ausgewertet werden konnten, muss derzeit noch von einer gewissen Unsicherheit ausgegangen werden. Diese Unsicherheit im Hinblick auf die Lieferbeziehungen wird jedoch angesichts des Gesamtbilds der Datenlage als vertretbar für den Zweck dieser Bewertung angesehen.

Es wird empfohlen, die Rück- und Vorwärtsverfolgung der Lieferketten für die beiden oben genannten Bockshornklee-Samenchargen vollständig abzuschließen.

##### **Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse**

Die Qualität der mikrobiologischen Untersuchungsdaten für Sprossen und Samen ist auch abhängig von der Stichprobengewinnung. Letztere wurde gemäß den Vorgaben des Futtermittelrechts durchgeführt. In der Einschätzung des BfR ist es nicht möglich, die statistische Sicherheit bei der Beprobung zum Nachweis von EHEC O104:H4 in dieser Probenmatrix anzugeben. Die Gründe dafür sind, dass 1) die Untersuchungsmethode für diesen Zweck nicht validiert ist, 2) von einer homogenen Verteilung des Erregers im Probenmaterial nicht ausgegangen werden kann und 3) im Einzelfall nicht bekannt ist, wie viele Säcke pro Samencharge im Lagerbestand der beprobten Betriebe jeweils vorhanden waren.

#### 6.1.3.2 Weitere Aspekte

##### 6.1.3.2.1 Technologie der Sprossenherstellung unter besonderer Berücksichtigung mikrobiologischer Aspekte

Der Verzehr von Sprossen hat in den vergangenen Jahren in Deutschland zugenommen. Aufgrund ihrer Keimung aus dem Samen können Erzeugnisse dieser Art naturgemäß nicht keimfrei hergestellt werden. Um dennoch ein hygienisch hochwertiges Lebensmittel mit niedriger Keimbelastung herzustellen, sind hohe Anforderungen an die Rohstoffe und Verarbeitungstechnologie notwendig. Werden diese Anforderungen nicht erfüllt, besteht nicht nur die Gefahr des mikrobiellen Verderbs, bevor die Sprossen den Verbraucher erreichen, sondern auch die Gefahr der Kontamination mit pathogenen Mikroorganismen. Gelangen Bakterien oder Schimmelpilze während der Lagerhaltung, im Verlauf des Auskeimens oder während der nachfolgenden Behandlung bis zum Verzehr auf die Sprossen, können sie dort überleben. Die Keimphase bietet Bakterien oder Schimmelpilzen aufgrund des vorherrschenden feuchtwarmen Klimas auch die Möglichkeit, sich zu vermehren. Dies gilt für den unspezifischen Keimgehalt und für Krankheitserreger, wie zum Beispiel pathogene *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, Salmonellen, und für Schimmelpilze.

Frische Sprossen werden zunehmend auch als Brotbelag oder zur Aufwertung von Salaten unbehandelt oder nur kurz blanchiert verzehrt. Am bekanntesten sind die Sprossen der Mungobohne, die im allgemeinen Sprachgebrauch häufig (fälschlicherweise) als Sojasprossen bezeichnet werden. Aber auch der Verzehr von anderen Arten wie zum Beispiel Alfalfasprossen (amerikanische Bezeichnung für Sprossen der Luzerne) oder Sprossen von Linsen, Radieschen, Erbsen (Green Peas), Bohnen und Knoblauch, die wegen ihres sehr milden Aromas geschätzt werden, nimmt zu.

Für die Anzucht von Sprossen im eigenen Haushalt gibt es verschiedene Systeme. Zumeist werden Sprossen in speziellen Aufzuchtbehältern gezogen. Aufzuchtbehälter haben eine große Verbreitung im sog. Bio-Handel. Da die Aufzuchtbehälter einen idealen Brutplatz für Mikroorganismen aller Art darstellen können, erfordert die Herstellung von Sprossen hohe Hygienestandards bei der Zwischenreinigung und Desinfektion.

Aber auch Discounter und Großhandelsketten bieten frische Sprossen in ihrem Sortiment an, die nicht mehr aufgezogen, sondern sofort verzehrt werden können. Die Produkte werden zumeist auf sog. Trayschalen aus Kunststoff oder Pappe mit Einschlagfolie oder in geschlossenen Kunststoff-Schalen ohne Schutzbegasung oder sonstige erkennbare Konservierungen (antibakterielle Folien, Inlays) vertrieben. Die Haltbarkeit wird mit bis zu 14 Tagen angegeben.

Der Produktionsablauf eines Betriebes zur Herstellung von Sprossen weist zahlreiche Eintrittsmöglichkeiten für Verderbniserreger oder pathogene Mikroorganismen auf. Nach einem Erregereintrag kann auf jeder Stufe der Herstellung eine Erregervermehrung oder -persistenz stattfinden. Die extrinsischen Faktoren, wie z.B. die mesothermen Bedingungen in den Anzuchtbehältern, sowie die intrinsischen Faktoren, wie z.B. eine hohe Wasseraktivität ( $a_w$ -Wert), begünstigen das Überleben und das Wachstum von pathogenen *E. coli*. Technologische Verfahren zur Reduktion von Keimen finden im Produktionsablauf von Sprossen nicht statt.

#### 6.1.3.2.2 Möglichkeiten zur mikrobiologischen Prozesskontrolle

Weiter oben sind die technologischen Aspekte der Sprossenherstellung dargestellt worden. Daraus wird deutlich, dass die Substrateigenschaften der Sprossen sowohl Verderbniserregern als auch pathogenen Mikroorganismen nicht nur das Überleben, sondern auch das Wachstum erlauben. Es erscheint daher erforderlich und angemessen, die Prinzipien der Guten Hygienepraxis (GHP) bei der Produktion von Sprossen einzuhalten und darüber hinaus das HACCP-Konzept anzuwenden.

Bereits im Jahr 2003 hat das Codex Komitee für Lebensmittelhygiene (CCFH) im Anhang II des Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables aufgrund von Erfahrungen in lebensmittelbedingten Ausbruchsuntersuchungen darauf hingewiesen, dass beispielsweise *Salmonella* spp., pathogene *E. coli*, *Listeria monocytogenes* und *Shigella* spp. auf Sprossen vorkommen können. Als mögliche Ursache machte das CCFH die Produktionsbedingungen für Saaten aus, die primär auf die Tierfutter- und Ackerbauanforderungen abgestellt sind.

Untersuchungen des BfR aus dem Jahr 2009 zur Keimbelastung von Sprossen und küchenfertigen Salatmischungen bestätigten die Annahmen des Codex Komitees für Lebensmittelhygiene. Proben von frischen, fertig verpackten Sprossen aus dem Einzelhandel wiesen am Ende des Mindesthaltbarkeitsdatums eine sehr hohe Keimbelastung auf. Das Ergebnis zeigte auch, dass sich Keime auf fertig verpackten Sprossen bereits innerhalb von wenigen Tagen stark vermehren können.

Mit dem im Jahr 2010 vom CCFH aktualisierten Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables wies das Komitee erneut auf die Bedeutung von hygienischen Produktions-

bedingungen hin, denn es fehlen bislang geeignete Verfahren für Samen und für Sprossen, um das mögliche Vorkommen von pathogenen Mikroorganismen zu verhindern oder zumindest zu verringern. Die Vorschläge des Codex Komitees für Lebensmittelhygiene zur Sicherstellung einer hygienischen Produktion von Sprossen schlägt nicht nur Maßnahmen im Rahmen der GHP, sondern auch der Guten Landwirtschaftlichen Praxis (GLP) vor, damit eine Kontamination von Samen für Sprossen verhindert wird.

Eine hygienische Produktion von Sprossen erfordert zunächst eine hygienische Produktion von Samen, vor allem durch die Kontrolle von Abwasser und Biomasse, der eingesetzten Chemikalien und Erntemaschinen. Auch die weitere Behandlung, die Lagerung und der Transport sind unter hygienischen Aspekten zu gestalten. Untersuchungen auf pathogene Mikroorganismen können die Einhaltung von Vorgaben belegen.

Betriebliche Eingangskontrollen für Samen, die zur Weitergabe an Endverbraucher oder zur Herstellung von Sprossen bestimmt sind, können dazu beitragen, die Einhaltung der Anforderungen bei der Samengewinnung zu überprüfen. Allerdings ist die Aussagekraft stichprobenartiger Untersuchungen mit Restunsicherheiten behaftet. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind zu dokumentieren.

Nicht nur das Personal in Herstellungsbetrieben unterliegt hygienischen Anforderungen, sondern auch die Herstellungsbetriebe selbst. Nach den Regeln der GHP sind neben den baulichen, personellen und strukturellen Anforderungen im Herstellungsbetrieb beispielsweise ausreichend Möglichkeiten zum Händewaschen und zur Händedesinfektion erforderlich. Weiterhin erscheint z.B. das Tragen von hygienischer Kleidung, Handschuhen, wasserdichter Schürze, Mundschutz und Haarnetz in den Produktionsräumen erforderlich.

Für Herstellungsbetriebe ist ein Layout erforderlich, bei dem Kreuzkontaminationen auf allen Stufen der Produktion verhindert werden. Beim Herstellungsprozess von Sprossen ist die Qualität des verwendeten Wassers von größter Bedeutung. Gemäß Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables können Samen vor dem Sprossen z.B. auch mit Milchsäurelösungen dekontaminiert werden, wobei derzeit noch keine Aussage über die Wirksamkeit solch einer Säurebehandlung gegenüber EHEC O104:H4 getroffen werden kann. Sprossung, Ernte und Lagerung von Sprossen erfordern hohe hygienische Standards. Auch nach Abschluss der Produktion von Sprossen kann der Prozess durch mikrobiologische Kontrollen verifiziert werden.

Mit Aufzeichnungen an den beispielhaft genannten kritischen Hygienepunkten bei der Herstellung von Sprossen können hygienerelevante Abweichungen erkannt und Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden.

#### 6.1.4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Rückverfolgung von Samenlieferungen in Deutschland und anderen EU-Staaten durch die deutschen Behörden und die Task Force der EFSA hat ergeben, dass bestimmte Chargen von Bockshornkleesamen mit den EHEC-Ausbrüchen in Deutschland und Frankreich in Verbindung stehen, was durch die Risikobewertung der EFSA und der ECDC vom 29. Juni 2011 sowie einen technischen Bericht der EFSA vom 05. Juli 2011 bestätigt wird. Nach Angaben der EFSA wurden diese Chargen aus Ägypten importiert.

Deshalb werden Bockshornkleesamen zur Sprossenherstellung vom BfR als die wahrscheinlichste Eintragsquelle des Erregers in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb angesehen, obwohl die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse bislang negativ waren.

Bockshornkleesamen der genannten Herkunft, die sortenrein oder in Mischungen zur Sprossenherstellung verwendet werden, können daher eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen. Dies gilt auch für solche Bockshornkleesamen, die in Kleinstpackungen an den Endverbraucher abgegeben und zur Sprossenherstellung im eigenen Haushalt verwendet werden.

Bislang gibt es keine konkreten Hinweise, dass auch andere Samenarten und -chargen durch unhygienische Produktionsbedingungen im Herkunftsland oder durch Kreuzkontamination bei Zwischenhändlern und Empfängern (z.B. bei Reinigungs-, Misch-, Abfüllprozessen) mit dem Ausbruchstamm kontaminiert wurden. Dennoch ist dies nicht unwahrscheinlich.

Vor dem Hintergrund der Schwere der Erkrankungen werden vom BfR nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher folgende Empfehlungen zur Risikominimierung ausgesprochen:

1. Zwischen den im niedersächsischen Gartenbaubetrieb und den in Frankreich zur Sprossenproduktion verwendeten Bockshornkleesamen einer bestimmten im Jahr 2009 hergestellten Charge (Charge 48088) und Erkrankungen an EHEC O104:H4 besteht ein auffälliger epidemiologischer Zusammenhang. Im niedersächsischen Gartenbaubetrieb wurde im April und Mai 2011 noch eine weitere, im Jahr 2010 produzierte Bockshornklee-Samencharge (Charge 8266) gleicher Herkunft für die Sprossenproduktion eingesetzt, die über denselben Zwischenhändler angeliefert wurde. Daraus schließt das BfR, dass beide im niedersächsischen Gartenbaubetrieb eingesetzten Bockshornklee-Samenchargen als mögliche Eintragsquelle des Erregers infrage kommen. Deshalb wird den zuständigen Überwachungsbehörden geraten, die Lieferwege dieser beiden Bockshornklee-Samenchargen vollständig aufzudecken und diese Chargen vom Markt zu nehmen. Bei Zwischenhändlern und Empfängern dieser Chargen sollte außerdem geprüft werden, ob in diesen Betrieben durch Behandlungsprozesse, beispielsweise bei der Reinigung oder beim Abfüllen der Samen, eine Kreuzkontamination weiterer Samenarten und -chargen ausgeschlossen werden kann.
2. Außerdem sollten die zuständigen Überwachungsbehörden Lebensmittelunternehmer auf diese beiden Chargen von Bockshornkleesamen hinweisen, die nach den Erkenntnissen aus der in Deutschland und auf EU-Ebene durchgeführten Rück- und Vorwärtsverfolgung mit dem Ausbruchstamm EHEC O104:H4 kontaminiert sein könnten. Diese Informationen sollen die Lebensmittelunternehmer in die Lage versetzen, gegebenenfalls Maßnahmen der Risikominimierung hinsichtlich ihrer eigenen Lagerbestände sowie ihrer hergestellten Produkte zu treffen.
3. Im Rahmen der risikoorientierten Probenentnahme sollten Sprossen und Samen von Bockshornklee verstärkt kontrolliert werden.
4. Da es sich bei EHEC O104:H4 um einen neuen, sehr pathogenen Erreger handelt, sollte er hinsichtlich seiner Eigenschaften, inkl. seiner Überlebensfähigkeit und seines Wachstumsverhaltens auf Samen und in Sprossen, näher charakterisiert werden.
5. Das BfR empfiehlt Lebensmittelunternehmern in Restaurations- und Verpflegungseinrichtungen (z.B. Hotels, Restaurants, Kantinen), die Abgabe von Sprossen zum Rohverzehr an Endverbraucher vor dem Hintergrund der vorgelegten Bewertung sorgfältig abzuwägen.
6. Sowohl der Ausbruch in Frankreich als auch Erkenntnisse aus der in Deutschland und auf EU-Ebene durchgeführten Vorwärtsverfolgung bestimmter Bockshornklee-Samenchargen deuten darauf hin, dass Kleinstpackungen mit Bockshornkleesamen, auch in Mischungen, für die Sprossenherstellung im Privathaushalt mit dem gefährlichen EHEC-Erreger kontaminiert sein können. Durch Rohverzehr der ausgekeimten Sprossen oder durch eine Verbreitung des Erregers in der Küche könnten neue Krankheitsfälle ausgelöst werden. Da nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand nicht unwahrscheinlich ist, dass in Privathaushalten noch kontaminierte Sprossensamen vorhanden sind, emp-

- fehlt das BfR, die Sprossen nicht anzuzüchten, sondern vorhandene Samenpackungen im Restmüll zu entsorgen.
7. Verbraucherinnen und Verbrauchern wird empfohlen, weiterhin auf den Verzehr von rohen Sprossen zu verzichten, weil es nach gegenwärtigem Erkenntnisstand nicht unwahrscheinlich ist, dass noch mit EHEC O104:H4 kontaminierte Sprossensamen im Verkehr sind.
  8. Da sich derzeit immer noch mit EHEC O104:H4 kontaminierte Sprossensamen im Verkehr befinden können, sollte in den kommenden Monaten außerdem eine intensiviertere Surveillance humaner EHEC-Infektionen aufrechterhalten werden, um mögliche neue Erkrankungsfälle nach Verzehr von Sprossen schnell erkennen zu können.
  9. Aufgrund der hygienischen Aspekte der Sprossenherstellung erscheint es erforderlich und angemessen, nicht nur die Prinzipien der Guten Hygienepraxis (GHP) bei der Produktion von Sprossen einzuhalten und darüber hinaus das HACCP-Konzept anzuwenden. Auch die Gute Landwirtschaftliche Praxis (GLP) als Basis für die hygienische Produktion von Sprossen ist hierbei einzubeziehen, zu dokumentieren und mit mikrobiologischen Untersuchungen zu unterstützen. Auf dieser Basis verbessert sich die Wahrscheinlichkeit, an kritischen Hygienepunkten bei der Herstellung von Sprossen hygienerelevante Abweichungen zu erkennen und Korrekturmaßnahmen einleiten zu können.
  10. Es ist möglich, dass Personen, die Lebensmittel herstellen oder zubereiten, mit EHEC O104:H4 infiziert sind, ohne dass sie sich krank fühlen. Deshalb ist die Einhaltung der allgemeinen Regeln der Küchenhygiene sehr wichtig, um die Übertragung von Krankheitserregern auf verzehrfertige Lebensmittel zu verhindern.
  11. Eine Fortführung der Ausbruchuntersuchung ist wichtig, um die Eintragswege des EHEC O104:H4 in die Bockshornkleesamen aufdecken und nachfolgend konkrete Maßnahmen im Sinne der Guten Herstellungspraxis für Samen und Sprossen empfehlen zu können.

#### 6.1.5 Referenzen

Neben den nachfolgend aufgelisteten Literaturquellen wurden für die Erstellung der vorliegenden Bewertung außerdem weitere behördeninterne Sachstandsberichte des Bundes und der Länder sowie RASFF-Meldungen verwendet.

- BfR, Stellungnahme Nr. 019/2011 vom 7. Juni 2011: Enterohämorrhagische *Escherichia coli* (EHEC) O104:H4: ein erstes bakteriologisches Kurzporträt  
[www.bfr.bund.de/cm/343/enterohaemorrhagische\\_escherichia\\_coli\\_o104\\_h4.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/enterohaemorrhagische_escherichia_coli_o104_h4.pdf) [online: 22.06.2011]
- BfR, Fragen und Antworten des BfR zur Herkunft des Enterohämorrhagischen *E. coli* O104:H4 (FAQ des BfR vom 09. Juni 2011)  
[www.bfr.bund.de/de/fragen\\_und\\_antworten\\_zur\\_herkunft\\_des\\_enterohaemorrhagischen\\_e\\_coli\\_o104\\_h4-70869.html](http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zur_herkunft_des_enterohaemorrhagischen_e_coli_o104_h4-70869.html) [online: 22.06.2011]
- BfR, BVL, RKI, gemeinsame Pressemitteilung: Neue Erkenntnisse zum EHEC-Ausbruch (Erklärung vom 10. Juni 2011, 16/2011)  
[www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2011/16/neue\\_erkenntnisse\\_zum\\_ehec\\_ausbruch-70894.html](http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2011/16/neue_erkenntnisse_zum_ehec_ausbruch-70894.html) [online: 22.06.2011]
- BfR, Pressemitteilung vom 11.06.2011: EHEC-Ausbruch: BfR bestätigt Kontamination von Sprossen mit O104:H4.  
[www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2011/17/ehec\\_ausbruch\\_bfr\\_bestatigt\\_kontamination\\_von\\_sprossen\\_mit\\_o104\\_h4-70934.html](http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2011/17/ehec_ausbruch_bfr_bestatigt_kontamination_von_sprossen_mit_o104_h4-70934.html) [online: 22.06.2011]
- BfR, 20.06.2011: Protokoll zur Anreicherung und Isolierung von STEC/EHEC aus pflanzlichen Lebensmitteln  
[www.bfr.bund.de/cm/343/protokoll\\_zur\\_anreicherung\\_und\\_isolierung\\_von\\_stec\\_ehec\\_aus\\_pflanzlichen\\_lebensmitteln.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/protokoll_zur_anreicherung_und_isolierung_von_stec_ehec_aus_pflanzlichen_lebensmitteln.pdf) [online: 22.06.2011]
- BfR, 21.06.2011: Empfehlung des BfR für die Untersuchung von Samen und die Herstellung von Sprossen

- [www.bfr.bund.de/cm/343/empfehlung\\_des\\_bfr\\_fuer\\_die\\_untersuchung\\_von\\_samen\\_und\\_die\\_herstellung\\_von\\_sprossen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/empfehlung_des_bfr_fuer_die_untersuchung_von_samen_und_die_herstellung_von_sprossen.pdf) [online: 22.06.2011]
- BfR, Stellungnahme Nr. 022/2011 vom 30. Juni 2011: Samen von Bockshornklee mit hoher Wahrscheinlichkeit für EHEC O104:H4 Ausbruch verantwortlich.  
[www.bfr.bund.de/cm/343/samen\\_von\\_bockshornklee\\_mit\\_hoher\\_wahrscheinlichkeit\\_fuer\\_ehec\\_o104\\_h4\\_ausbruch\\_verantwortlich.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/samen_von_bockshornklee_mit_hoher_wahrscheinlichkeit_fuer_ehec_o104_h4_ausbruch_verantwortlich.pdf)
- BfR, aktualisierte Stellungnahme Nr. 017/2011 vom 09. Mai 2011: Hohe Keimbelastung in Sprossen und küchenfertigen Salatmischungen.  
[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)
- BfR, 2011: M. Hartung und A. Käsbohrer (Hrsg.), Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2009. BfR Wissenschaft.  
[www.bfr.bund.de/cm/350/erreger\\_von\\_zoonosen\\_in\\_deutschland\\_im\\_jahr\\_2009.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/350/erreger_von_zoonosen_in_deutschland_im_jahr_2009.pdf) [online: 22.06.2011]
- Bialaszewska, M., Mellmann, A., Karch, H. et al. 2011. Characterisation of the *Escherichia coli* strain associated with an outbreak of haemolytic uraemic syndrome in Germany, 2011: a microbiological study. The Lancet Infectious Diseases, 2011 June 23 [published online]
- Codex Alimentarius Commission (2003): CODE OF HYGIENIC PRACTICE FOR FRESH FRUITS AND VEGETABLES, ANNEX II, ANNEX FOR SPROUT PRODUCTION (CAC/RCP 53-2003); Adopted 2003. Revision 2010 (new Annex III for Fresh Leafy Vegetables)
- ECDC/EFSA, Technical Report Shiga toxin/verotoxin-producing *Escherichia coli* in humans, food and animals in the EU/EEA, with special reference to the German outbreak strain STEC O104  
[www.ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/1106\\_TER\\_EColi\\_joint\\_EFSA.pdf](http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/1106_TER_EColi_joint_EFSA.pdf) [online: 22.06.2011]
- EFSA, EFSA-ECDC Joint Rapid Risk Assessment. Cluster of Haemolytic Uremic Syndrome (HUS) in Bordeaux, France, June 2011  
[www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/rraefsaecdcstec0104.pdf](http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/rraefsaecdcstec0104.pdf) [online: 29.06.2011]
- EFSA, Tracing seeds, in particular fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds, in relation to the Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O104:H4 2011 Outbreaks in Germany and France. (5. Juli 2011) [www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/176e.htm](http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/176e.htm)
- EFSA, Webnachricht: EFSA sets up European task force to help investigate French *E. coli* outbreak  
[www.efsa.europa.eu/de/press/news/110626.htm](http://www.efsa.europa.eu/de/press/news/110626.htm)
- Epidemiologisches Bulletin 22/2011, Zur Entwicklung der Erkrankungszahlen im aktuellen EHEC/HUS-Ausbruch in Deutschland, S. 199–202  
[www.rki.de/cln\\_145/nn\\_2030884/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2011/22\\_\\_11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/22\\_\\_11.pdf](http://www.rki.de/cln_145/nn_2030884/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2011/22__11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/22__11.pdf)
- Epidemiologisches Bulletin 24/2011, Zur Entwicklung der Erkrankungszahlen im aktuellen Ausbruch in Deutschland – Update, S. 215–217  
[www.rki.de/cln\\_145/nn\\_2030884/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2011/24\\_\\_11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/24\\_\\_11.pdf](http://www.rki.de/cln_145/nn_2030884/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2011/24__11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/24__11.pdf)
- Frank, C., Werber, D., Cramer, J. P. et al. 2011. Epidemic Profile of Shiga-Toxin-Producing *Escherichia coli* O104:H4 Outbreak in Germany – Preliminary Report. N Engl J Med 2011 Jun 22. [Epub ahead of print]
- Gault, G., Weill, F. X., Mariani-Kurkdjian, P. et al. 2011. Outbreak of haemolytic uraemic syndrome and bloody diarrhoea due to *Escherichia coli* O104:H4, south-west France, June 2011. Euro Surveill 2011;16(26):pii=19905. [www.eurosurveillance.org](http://www.eurosurveillance.org)
- Max Rubner-Institut (MRI) 2008, Nationale Verzehrsstudie II (NVS II), Ergebnisbericht 1 und 2, download unter [www.was-esse-ich.de/](http://www.was-esse-ich.de/)
- RKI, Erkrankungen durch Enterohämorrhagische *Escherichia coli* (EHEC), RKI-Ratgeber für Ärzte  
[www.rki.de/cln\\_169/nn\\_467482/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_\\_EHEC.html](http://www.rki.de/cln_169/nn_467482/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber__EHEC.html)

- RKI, Informationen zum EHEC/HUS-Ausbruchsgeschehen  
[www.rki.de/cln\\_169/nn\\_205760/DE/Home/Info-HUS.html](http://www.rki.de/cln_169/nn_205760/DE/Home/Info-HUS.html)
- RKI, Erläuterungen zur Durchführung der EHEC/HUS-Studien  
[www.rki.de/cln\\_178/nn\\_205760/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/epi\\_\\_frageboegen/ehec\\_\\_epidemiologischeStudien-Text.html](http://www.rki.de/cln_178/nn_205760/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/epi__frageboegen/ehec__epidemiologischeStudien-Text.html)
- RKI, EHEC O104-H4 – Aktualisierte Hinweise und Hilfestellungen des RKI zur Diagnostik des gegenwärtig zirkulierenden Ausbruchstammes vom 15.06.2011:  
[www.rki.de/cln\\_144/nn\\_205760/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/EHEC\\_\\_Diagnostik,templated=raw,property=publicationFile.pdf/EHEC\\_Diagnostik.pdf](http://www.rki.de/cln_144/nn_205760/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/EHEC__Diagnostik,templated=raw,property=publicationFile.pdf/EHEC_Diagnostik.pdf) [online: 22.06.2011]
- RKI, UKM, Laborinformationen zum EHEC Ausbruchsstamm (Stand 01.06.2011)  
[www.ehec.org/pdf/Laborinfo\\_01062011.pdf](http://www.ehec.org/pdf/Laborinfo_01062011.pdf) [online: 22.06.2011]
- RKI, Epidemiologischer Lagebericht des Robert Koch-Instituts zum EHEC- und HUS-Ausbruch 2011 vom 28.06.2011 (Datenstand 27.06.2011, 10 Uhr)
- Struelens, M. J., Palm, D., Takkinen, J. 2011. Enteroaggregative, Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 outbreak: new microbiological findings boost coordinated investigations by European public health laboratories. Euro Surveill 2011;16(24):pii=19890  
[www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19890](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19890)
- World Health Organization (2008), Foodborne disease outbreaks: guidelines for investigation and control  
[www.who.int/foodsafety/publications/foodborne\\_disease/outbreak\\_guidelines.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/outbreak_guidelines.pdf)
- WHO, Infosan Emergency Alert vom 26.06. 2011: Outbreak of *E. coli* O104:H4 infections in France

## **6.2 Aktualisierte Stellungnahme Nr. 031/2011 des BfR vom 26. Juli 2011<sup>2</sup>: Bedeutung von EHEC O104:H4 in Bockshornkleesamen, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet werden**

Ursache für das EHEC-Ausbruchsgeschehen in Deutschland und Frankreich im Mai und Juni 2011 waren mit großer Wahrscheinlichkeit kontaminierte Bockshornkleesamen und daraus gezüchtete Sprossen (vgl. BfR-Stellungnahme 23/2011 „Die Bedeutung von Bockshornkleesamen sowie Sprossen und Keimlingen im EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011“). Nach derzeitigem Wissen waren an dem Ausbruchsgeschehen Sprossen aus Bockshornkleesamen beteiligt. Allerdings werden die Samen nicht nur zur Sprossenherstellung verwendet. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat deswegen die Bedeutung von EHEC O104:H4 in Bockshornkleesamen bewertet, die in verschiedenen Lebensmitteln einschließlich Nahrungsergänzungsmitteln verwendet werden. Ob diese Produkte bei der Verarbeitung von kontaminierten Bockshornkleesamen eine Infektion auslösen können, richtet sich im Wesentlichen nach den Aufbereitungs- und Verarbeitungsverfahren. Diese können abhängig von Hersteller und Produkt sehr unterschiedlich sein und sind dem BfR deshalb im Einzelnen nicht bekannt.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass der Ausbruchserreger nur in sehr geringer Konzentration in Bockshornkleesamen vorhanden ist. Die Überlebensfähigkeit von EHEC in den Samen des Bockshornklees hängt vom Ausgangskeimgehalt und von den angewandten Aufbereitungsverfahren ab. Da es möglich ist, dass der Erreger auch im Innern von Samenkörnern vorkommt, sind nur thermische Behandlungsverfahren (z.B. in feuchtem Milieu Erhitzen auf 72 °C für zwei Minuten im Kern), ggf. in Kombination mit Hochdruckverfahren oder Bestrahlung, geeignet, den Keim sicher abzutöten. Eine chemische Behandlung, wie die Reinigung mit Chlorwasser etc., reicht nicht aus, möglicherweise im Samenkern vorhandene EHEC-Bakterien sicher zu eliminieren. Ebenso überlebt der Keim das Reifen, Trocknen, Salzen und Säuern von Lebensmitteln.

Bockshornkleesamen finden sich in einer Vielzahl verschiedener Lebensmittel wie Käse, Kräutertees, Senf, Currygewürzen und Nahrungsergänzungsmitteln. Aus geschmacklichen und technologischen Gründen werden Bockshornkleesamen vor der Zugabe zu Lebensmitteln üblicherweise erhitzt.

Vor dem Hintergrund der Schwere der Erkrankung durch EHEC O104:H4 sollten Lebensmittelunternehmer prüfen, ob Material aus einer möglicherweise kontaminierten Bockshornklee-Samencharge bereits zur Verwendung kam und ob ihre Prozessverfahren hinsichtlich der sicheren Abtötung des Keims in und auf den Samen geeignet sind. Im Zweifelsfall sollten sie die hergestellten Produkte vom Markt nehmen.

Das BfR rät Verbraucherinnen und Verbrauchern zudem, Bockshornkleesamen vor der Weiterverarbeitung im Privathaushalt z.B. durch Rösten in der Pfanne kräftig zu erhitzen.

Kräutertees mit Bockshornkleesamen sollten wie alle Kräutertees mit kochendem Wasser aufgegossen werden und mindestens 5 Minuten ziehen. Wasser aus Heißwasserspendern ist generell nicht für die Zubereitung von Kräutertees geeignet, da es nicht heiß genug ist, um Bakterien sicher abzutöten.

Das BfR hat seine Stellungnahme vom 11. Juli 2011 aktualisiert, um die Besonderheiten bei alleiniger Anwendung von Trockenhitze zur Abtötung von EHEC auf Bockshornkleesamen deutlicher herauszustellen.

<sup>2</sup> Die aktualisierte Stellungnahme ersetzt die Stellungnahme Nr. 025/2011 vom 11. Juli 2011

### 6.2.1 Gegenstand der Bewertung

Im Mai und Juni 2011 kam es in Deutschland zu einem gehäuften Auftreten von Erkrankungsfällen mit dem hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS) und blutigen Diarrhöen im Zusammenhang mit einer Infektion durch enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC) des Serotyps O104:H4. Mittels DNA-Sequenzanalyse wurde festgestellt, dass der Ausbruchsstamm wesentlich mehr Gemeinsamkeiten mit den enteroaggregativen *E. coli* (EAggEC) als mit den herkömmlichen EHEC hat. Der Erreger wird deshalb in der vorliegenden Bewertung als enteroaggregativer EHEC O104:H4 bezeichnet. Das Erkrankungsgeschehen betraf alle Länder in Deutschland, aber vor allem Norddeutschland. Mit dem Ausbruchserreger kontaminierte Sprossen aus einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb werden als ursächliches Lebensmittelvehikel angesehen. Die Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass der Ausbruchserreger über angelieferte Bockshornkleesamen in die Sprossenproduktion eingetragen wurde, auch wenn der labordiagnostische Nachweis weiterhin fehlt. Diese Schlussfolgerung steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer epidemiologischer Untersuchungen, die darauf hinweisen, dass Samen meistens, wenn nicht sogar immer, die Quelle von Sprossen-assoziierten Ausbrüchen sind (Puohiniemi et al., 1991; CDC, 1997a; Mahon et al., 1997).

Im Juni 2011 kam es auch in Frankreich zu einem Ausbruch mit dem enteroaggregativen EHEC O104:H4, bei dem selbstgezoogene Sprossen als Ursache festgestellt wurden. Zur Herstellung der Sprossenmischung wurden u.a. Bockshornkleesamen verwendet. Die Rückverfolgung der in Frankreich verwendeten Bockshornklee-Samencharge ergab, dass eine bestimmte im Jahr 2009 hergestellte Bockshornklee-Samencharge über denselben in Deutschland ansässigen Zwischenhändler auch an einen niedersächsischen Gartenbaubetrieb geliefert und dort im Frühjahr 2011 zur Sprossenproduktion eingesetzt wurde. Daneben wurde in dem niedersächsischen Gartenbaubetrieb im April und Mai 2011 noch eine weitere im Jahr 2010 produzierte Bockshornklee-Samencharge für die Sprossenproduktion eingesetzt, die über denselben Zwischenhändler angeliefert wurde. Laut einer Risikobewertung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und dem Europäischen Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (ECDC) vom 29. Juni 2011 wurden diese beiden Bockshornklee-Samenchargen aus Ägypten importiert.

Auf Grundlage der Risikobewertung der EFSA/ECDC vom 29. Juni 2011 hat das BfR am 30. Juni 2011 in einer Stellungnahme auf die mögliche Gesundheitsgefahr bestimmter Bockshornklee-Samenchargen aufmerksam gemacht. Basierend auf dieser Stellungnahme hat das für die Überwachung des deutschen Importeurs zuständige Land die Rücknahme aller Chargen Bockshornkleesamen aus Ägypten angeordnet, bei denen das Mindesthaltbarkeitsdatum noch nicht oder nicht länger als 6 Monate abgelaufen ist. Die Vorwärtsverfolgung bei Zwischenhändlern in Deutschland hat ergeben, dass die im Jahr 2009 produzierte Bockshornklee-Samencharge von Deutschland aus auch an Betriebe in mindestens 14 anderen Staaten geliefert wurde.

Am 05. Juli 2011 hat das BfR eine Risikobewertung zur Bedeutung von EHEC O104:H4 in Sprossen und Keimlingen sowie Sprossensamen im Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011 veröffentlicht. Bei der Bewertung stützte sich das BfR u.a. auf die Ermittlungsergebnisse der deutschen Task Force EHEC sowie der europäischen Task Force zu EHEC, die von der EFSA aufgrund der staatenübergreifenden Relevanz der Ausbruchsgeschehen eingereicht worden war.

Am 05. Juli 2011 hat die EFSA einen technischen Bericht zu den Ermittlungsergebnissen der europäischen Task Force über die Warenströme verdächtiger Samenchargen vorgelegt. Demnach wurden zwischen Dezember 2009 und Februar 2011 insgesamt 37 Tonnen Bockshornkleesamen aus Ägypten nach Deutschland importiert. Da der Ursprung der Kontamination der Samen zum jetzigen Zeitpunkt nicht bekannt ist und die Möglichkeit einer

Kontamination anderer Samenarten und -chargen besteht, hat die EU-Kommission am 06. Juli 2011 Maßnahmen zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher ergriffen. Die Kommission ordnete den Rückruf und die unschädliche Beseitigung der im Zeitraum 2009–2011 aus Ägypten importierten und im Rahmen der Rückverfolgung auf EU-Ebene ermittelten Chargen Bockshornkleesamen an und verhängte bis zum 31. Oktober 2011 ein Importverbot für bestimmte Samen aus Ägypten (Durchführungsbeschluss der Kommission vom 06. Juli 2011, 2011/402/EU).

Bockshornkleesamen finden sich in einer Vielzahl verschiedener Produkte, beispielsweise in Currygewürz und Nahrungsergänzungsmitteln. Bisher gibt es keine Evidenz, dass außer Sprossen auch andere aus Bockshornkleesamen hergestellte Lebensmittel enteroaggregative EHEC-O104:H4-Infektionen verursacht haben. Dennoch muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass vereinzelt Erreger unter bestimmten Bedingungen in oder auf den Samen überleben und sich im Darm des Menschen wieder vermehren können. Es ist deshalb zu prüfen, ob auch von anderen Lebensmitteln einschließlich Nahrungsergänzungsmitteln eine Gefahr für die menschliche Gesundheit ausgehen kann, wenn Erzeugnisse aus Bockshornkleesamen (ganze Samen, Samenmehle und -pulver, Samenextrakte) aus Ägypten darin enthalten sind.

Vor diesem Hintergrund hat das BfR eine Bewertung hinsichtlich der Verarbeitung von Erzeugnissen aus Bockshornkleesamen bei der Herstellung von anderen Lebensmitteln vorgenommen, welche die Risikobewertung vom 05. Juli 2011 zur Bedeutung von Sprossen und Keimlingen<sup>3</sup> ergänzen soll. Dem BfR ist bisher allerdings nicht bekannt, in welchem Umfang Bockshornkleesamen der zurückgerufenen Chargen zu anderen Lebensmitteln weiterverarbeitet wurden als zur Sprossenproduktion.

## 6.2.2 Ergebnis

Es liegen wenig oder fast keine Kenntnisse über das Verhalten und die Widerstandsfähigkeit (Tenazität) enteroaggregativer EHEC O104:H4 allein oder als Teil eines Biofilms in der Umwelt, auf oder in Lebensmitteln vor. Die Risikobewertung inklusive der abgeleiteten Empfehlungen stützt sich deshalb weitgehend auf Erkenntnisse zum Verhalten anderer EHEC-Stämme (z.B. EHEC O157:H7) unter der Annahme, dass enteroaggregative EHEC O104:H4 eine vergleichbare Tenazität aufweisen. Zur Bewertung der Tenazität des Ausbruchserregers O104:H4 ist die Durchführung weiterer wissenschaftlicher Studien notwendig.

In der wissenschaftlichen Literatur werden überwiegend Behandlungsverfahren für Sprossensamen beschrieben, die eine Keimreduktion um 5 log-Stufen sicherstellen sollen, obwohl in dieser Matrix nur geringe Konzentrationen an pathogenen Keimen erwartet werden. Dies ist für Samen zur Sprossenherstellung notwendig, weil durch die mesothermen und feuchten Bedingungen während der Sprossenanzucht ein intensives Keimwachstum stattfinden kann.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass der Ausbruchserreger nur in sehr geringer Konzentration in Bockshornkleesamen vorhanden ist. Aus Sicht des BfR ist es deshalb nicht erforderlich, vergleichbare Anforderung an die Dekontamination von Bockshornkleesamen zu stellen, welche zu anderen Produkten außer Sprossen weiterverarbeitet werden, sofern keine Vermehrung von enteroaggregativem EHEC O104:H4 nach Zugabe der Samen stattfinden kann. Unter dieser Voraussetzung bieten aus Sicht des BfR solche Behandlungsverfahren eine ausreichende Sicherheit, die den Modellkeim EHEC O157:H7 in und auf Samen um mindestens 2 log-Stufen reduzieren können.

<sup>3</sup> Veröffentlicht unter

[www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung\\_von\\_sprossen\\_und\\_keimlingen\\_sowie\\_samen\\_zur\\_sprossenherstellung\\_im\\_ehec\\_o104\\_h4\\_ausbruchsgeschehen\\_im\\_mai\\_und\\_juni\\_2011.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung_von_sprossen_und_keimlingen_sowie_samen_zur_sprossenherstellung_im_ehec_o104_h4_ausbruchsgeschehen_im_mai_und_juni_2011.pdf)

Dazu können Erhitzungsverfahren angewandt werden, wie sie auch für andere Lebensmittel üblich sind. Aus geschmacklichen und technologischen Gründen werden Bockshornkleesamen vor der Zugabe zu Lebensmitteln üblicherweise erhitzt. Eine Erhitzung auf mindestens 72 °C für 2 Minuten im Kern oder eine in der Wirkungsweise vergleichbare Temperatur-Zeit-Kombination ist für die Abtötung des Erregers in den meisten Lebensmitteln geeignet. Das trifft auch für die Abtötung des Erregers in Samen zu, sofern ein feuchtes Milieu vorliegt (z.B. durch Einsatz von Heißwasserdampf). Bei alleiniger Anwendung von Trockenhitze sind bei Temperaturen um die 70 °C Erhitzungszeiten von mehreren Stunden erforderlich. Außerdem wird vom BfR das Bestrahlen der Samen, wie für Gewürze nach Lebensmittelbestrahlungsverordnung zugelassen, als hinreichend für diesen Verwendungszweck eingeschätzt.

Chemische Behandlungsverfahren, inklusive Einsatz von Chlorklösungen oder Zusatz von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), sind grundsätzlich nicht dazu geeignet, Erreger, die sich möglicherweise im Inneren der Bockshornkleesamen befinden, zu eliminieren.

Vor dem Hintergrund der Schwere der Erkrankungen werden vom BfR nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher folgende Empfehlungen zur Risikominimierung ausgesprochen, auch wenn es bisher keine Anhaltspunkte dafür gibt, dass in Deutschland andere Produkte als Sprossen Infektionen mit enteroaggregativen EHEC O104:H4 ausgelöst haben:

#### 6.2.2.1 Empfehlungen für Lebensmittelunternehmer

Empfänger zurückgerufener Bockshornklee-Samenchargen sollten notwendige Maßnahmen der Risikominimierung hinsichtlich ihrer eigenen Lagerbestände sowie ihrer hergestellten Produkte treffen. Deshalb sollten sie prüfen, ob ihre Herstellungsverfahren geeignet sind, den Erreger in und auf den Bockshornkleesamen vollständig abzutöten, sodass von den Produkten für Menschen kein Infektionsrisiko ausgeht und kein Eintrag in die Umwelt erfolgt. Im Zweifelsfall sollten sie die hergestellten Produkte vom Markt nehmen. Sie sollten außerdem abklären, ob eine Kreuzkontamination weiterer Rohstoffe bei der Lagerung oder bei der Verarbeitung der Samen stattgefunden haben kann.

#### 6.2.2.2 Empfehlungen für die zuständigen Behörden

Die zuständigen Überwachungsbehörden sollten die Empfänger von Bockshornklee-Samenchargen, die nach den Erkenntnissen aus der in Deutschland und auf EU-Ebene durchgeführten Rück- und Vorwärtsverfolgung mit enteroaggregativen EHEC O104:H4 kontaminiert sein könnten, auf die mögliche Gesundheitsgefahr ausgehend von den Samen sowie daraus hergestellter Produkte hinweisen. Nachfolgend sollten sie gemeinsam mit dem Betrieb prüfen, ob die Einleitung von Maßnahmen zur Risikominimierung notwendig ist.

#### 6.2.2.3 Empfehlungen für Verbraucherinnen und Verbraucher

Verbraucherinnen und Verbraucher sollten Kräutertees, auch solche mit Bockshornkleesamen, mit sprudelnd kochendem Wasser aufgießen und mindestens 5 Minuten ziehen lassen. Wasser aus Heißwasserspendern ist nicht für die Zubereitung von Kräutertees geeignet.

Verbraucherinnen und Verbrauchern wird empfohlen, Bockshornkleesamen vor der Weiterverarbeitung im Privathaushalt z.B. durch Rösten in der Pfanne kräftig zu erhitzen.

Grundsätzlich rät das BfR, die Überlebensfähigkeit und das Wachstumsverhalten von enteroaggregativem EHEC O104:H4 im Rahmen von wissenschaftlichen Tenazitätsstudien weiter zu erforschen.

### 6.2.3 Begründung

#### 6.2.3.1 Risikobewertung

##### 6.2.3.1.1 Mögliche Gefahrenquelle enterohämorrhagische und enteroaggregative *E. coli*

*E. coli* kommen natürlicherweise im Darm von Menschen und Tieren vor. Bestimmte Typen von *E. coli*, wie EHEC oder EaggEC, können gastrointestinale Erkrankungen beim Menschen hervorrufen. Da EHEC auch im Darm von Wiederkäuern vorkommen und mit dem Kot ausgeschieden werden, können sie direkt oder indirekt (z.B. über Lebensmittel) vom Tier auf den Menschen übertragen werden und Krankheiten auslösen. Nach derzeitigem Erkenntnisstand ist davon auszugehen, dass das Reservoir für EAggEC der Mensch ist. Eine Übertragung von EAggEC kann über Schmierinfektionen von Mensch zu Mensch erfolgen. Der Erreger kann auch bei der Zubereitung oder Produktion in Lebensmittel gelangen und so verbreitet werden.

Sogenannte atypische EAggEC können aus Kälbern, Ferkeln und Pferden isoliert werden. Diesen Stämmen fehlen allerdings bestimmte Eigenschaften, sodass derzeit davon ausgegangen wird, dass diese Tiere kein Reservoir für die humanpathogenen, typischen EAggEC darstellen (Uber et al., 2006). Im Jahr 2004 fand in Großbritannien eine Studie statt, bei der 1.227 *E. coli*-Isolate aus Rindern, Schafen und Schweinen nach einem bestimmten EAggEC-typischen Merkmal untersucht wurden. Keines der Isolate trug dieses Merkmal. Die Autoren geben allerdings an, dass mit der angewandten Methode nicht alle EAggEC erfasst werden und daher nicht ausgeschlossen werden kann, dass Bakterien dieser Art unter den untersuchten Bakterien vorkamen (Cassar et al., 2004).

Charakteristisch für EHEC sind die Eigenschaften, Shiga-Toxine (*stx1* oder *stx2*) zu bilden und sich über ein bestimmtes Protein (Intimin) im Darm seiner Wirte festzuheften. Die Begriffe STEC (für Shiga-Toxin-bildende *E. coli*) bzw. VTEC (für verotoxinbildende *E. coli*) werden daher synonym für *stx1*- oder *stx2*-bildende EHEC verwendet. EAggEC bildet hingegen normalerweise keine Shiga-Toxine und setzt sich mit Hilfe von Anheftungsfaktoren (Adhäsine) an der menschlichen Darmwand fest, wo sie in der Lage sind, Biofilme zu bilden. Diese Eigenschaft, Biofilme zu produzieren, ist sowohl für EHEC als auch für EAggEC ebenfalls für abiotische Oberflächen beschrieben.

EHEC gehören auch aufgrund des möglichen schweren Krankheitsverlaufs zu den bedeutendsten Ursachen für bakterielle Infektionen, die über Lebensmittel übertragen werden. EAggEC sind seit Mitte der 1990er-Jahre bereits mehrfach als Verursacher von lebensmittelbedingten Ausbrüchen mit akutem und persistierendem Durchfall beschrieben worden (Okeke and Nataro, 2001). Bekannt ist diese *E. coli*-Variante vor allem aus Regionen mit mangelhaften Hygienebedingungen. Aber auch in entwickelten Regionen mit höherem Hygienestandard haben solche Ausbrüche stattgefunden. So fand der bisher größte bekannte Ausbruch in Japan statt, wo sich über 2.500 Kinder an unterschiedlichen Schulen höchstwahrscheinlich an der Schulmahlzeit infiziert haben. Die verdächtigen Schulmahlzeiten in diesem Ausbruch beinhalteten Brot, Nudeln, Nudelsalat, Milchpudding, gebratenes Gemüse und Milch (Itoh et al., 1997).

In Brasilien konnte in einer weiteren Studie, bei der die Inhalte von 100 Babymilchflaschen (selbst zubereitet von Müttern aus schwachen sozioökonomischen Verhältnissen) auf pathogene *E. coli* untersucht wurden, in 3 Proben EAggEC in einer Konzentration von  $10^3$ – $10^4$  KBE/ml nachgewiesen werden (Morais et al., 1997). Studien zur Untersuchung von Ur-

sachen der Reisediarrhö, mit Mexiko als Ursprungsland für die Ansteckung, haben ergeben, dass EAggEC aus Nachspeisen in einer durchschnittlichen Konzentration von  $0,5 \times 10^4$  KbE/g isoliert werden konnten (Vigil et al., 2009). Auch Wasser aus offenen Brunnen stand in Zusammenhang mit Ausbrüchen.

Die pathogene Rolle und der Übertragungsweg von *E. coli*-Stämmen, die sowohl EHEC- als auch EAggEC-spezifische Virulenzfaktoren besitzen (*stx*-Produktion und enteroaggregative Adhäsion), ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nahezu unerforscht. Morabito et al. vermuteten bereits im Jahre 1998, dass derartig rekombinierte Stämme genauso pathogen für Menschen sein können wie klassische EHEC-Stämme.

#### 6.2.3.1.1.1 Charakteristika von EAggEC EHEC O104:H4 (Ausbruchsstamm)

Beim Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011 wurde als Ausbruchsstamm der Serotyp O104:H4 eindeutig als Krankheitsursache identifiziert.

Mittels DNA-Sequenzanalyse wurde festgestellt, dass der Ausbruchsstamm wesentlich mehr Gemeinsamkeiten mit den EAggEC als mit den herkömmlichen EHEC hat. So ähnelt der Ausbruchsstamm auf Sequenzebene zu 93 % einem humanen EAggEC-Stamm aus Zentralafrika, der bereits charakterisiert wurde. Das EHEC-Spezifische an dem Ausbruchsstamm ist das bakteriophagencodierte *stx2*-Gen. Offenbar handelt es sich bei dem Ausbruchsstamm um eine Rekombination aus zwei *E. coli*-Pathotypen (EAggEC und EHEC), dem das für EHEC typische *eae*- (attaching and effacing-)Gen fehlt.

Der Ausbruchsstamm weist eine Resistenz gegenüber den Beta-Laktam-Antibiotika der Gruppen Acylaminopenicilline und Cephalosporine sowie gegenüber Tetracyclin, Nalidixinsäure, Streptomycin und Trimethoprim/Sulfamethoxazol auf. Außerdem wurde bisher in allen Isolaten eine Extended-Spektrum Beta-Laktamase (ESBL) vom Typ CTX-M-15 und eine Beta-Laktamase des Typs TEM-1 nachgewiesen.

#### 6.2.3.1.1.2 Vorkommen von EAggEC EHEC O104:H4

##### **Vorkommen beim Menschen**

Bis zum Beginn des Ausbruchs in Deutschland im Mai 2011 sind in der Literatur nur wenige sporadische Fälle von *stx2*-positiven *E. coli* des Serotyps O104:H4 beschrieben worden. So berichtet das ECDC über die Infektion einer Person aus Finnland aus dem Jahr 2010, die die Infektion bei einer Reise nach Ägypten erworben haben soll. Zu einem weiteren Fall aus dem Jahr 2004 in Frankreich sind Details zur Erkrankung (inkl. Infektionsort) laut Bericht des ECDC nicht bekannt. Laut Angaben der Centers for Disease Control and Prevention (CDC) gab es im Jahr 2009 zwei HUS-Fälle in Georgien. In der Literatur wird eine Isolierung dieses Serotyps zudem bei einer Patientin mit HUS in Korea im Jahr 2005 sowie bei 2 Fällen (beide mit HUS) in Deutschland im Jahr 2001 beschrieben. Nur für die Isolate aus Deutschland (2001), Finnland (2010) und Georgien (2009) ist beschrieben, dass es sich um enteroaggregative EHEC handelte.

Enteroaggregative *E. coli* vom Typ O104:H4 ohne Shiga-Toxin-Gene sind aus mindestens einer großen englischen Fall-Kontroll-Studie mit Patienten mit infektiösen Darmerkrankungen bekannt (Wilson et al. 2001).

##### **Vorkommen im Lebensmittel**

Das Vorkommen des Serotyps O104:H4 in Lebensmitteln wurde in Deutschland und der EU bis zum Ausbruchsgeschehen noch nicht beschrieben. Enteroaggregativer EHEC O104:H4

wurde in Deutschland erstmals im Rahmen der aktuellen Ausbruchsuntersuchung in bzw. auf Lebensmitteln detektiert. Der Nachweis gelang in einer Probe Gurke und einer Probe Sprossen, die an unterschiedlichen Orten aus dem Küchenabfall von Personen entnommen worden waren, die mit dem Ausbruchserreger infiziert waren. Darüber hinaus wurde EAggEC EHEC O104:H4 in drei Lebensmittelproben festgestellt (Lachs roh und gegart, Paprika), die offensichtlich von einer Mitarbeiterin eines Partyservices während der Inkubationszeit kontaminiert worden waren.

STEC/VTEC anderer Serotypen lassen sich hingegen schon seit vielen Jahren in Lebensmitteln nachweisen. In Deutschland werden STEC/VTEC im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrollen, der amtlichen Überwachung sowie im Rahmen des Zoonosen-Monitorings beobachtet. Im Rahmen der amtlichen Überwachung werden STEC/VTEC insbesondere bei frischem Fleisch sowie bei Rohfleischzubereitungen, aber auch bei Wildfleisch nachgewiesen.

Innerhalb der EU wurde auch über vereinzelte Nachweise von STEC/VTEC in pflanzlichen Lebensmitteln (Gemüse, Obst) berichtet, wobei es sich bisher immer um Nicht-O104:H4-Stämme handelte.

### Vorkommen bei Tieren und in der Umwelt

Der Ausbruchsstamm EAggEC EHEC O104:H4 wurde vor Beginn des Ausbruchsgeschehens in der EU bisher weder in Tierbeständen noch in Proben aus der Umwelt beobachtet. Keines der am NRL *E. coli* differenzierten Isolate gehörte diesem Serovar an. Auch im Rahmen der Mitteilungen zur Zoonosenberichterstattung wurde das Serovar bisher nicht berichtet.

Insgesamt muss nach derzeitigem Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass der Ausbruchsstamm mit seiner detailliert beschriebenen genetischen Ausstattung sein Reservoir im Menschen hat, da dieser *E. coli*-Typ bis heute noch nie bei Tieren gefunden wurde. Bisher gibt es keinerlei Anhaltspunkte, dass der Ausbruchsstamm die Speziesbarriere Mensch-Tier überwunden hat. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Ausbruchsstamm sekundär auch Tiere kolonisieren könnte, beispielsweise durch Aufnahme von kontaminiertem Wasser oder Futtermitteln. Es scheint derzeit so zu sein, dass sich der Erreger im Menschen vermehrt und nach Freisetzung über Fäkalien in die Umwelt gelangt, z.B. in das Abwasser. Es ist davon auszugehen, dass der Erreger für eine effektive Vermehrung wieder den Menschen kolonisieren muss.

#### 6.2.3.1.1.3 Tenazität von enterohämorrhagischen und enteroaggregativen *E. coli*

Über die Widerstandsfähigkeit des Ausbruchsstamms in der Umwelt ist bisher nur sehr wenig bekannt. Derzeit kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass der enteroaggregative EHEC-O104:H4-Stamm längere Zeit in der Umwelt, z.B. in Wasser, überleben kann. Auch über seine Überlebensfähigkeit in Lebensmitteln ist so gut wie nichts bekannt. Scheutz et al. untersuchten 2011 den Ausbruchsstamm auf seine Fähigkeit hin, Biofilme zu bilden, und fanden heraus, dass er, wie für EaggEC-Stämme typisch, ein moderater bis guter Biofilmbildner ist. Des Weiteren gibt es Hinweise, dass der Erreger eine hohe Säureresistenz besitzt.

Intensiver beforscht wurden EHEC-Bakterien, u.a. auch das Serovar O157. Daher stützt sich die vorliegende Bewertung inklusive der abgeleiteten Empfehlungen weitgehend auf Erkenntnisse zum Verhalten von EHEC O157:H7 unter der Annahme, dass enteroaggregativer EHEC O104:H4 eine vergleichbare Tenazität aufweist. EHEC sind widerstandsfähig gegen-

über Austrocknen, Einfrieren und Säuern, sodass sie in der Umwelt (Boden, Wasser, Fäkalien) über Wochen und Monate überleben können.

EHEC-Bakterien des Serovars O157:H7 haben die Fähigkeit, sowohl abiotische (Saldaña et al., 2009) als auch biotische Oberflächen, wie z.B. Kopfsalat, mit Biofilmen zu besiedeln (Takeuchi et al., 2000). In Biofilmen sind diese Bakterien widerstandsfähiger gegenüber Reinigungsmitteln als in freien Lebensformen (Stopforth et al., 2003). Die Tenazitätserhöhung der EHEC-Bakterien hängt stark von der Lebensmittelmatrix und den begleitenden biotischen und abiotischen Faktoren ab. Zum Beispiel wird die Tenazität verstärkt, wenn der Biofilm neben den EHEC-Bakterien aus weiteren bakteriellen Gruppen besteht und der Biofilm die ersten 48 Stunden ungestört bleibt (Stopforth et al., 2003). Auch auf der Oberfläche von Eisbergsalat und Romanasalat können EHEC in wenigen Stunden Biofilme (Patel et al., 2011) bilden. Daher können auch Salatmischungen, zu denen bereits Bockshornklee hinzugegeben wurde, auch nach der Entfernung des Bockshornklee mit dem Erreger kontaminiert sein.

Da die Persistenz des Erregers in Lebensmitteln von der Matrix und der angewandten Lebensmitteltechnologie abhängig ist, sind für die Einschätzung der Wirkung der einzelnen Verfahren neben Kenntnissen zum Verfahren selbst auch genaue Detailinformationen zur Matrix erforderlich. Insbesondere für ölhaltige Produkte ist bekannt, dass die Tenazität von Pathogenen deutlich höher ist. Ebenso ist in Biofilmen ein längeres Überleben belegt. Durch Verfahren wie Reifen, Trocknen und Säuern wird der Erreger nicht ausreichend inaktiviert (Mathusa et al., 2010). Auch gegenüber Salz können EHEC-Keime unempfindlich sein. Viele EHEC-Stämme können sich bei Salzkonzentrationen von 4 bis 5 % bei Raumtemperatur (25 °C) vermehren und manche Stämme überleben selbst 15%ige Salzkonzentrationen für mindestens 24 Stunden, ebenfalls bei Raumtemperatur (Olesen und Jespersen, 2010; Chevillon et al., 1996).

### **Tenazität gegenüber Hitze, Hochdruck und Bestrahlung**

Aus geschmacklichen und technologischen Gründen werden Bockshornkleesamen vor der Zugabe zu Lebensmitteln üblicherweise erhitzt. Für EHEC O157:H7 sind D-Werte (Zeit zur Abtötung von 90 % der Mikroorganismen einer Population) für Lebensmittel wie Fleisch und Milch bekannt. Diese liegen ähnlich wie bei anderen *E. coli*-Typen im Temperaturbereich von 57 bis 64 °C bei Zeiten zwischen 270 und 9,6 Sekunden. Der Fettgehalt und das Trocknen von Lebensmitteln können allerdings den D-Wert erhöhen. Für eine Keimreduktion von EHEC um mindestens 2 log-Stufen in und auf Bockshornkleesamen müssen deshalb höhere Temperaturen eingesetzt werden, z.B. in feuchtem Milieu mindestens 72 °C für 2 Minuten im Kern oder eine in der Wirkungsweise vergleichbare Temperatur-Zeit-Kombination. Bei der alleinigen Anwendung von Trockenhitze müssen im Temperaturbereich von 70 °C abhängig vom  $a_w$ -Wert Erhitzungszeiten von etwa 5 bis 10 Stunden eingehalten werden, wie Studien von Beuchat und Scouten im Jahr 2002 zur Hitzeresistenz von *E. coli* O157:H7 auf Alfalfasamen zeigten.

Bei Samen zur Sprossenherstellung werden meist im Sinne eines Hürdenprinzips Kombinationen aus mehreren milden Reduktionsverfahren für Bakterien angewandt, um die Keimfähigkeit der Samen nicht zu beeinträchtigen. Studien zur Inaktivierung von EHEC O157:H7 durch thermische Behandlungen von Sprossensamen haben gezeigt, dass erst bei einer Anwendung von Trockenhitze bei 70 °C für 24 Stunden oder bei 70 °C für 6 Stunden gefolgt von einer Hochdruckbehandlung (600 MPa) für 2 min bei 35 °C eine Keimreduktion um 5 log-Stufen erreicht werden konnte (Neetoo und Chen, 2011). Nach bisherigem Erkenntnisstand soll auch eine Wärmebehandlung von 50 °C für eine Stunde gefolgt von gleichmäßig verteilter Gamma-Bestrahlung (2 bis 2,5 kGy) für eine Reduktion von EHEC O157:H7 um 4 bis 5 log-Stufen bei unterschiedlichen Sprossensamen geeignet sein.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass das Bestrahlen der Samen, wie für Gewürze nach Lebensmittelbestrahlungsverordnung zugelassen, die Konzentration an EHEC um mindestens 2 log-Stufen reduzieren kann.

### **Tenazität gegenüber chemischen Behandlungsverfahren**

Bei Behandlungen von Sprossensamen mit chemischen Verfahren ist davon auszugehen, dass sie nicht geeignet sind, gegebenenfalls in den Samen vorhandene Erreger zu eliminieren.

Zur Konservierung von Lebensmitteln eingesetztes Schwefeldioxid kann eine Keimreduzierung bewirken. Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) ist als Konservierungs- und Antioxidationsmittel für verschiedene Lebensmittel zugelassen (E220). Zum Einsatz kommt SO<sub>2</sub> unter anderem für Trockenfrüchte, aber auch z.B. bei getrockneten Kartoffelerzeugnissen oder getrockneten oder tiefgefrorenen weißen Gemüsesorten, wobei produktspezifische Höchstmengen zugelassen sind. In der Weinherstellung ist der Einsatz von Schwefeldioxid weit verbreitet. Eine Keimreduzierung von EHEC O157:H7 um bis zu 5 log-Stufen konnte beispielsweise in verschiedenen sauren Apfelsaftprodukten durch einen Einsatz von 50 ppm SO<sub>2</sub> erzielt werden (Basaran-Akgul et al., 2009).

Auch Ethanol als eine der bekanntesten antimikrobiellen Substanzen beeinflusst das Überleben von EHEC O157:H7. Die Größenordnung der Keimreduktion lässt sich jedoch derzeit nicht abschätzen.

Versuche zur Dekontamination von mit EHEC O157:H7 kontaminierten Lebensmitteln mit 0,5, 1,0 und 1,5%igen organischen Säuren haben sich als ineffektiv gezeigt und unterstreichen die Säuretoleranz dieses Erregers (Brackett et al., 1994). Im Labor lässt sich zeigen, dass Kulturen mit  $3 \times 10^4$  KbE/ml EHEC O157:H7 nach 24-stündiger Inkubation sowohl bei 4 °C als auch bei 24 °C bei pH 3,4 und pH 11 stabil sind. Bei pH 2 findet nur eine leichte Reduktion (0,5–1 log) der Keimzahl statt (Miller und Kaspar, 1994). Versuche mit künstlichem Magensaft weisen darauf hin, dass nicht nur EHEC O157:H7 bei pH 1,5 überlebt, sondern auch andere Pathotypen wie enteropathogene *E. coli* extrem säuretolerant sind (Arnold und Kaspar, 1995). Aufgrund dieser Datenlage und der Fähigkeit des Ausbruchsstammes zur Bildung von Biofilmen sollte generell von einer erhöhten Unempfindlichkeit gegenüber chemischen Behandlungen ausgegangen werden.

Untersuchungsergebnisse konnten zeigen, dass auch Behandlungen von Sprossensamen mit Chlorklösungen, die beispielweise 2 %iges Chlor aus Calciumhypochlorit enthalten, keine vollständige Elimination von EHEC-Keimen ermöglichen (Fett et al., 2005). Möglicherweise liegt diese Beobachtung unter anderem daran, dass diese Keime in Biofilmen eine erhöhte Chlortoleranz zeigen. So ist bei Bakterien in Biofilmen mit einer um das 100-fach erhöhten Chlortoleranz zu rechnen (Prof. Exner, Uni Bonn, persönliche Mitteilung vom 21. Juni 2011).

Da es sich bei EHEC O104:H4 um einen neuen, sehr pathogenen Erreger handelt, sollte er hinsichtlich seiner Eigenschaften, einschließlich seiner Überlebensfähigkeit und seines Wachstumsverhaltens in verschiedenen Matrices, näher charakterisiert werden.

#### 6.2.3.1.2 Zum Gefährdungspotenzial im EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen

Die Infektionsdosis des bekannten Ausbruchserregers EHEC O157 ist sehr gering und liegt bei unter 100 Keimen. Über die Infektionsdosis des enteroaggregativen EHEC O104:H4 liegen keine Angaben vor, es ist jedoch davon auszugehen, dass sie ebenfalls sehr niedrig ist.

Derzeit ist davon auszugehen, dass sich der Erreger in der Umwelt oder in den Produkten nicht vermehren muss, um den Menschen zu infizieren. Eine effiziente Vermehrung des Erregers scheint insbesondere im Magen-Darm-Trakt des Menschen zu erfolgen. Hierdurch können dann auch schwerwiegende Krankheitsverläufe ausgelöst werden.

Im Mai und Juni 2011 kam es zu einem gehäuften Auftreten des sogenannten hämolytisch-urämischen Syndroms (HUS) und blutigen Diarrhöen im Zusammenhang mit Infektionen durch enteroaggregative EHEC O104:H4. Die Mehrzahl der durch den Ausbruchserreger verursachten Erkrankungen trat als unblutiger, meistens wässriger Durchfall in Erscheinung. Bei einem Teil der Erkrankten entwickelte sich eine hämorrhagische Kolitis mit krampfartigen Bauchschmerzen, blutigem Stuhl und teilweise Fieber. EHEC-Infektionen können jedoch auch inapparent und damit unbemerkt verlaufen. Eine gefürchtete Komplikation ist das HUS. Das Vollbild des HUS ist charakterisiert durch akutes Nierenversagen bis zur Anurie, hämolytische Anämie (Blutarmut) und Thrombozytopenie (Mangel an Blutplättchen). Typischerweise gehen dem HUS Diarrhöen, oft blutig, voraus. Diese schwere Komplikation tritt in etwa 5 bis 10 % der symptomatischen EHEC-Infektionen auf. Hierbei kommt es häufig zur kurzzeitigen Dialysepflicht, seltener zum irreversiblen Nierenfunktionsverlust mit chronischer Dialyse. In der Akutphase liegt die Letalität des HUS bei ungefähr 2 %.

Im Rahmen des Ausbruchs durch den Serotyp O104:H4 wurden bei klinisch erkrankten Personen auch häufig neurologische Symptome beobachtet, was möglicherweise daran liegt, dass es sich eher um einen enteroaggregativen Stamm handelt mit der Eigenschaft des EHEC, Shigatoxin zu bilden.

Die Inkubationszeit beträgt bei EHEC-Infektionen üblicherweise ca. 2 bis 10 Tage (durchschnittlich 3 bis 4 Tage), wobei diese Daten im Wesentlichen auf Untersuchungen zu EHEC der Serogruppe O157 beruhen. Im durch enteroaggregativen EHEC O104:H4 ausgelösten Ausbruchsgeschehen wird von einer medianen Inkubationszeit von 8 Tagen (Interquartilsabstand 7–9 Tage) ausgegangen. Die Symptome EHEC-assoziiierter HUS-Erkrankungen begannen in diesem Ausbruch im Median 5 Tage (Interquartilsabstand 4–6 Tage) nach Beginn des Durchfalls (Datenstand 18.06.2011).

Für weitergehende Informationen wird auf die Risikobewertung des BfR vom 05. Juli zur Bedeutung von EHEC O104:H4 in Sprossen und Keimlingen sowie Sprossensamen im Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011 verwiesen.

#### 6.2.3.1.3 Expositionsabschätzung

Dem Bockshornklee werden verschiedene Wirkungen zugesprochen. Bockshornkleesamen enthalten neben Eiweiß etwa 6 bis 10 % Fett, Saponine, Bitterstoffe, Schleimstoffe und Vitamine. Die Samen haben einen leicht bitteren Geschmack, der durch Kochen oder Rösten verschwindet.

Quantitative Daten zu Keimkonzentrationen von pathogenen Lebensmittelkeimen auf Sprossensamen sind limitiert. Quantitative Analysen von Samen, deren Sprossen nach Verzehr zu Krankheit führten, ergaben Keimzahlen im Bereich von weniger als 1 bis 6 KbE/100 g Samen. Bei mikrobiologischen Untersuchungen im Rahmen der intensiven Untersuchungsaktivitäten der Länder zum EHEC-Ausbruchsgeschehen wurden nur in einer von über 900 un-

tersuchten Proben von Sprossen sowie Samen zu deren Herstellung EHEC-Bakterien gefunden. Ein Nachweis gelang lediglich in einer Sprossenmischung aus einer geöffneten Packung, die bei einer erkrankten Person aus dem Küchenabfall entnommenen wurde.

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass einige EHEC-Stämme über die Wurzeln auch in das Innere von Pflanzen eindringen können. Bei Alfalfa wurde die Aufnahme von pathogenen und apathogenen Bakterien in das Innere der Samen schon festgestellt. Es wird angenommen, dass durch Risse in den Seitenwurzeln Bakterien einen Eintritt in die Pflanze erhalten (Dong et al., 2003). Für Bockshornkleesamen ist dies bisher noch nicht bekannt.

Die Überlebensfähigkeit von EHEC-Bakterien in Erzeugnissen aus Bockshornkleesamen ist abhängig von den angewandten Aufbereitungsverfahren. Wird Bockshornklee in Form eines Extrakts verwendet, ist davon auszugehen, dass die vorhandene Bakterienkonzentration durch Extraktionsmittel (z.B. Ethanol) und Hitzeeinwirkung reduziert wird. Ob dieser Effekt zu einer vollständigen Eliminierung möglicherweise vorhandener enteroaggregativer EHEC O104:H4 führt, kann derzeit jedoch nicht abgeschätzt werden. Hingegen ist bei Bockshornkleesamenpulver von einer Überlebensfähigkeit auszugehen, weil bei der Reinigung, Vermahlung und dem Einmischen eines Bockshornkleesamenpulvers keine erhöhten Temperaturen zu erwarten sind.

#### 6.2.3.1.3.1 Verarbeitung von Bockshornkleesamen bei der Herstellung von Lebensmitteln

##### **Käse**

Bockshornkleesamen sind in einigen jungen und mittelalten Schnittkäse als Zutat enthalten, um diesen eine nussige Note zu verleihen. Bockshornkleesamen werden vor der Zugabe zu Käse aus geschmacklichen und technologischen Gründen üblicherweise erhitzt. Ob dies in jeder Käserei so gehandhabt wird und welche Temperaturen dabei erreicht werden, ist dem BfR nicht bekannt. Käse mit Bockshornkleesamen werden auch von kleinen Käsereien hergestellt und über das Internet vertrieben. Junger Schnittkäse reift bis zu 5 Wochen, mittelalter Schnittkäse dagegen bis zu 3 Monate. Es ist davon auszugehen, dass die Prozesse der Käseherstellung keinen Einfluss auf das Überleben möglicherweise im Innern der Bockshornkleesamen vorkommenden enteroaggregativen EHEC O104:H4 haben. Aber auch das Überdauern äußerlich an Samen anhaftender Erreger ist nicht unwahrscheinlich, da sich auch in halbfesten Schnittkäse aus Rohmilch EHEC anderer Serotypen nachweisen lassen (Zweifel et al., 2010).

##### **Gewürzmischungen und Würzmittel**

Bockshornkleesamen werden in gemahlenem Zustand für die Herstellung von Gewürzmischungen, vor allem Currypulver, verwendet. Insbesondere in indischen Currygewürzmischungen sind Bockshornkleesamen ein üblicher Bestandteil.

Bei der Herstellung von Gewürzen können zur Keimreduzierung thermische Verfahren wie Heißwasserdampfbehandlung oder Bestrahlung eingesetzt werden. Als thermische Inaktivierungsverfahren eignen sich sowohl Extruder- als auch Vakuumverfahren. Extruderverfahren erreichen bei Gewürzen eine Keimreduktion von ca.  $10^2$  KbE/g. Mit Vakuumverfahren kann die Kontamination von Gewürzen auf Keimzahlen von deutlich unter 5.000 KbE/g reduziert werden. In beiden Verfahren wird Heißdampf eingesetzt, dessen Temperatur jedoch produktspezifisch angewandt wird. Dennoch kann angenommen werden, dass bei industriellen Herstellungsverfahren für Gewürze geringe Konzentrationen von enteroaggregativem EHEC O104:H4 eliminiert werden würden.

Bei der Bestrahlung von Gewürzen und getrockneten aromatischen Kräutern darf gemäß § 1, Abs. 2, Nr. 1 der Verordnung über die Behandlung von Lebensmitteln mit Elektronen-, Gamma- und Röntgenstrahlen, Neutronen oder ultravioletten Strahlen (Lebensmittelbestrahlungsverordnung – LMBestV) die durchschnittliche absorbierte Gesamtdosis 10 Kilogray nicht übersteigen. Diese Strahlendosis wäre geeignet, um möglicherweise in geringer Menge vorkommende enteroaggregative EHEC O104:H4 abzutöten.

Bockshornkleesamen werden zudem auch „pur“ oder als Samenmehl zum Würzen bzw. zur eigenen Herstellung von Gewürzmischungen angeboten.

Außerdem werden Bockshornkleesamen zur Herstellung bestimmter Senfspezialitäten eingesetzt. Die Herstellung von Senf beinhaltet im Wesentlichen Mahl- und Mischprozesse sowie eine gewisse Gärzeit, um das typische Senfaroma zu erzeugen. Während der Mahlvorgänge dürfen Temperaturen von 50 °C nicht überschritten werden, damit die flüchtigen Aromastoffe erhalten bleiben. Traditionell hergestellte Senfsorten enthalten in der Regel keine Konservierungsstoffe. Sollte bei der Senfherstellung Bockshornklee-Samenmehl verarbeitet werden, ist nicht zu erwarten, dass durch die Prozesse der Senfherstellung möglicherweise vorhandene enteroaggregative EHEC O104:H4 vollständig abgetötet werden. Deshalb sollten Erzeugnisse aus Bockshornkleesamen, die zu Senf weiterverarbeitet werden, vor der Zugabe mit einem geeigneten keimreduzierenden Verfahren behandelt werden.

Bockshornkleesamenextrakt wird aus geschmacklichen Gründen auch flüssigen Würzsoßen (z.B. Soja- und Fischsoßen) zugesetzt. Es ist davon auszugehen, dass die vorhandene Bakterienkonzentration durch den Extraktionsschritt reduziert wird. Ob dieser Effekt jedoch zu einer vollständigen Eliminierung möglicherweise vorhandener enteroaggregativer EHEC O104:H4 führt, kann derzeit nicht abgeschätzt werden. Sollte bei der Zubereitung der Würzsoßen eine weitere Erhitzung auf mindestens 72 °C erfolgen, ist ein Überleben des Erregers unwahrscheinlich.

## **Tee**

Erzeugnisse aus Bockshornkleesamen sind auch in bestimmten Stilltees enthalten (Aufgussbeutel). Es ist nach derzeitigem Kenntnisstand davon auszugehen, dass das Aufbrühen mit kochendem Wasser und mindestens 5-minütige Ziehenlassen des Tees äußerlich anhaftende EHEC-Keime ausreichend abtöten könnte, sodass keine Infektionsgefahr mehr bestünde, da die Samen selbst nicht verzehrt werden.

## **Nahrungsergänzungsmittel**

Es gibt eine Vielzahl von Nahrungsergänzungsmitteln, z.B. in Form von Kapseln, welche Erzeugnisse aus Bockshornkleesamen häufig in Verbindung mit anderen Komponenten enthalten. Verarbeitet wird Samenextrakt oder -pulver, wobei die Überlebensfähigkeit von EHEC in Samenpulver höher sein dürfte als in Samenextrakten. Aufgrund der Vielzahl der in diesem Bereich tätigen Hersteller und verwendeten Herstellungsverfahren kann keine allgemeine Aussage zur Überlebensfähigkeit von EHEC in Nahrungsergänzungsmitteln getätigt werden. Nach Kenntnis des BfR wird bei manchen Produkten „aktivierter Bockshornklee“ verwendet, zur Aktivierung werden die Samen einer speziellen thermischen Behandlung unterzogen. Häufig wird aber bei der Herstellung dieser Präparate bewusst auf eine thermische Prozessierung der Samen verzichtet. Insbesondere bei diesen Präparaten muss davon ausgegangen werden, dass vorhandene EHEC-Bakterien überleben können.

In der Vergangenheit sind bereits Fälle bekannt geworden, bei denen eine Kontamination von Nahrungsergänzungsmitteln zu Erkrankungen führte, z.B. durch Salmonellen in hanfba-

sierten Produkten. Verschiedene Hersteller weisen explizit auf eine thermische Behandlung ihrer Produkte bzw. der einzelnen Zutaten hin.

#### 6.2.3.1.4 Risikocharakterisierung

Nachfolgend wird das Verbraucherrisiko charakterisiert, das von unterschiedlich behandelten Erzeugnissen aus mit dem gefährlichen Keim kontaminierten Bockshornkleesamen ausgeht, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet wurden. Nicht betrachtet wird das Risiko, dass EHEC-Bakterien auf einer Vielzahl von abiotischen Flächen Biofilme bilden können und daher auch alle während der Handhabung von kontaminierten Samen und Erzeugnissen daraus verwendeten Gerätschaften zu einer kontinuierlichen Kontamination beitragen können.

##### Situation 1:

Mit enteroaggregativem EHEC O104:H4 kontaminierte Bockshornkleesamen wurden zu Lebensmitteln (außer Sprossen und Keimlingen) weiterverarbeitet und vorher gar nicht oder nur unzureichend behandelt, sodass der Erreger nicht vollständig abgetötet wurde.

Es ist möglich, dass Material aus dem Lagerbestand mindestens einer kontaminierten Bockshornklee-Samencharge in einem Herstellerbetrieb für Lebensmittel einschließlich Nahrungsergänzungsmitteln zur Verwendung kam. Sollten kontaminierte Bockshornkleesamen verarbeitet worden sein, ohne dass sie vorher ausreichend behandelt wurden, muss in Abhängigkeit von weiteren technologischen Effekten mit einem Überleben des Erregers in Käse, Senf, Tee-Aufgussbeuteln und Nahrungsergänzungsmitteln gerechnet werden.

Das Risiko einer Infektion mit enteroaggregativem EHEC O104:H4 bestünde insbesondere beim unmittelbaren Verzehr dieser Käse und Senfsorten sowie von Nahrungsergänzungsmitteln mit Bockshornkleesamen und -samenpulver. Weitere Krankheitsausbrüche durch enteroaggregativen EHEC O104:H4 wären möglich.

Eine Infektion nach Verzehr von Nahrungsergänzungsmitteln und flüssigen Würzsoßen aus Samenextrakt wäre hingegen wenig wahrscheinlich. Bei sachgerechter Zubereitung von Tee bestünde nach derzeitiger Einschätzung kein Infektionsrisiko.

##### Situation 2:

Mit enteroaggregativem EHEC O104:H4 kontaminierte Bockshornkleesamen wurden zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet und vorher so behandelt, dass der Erreger vollständig abgetötet wurde.

Sollten kontaminierte Bockshornkleesamen vor der weiteren Verarbeitung ausreichend behandelt worden sein und wäre eine Rekontamination mit enteroaggregativen EHEC O104:H4 unmöglich, kann davon ausgegangen werden, dass auch von Käsesorten, Senf und Nahrungsergänzungsmitteln mit Erzeugnissen aus Bockshornkleesamen keine Gefahr für die menschliche Gesundheit ausgeht.

#### 6.2.3.1.4.1 Bewertung der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung

Die gesundheitlichen Beeinträchtigungen sind als schwer zu beurteilen. Es handelt sich um ein sehr schweres Krankheitsbild, das von blutigem Durchfall über Nierenversagen mit Dialysepflicht und schweren neurologischen Symptomen bis zum Tode führen kann. Wie lange die gesundheitlichen Schäden bestehen bleiben, ob sie zu chronischen Verläufen (z.B. in

Form bleibender Nierenschäden) führen oder reversibel sind und welche Spätschäden auftreten können, kann zum augenblicklichen Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden. Auch weitere Todesfälle können nicht ausgeschlossen werden.

#### 6.2.3.1.4.2 Bewertung der Qualität der Daten

### **Verarbeitungsverfahren**

Der derzeitige Kenntnisstand zur Verwendung von Bockshornkleesamen außerhalb der Sprossenproduktion sowie der Herstellungsverfahren für Produkte, die Bockshornkleesamen enthalten, ist gering. Die Herstellungsverfahren können abhängig von Hersteller und Produkt sehr unterschiedlich sein und sind dem BfR deshalb im Einzelnen nicht bekannt.

### **Tenazität des Erregers**

Die Qualität der Daten bezogen auf den Ausbruchserreger ist als sehr lückenhaft einzuschätzen. Zur Abschätzung der möglichen Gefahren wurden daher als Leitkeime EHEC-Erreger und EAggEC herangezogen. Doch auch bei diesen Keimarten sind die Daten als unvollständig hinsichtlich der zu bewertenden Produkte und betrachteten Herstellungsverfahren anzusehen. Diese Unsicherheit wurde bei der Bewertung entsprechend berücksichtigt.

#### 6.2.4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Rückverfolgung von Samenlieferungen in Deutschland und anderen EU-Staaten durch die deutschen Behörden und die Task Force der EFSA haben ergeben, dass bestimmte Chargen von Bockshornkleesamen mit den EHEC-Ausbrüchen in Deutschland und Frankreich in Verbindung stehen, was durch die Risikobewertung der EFSA und ECDC vom 29. Juni 2011 bestätigt wurde. Nach Angaben der EFSA wurden diese Chargen aus Ägypten importiert.

Bockshornkleesamen werden nicht nur für die Sprossenherstellung verwendet, sondern finden sich in einer Vielzahl verschiedener Produkte, beispielsweise in Currygewürz und Nahrungsergänzungsmitteln. Dem BfR ist derzeit nicht bekannt, ob Material aus dem Lagerbestand mindestens einer kontaminierten Bockshornklee-Samencharge in einem Herstellerbetrieb für Lebensmittel einschließlich Nahrungsergänzungsmitteln zur Verwendung kam.

Bisher gibt es keine Evidenz, dass außer Sprossen auch andere, aus Bockshornkleesamen hergestellte Produkte enteroaggregative EHEC-O104:H4-Infektionen verursacht haben. Dennoch muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass vereinzelte Erreger unter bestimmten Bedingungen in oder auf den Samen überleben und sich im Darm des Menschen wieder vermehren können. Für den Zeitraum, in dem der Erreger auf oder in Samen überlebensfähig ist, besteht daher bei unzureichend behandelten Samen die Möglichkeit einer Übertragung des Erregers auf den Menschen über die Samen selbst oder über daraus hergestellte Produkte.

Es liegen wenig oder fast keine Kenntnisse über das Verhalten und die Überlebensfähigkeit enteroaggregativer EHEC O104:H4 allein oder als Teil eines Biofilms in der Umwelt, auf oder in Lebensmitteln und im Hinblick auf eine mögliche Kolonisation von Tieren vor. Die Risikobewertung inklusive der abgeleiteten Empfehlungen stützt sich deshalb weitgehend auf Erkenntnisse zum Verhalten anderer EHEC-Stämme (z.B. EHEC O157:H7) unter der Annahme, dass enteroaggregative EHEC O104:H4 eine vergleichbare Tenazität aufweisen. Zur

Bewertung der Tenazität des Ausbruchserregers O104:H4 ist die Durchführung weiterer wissenschaftlicher Studien notwendig.

In der wissenschaftlichen Literatur werden überwiegend Kombinationen verschiedener Behandlungsverfahren für Sprossensamen beschrieben, die eine Keimreduktion um 5 log-Stufen bei Erhalt der Keimfähigkeit sicherstellen sollen, obwohl in dieser Matrix nur geringe Konzentrationen an pathogenen Keimen erwartet werden. Dies ist für Samen zur Sprossherstellung notwendig, weil durch die mesothermen und feuchten Bedingungen während der Sprossenanzucht ein erhebliches Keimwachstum stattfindet.

Aus Sicht des BfR ist es nicht erforderlich, vergleichbare Anforderung an die Dekontamination von Bockshornkleesamen zu stellen, welche zu anderen Produkten außer Sprossen weiterverarbeitet werden, sofern keine Vermehrung von enteroaggregativem EHEC O104:H4 nach Zugabe der Samen erfolgen kann. Unter dieser Voraussetzung sieht das BfR Behandlungsverfahren für diesen Zweck als geeignet an, die den Modellkeim EHEC O157:H7 in und auf Samen um mindestens 2 log-Stufen reduzieren können.

Dazu können Erhitzungsverfahren angewandt werden, wie sie auch für andere Lebensmittel üblich sind. Aus geschmacklichen und technologischen Gründen werden Bockshornkleesamen vor der Zugabe zu Lebensmitteln üblicherweise erhitzt. Eine Erhitzung auf mindestens 72 °C für 2 Minuten im Kern oder eine in der Wirkungsweise vergleichbare Temperatur-Zeit-Kombination ist für die Abtötung des Erregers in den meisten Lebensmitteln geeignet. Das trifft auch für die Abtötung des Erregers in Samen zu, sofern ein feuchtes Milieu vorliegt (z.B. durch Einsatz von Heißwasserdampf). Bei alleiniger Anwendung von Trockenhitze sind bei Temperaturen um die 70 °C Erhitzungszeiten von mehreren Stunden erforderlich. Außerdem wird vom BfR das Bestrahlen der Samen, wie für Gewürze nach Lebensmittelbestrahlungsverordnung zugelassen, als hinreichend für diesen Verwendungszweck eingeschätzt.

Chemische Behandlungsverfahren, inklusive Einsatz von Chlurlösungen oder Zusatz von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), sind grundsätzlich nicht dazu geeignet, Erreger, die sich möglicherweise im Inneren der Bockshornkleesamen befinden, zu eliminieren.

Vor dem Hintergrund der Schwere der Erkrankungen werden vom BfR nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher folgende Empfehlungen zur Risikominimierung ausgesprochen, auch wenn es bisher keine Anhaltspunkte dafür gibt, dass in Deutschland andere Produkte als Sprossen Infektionen mit enteroaggregativen EHEC O104:H4 ausgelöst haben:

1. Empfänger zurückgerufener Bockshornklee-Samenchargen sollten notwendige Maßnahmen der Risikominimierung hinsichtlich ihrer eigenen Lagerbestände sowie ihrer hergestellten Produkte treffen. Deshalb sollten sie prüfen, ob ihre Herstellungsverfahren geeignet sind, den Erreger in und auf den Bockshornkleesamen vollständig abzutöten, sodass von den Produkten für Menschen kein Infektionsrisiko ausgeht und kein Eintrag in die Umwelt erfolgt. Im Zweifelsfall sollten sie die hergestellten Produkte vom Markt nehmen. Die Empfänger dieser Chargen sollten außerdem abklären, ob eine Kreuzkontamination weiterer Rohstoffe bei der Lagerung oder bei der Verarbeitung der Samen stattgefunden haben kann.
2. Die zuständigen Überwachungsbehörden sollten Empfänger von Bockshornklee-Samenchargen, die nach den Erkenntnissen aus der in Deutschland und auf EU-Ebene durchgeführten Rück- und Vorwärtsverfolgung mit enteroaggregativen EHEC O104:H4 kontaminiert sein könnten, auf die mögliche Gesundheitsgefahr ausgehend von den Samen sowie daraus hergestellter Produkte hinweisen. Nachfolgend sollten sie gemeinsam mit dem Betrieb prüfen, ob die Einleitung von Maßnahmen zur Risikominimierung notwendig ist.

3. Lebensmittelunternehmen, die Bockshornkleesamen weiterverarbeiten, sollten die im Rahmen des HACCP- (Hazard Critical and Control Points-)Konzepts durchzuführende Gefahrenanalyse anlässlich des EHEC-O104:H4-Ausbruchs überprüfen und ggf. anpassen. Da pathogene Keime möglicherweise über die Wurzeln auch in das Innere von Pflanzen eindringen können, sollten auch Samen in jedem Fall vor der Weiterverarbeitung so behandelt werden, dass ggf. im Samenkern vorhandene Krankheitserreger sicher abgetötet werden.
4. Verbraucherinnen und Verbraucher sollten Kräutertees, auch solche mit Bockshornkleesamen, mit sprudelnd kochendem Wasser aufgießen und mindestens 5 Minuten ziehen lassen. Da Kräutertees mit Krankheitserregern belastet sein können, ist Wasser aus Heißwasserspendern grundsätzlich nicht für die Zubereitung von Kräutertees geeignet. Darauf hatte das BfR bereits im Jahr 2005 in einer Stellungnahme hingewiesen.
5. Das BfR empfiehlt Verbraucherinnen und Verbrauchern, Bockshornkleesamen vor der Weiterverarbeitung im Privathaushalt z.B. durch Rösten in der Pfanne kräftig zu erhitzen, um ggf. auf oder in den Samenkörnern vorhandene Krankheitserreger abzutöten. Noch vorhandenes Samenmehl und daraus selbst hergestellte Gewürzmischungen aus unbehandelten Bockshornkleesamen sollten vorsichtshalber nicht verzehrt, sondern im Restmüll entsorgt werden.
6. Grundsätzlich rät das BfR, die Überlebensfähigkeit und das Wachstumsverhalten von enteroaggregativen EHEC O104:H4 im Rahmen von wissenschaftlichen Tenazitätsstudien weiter zu erforschen.

#### 6.2.5 Referenzen

- Arnold, K. W., Kaspar, C. W. 1995. Starvation- and stationary-phase-induced acid tolerance in *Escherichia coli* O157:H7. *Appl Environ Microbiol* 61, 2037–2039
- Basaran-Akgul et al. 2009. Inactivation of different strains of *Escherichia coli* O157:H7 in various apple ciders treated with dimethyl dicarbonate (DMDC) and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) as an alternative method. *Foodmicrobiology* 26, 8–15
- Beuchat, L.R., Scouten, A.J. 2002. Combined effects of water activity, temperature and chemical treatments on the survival of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J Appl Microbiol* 92, 382–395
- BfR, Stellungnahme Nr. 045/2005 vom 13. September 2005. Temperierte Heißwasserspender für Kräuterteeaufgüsse nicht geeignet  
[www.bfr.bund.de/cm/343/temperierte\\_heisswasserspender\\_fuer\\_kraeuterteeaufguesse\\_nicht\\_geeignet.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/temperierte_heisswasserspender_fuer_kraeuterteeaufguesse_nicht_geeignet.pdf)
- Brackett, R. E., Hao, Y-Y., Doyle, M. P. 1994. Ineffectiveness of hot acid sprays to decontaminate *Escherichia coli* O157:H7 on beef. *J Food Prot* 57, 198–203  
[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147330990100144X?\\_fmt=full&\\_origin=&md5=7bcf780d0ad55e08c858017474822c86&ref=full](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147330990100144X?_fmt=full&_origin=&md5=7bcf780d0ad55e08c858017474822c86&ref=full)
- Cassar, C. A., Ottaway, M., Paiba, G. A., Futter, R., Newbould, S., Woodward, M. J. 2004. Absence of enteroaggregative *Escherichia coli* in farmed animals in Great Britain. *Vet Rec* 154, 237–239
- CCFH. 2010. Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables. CAC/RCP 53-2003. In: FOA/WHO: Fresh Fruits and Vegetables. First Edition. ISBN 978-92-5-105839-8, 2007. Revision 2010 (new Annex III for Fresh Leafy Vegetables).  
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1389e/a1389e00.pdf>
- Cheville AM, Arnold KW, Buchrieser C, Cheng CM, Kaspar CW. 1996. rpoS regulation of acid, heat, and salt tolerance in *Escherichia coli* O157: H7. *Appl Environ Microbiol* 62, 1822–1824
- Dong Y, Iniguez AL, Ahmer BM, Triplett EW. 2003. Kinetics and strain specificity of rhizosphere and endophytic colonization by enteric bacteria on seedlings of *Medicago sativa* and *Medicago truncatula*. *Appl Environ Microbiol* 69, 1783–1790

- EFSA. 2011. Technischer Bericht der EFSA: „Tracing seeds, in particular fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds, in relation to the Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O104:H4 2011 Outbreaks in Germany and France“ vom 05. Juli 2011
- EU-Kommission. 2011. Durchführungsbeschluss der Kommission vom 06. Juli 2011 über Sofortmaßnahmen hinsichtlich Bockshornkleesamen sowie bestimmter Samen und Bohnen aus Ägypten. (2011/402/EU)
- Prof. M. Exner, Universität Bonn, persönliche Mitteilung vom 21. Juni 2011
- Fett, W., Tortorello, M.L., Fu, T.J. 2005. Seed sprouts: the state of microbiological safety. *Microbiology of Fresh Produce*, 167–219
- Itoh, Y., Nagano, I., Kunishima, M., Ezaki, T. 1997. Laboratory investigation of enteroaggregative *Escherichia coli* O untypeable:H10 associated with a massive outbreak of gastrointestinal illness. *J Clin Microbiol* 35, 2546–2550
- Mahon, B.E., Ponka, A., Hall, W., Komatsu, K., Beuchat, L., Shiflett, S., Siitonen, A., Cage, G., Lambert, M., Hayes, P., Bean, N., Griffin, P., Slutsker, L. 1997. An international outbreak of *Salmonella* infections caused by alfalfa sprouts grown from contaminated seed. *J Infect Dis* 175, 876–882
- Mathusa, E.C., Chen, Y.H., Enache, E., Hontz, L. 2010. Non-O157 Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* in Foods. *J. Food Prot* 73 (9), 1721–1736
- Miller, L., Kaspar, C. W. 1994. *Escherichia coli* O157:H7 acid tolerance and survival in apple cider. *J Food Prot* 57, 460–464
- Morabito, S., Karch, H., Mariani-Kurkdjian, P., Schmidt, H., Minelli, F., Bingen, E., Caprioli, A. 1998. Enteroaggregative, Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O111:H2 associated with an outbreak of hemolytic-uremic syndrome. *J Clin Microbiol* 36, 840–842
- Morais, T. B., Gomes, T. A., Sigulem, D. M. 1997. Enteroaggregative *Escherichia coli* in infant feeding bottles. *Lancet* 349, 1448–1449
- Neetoo, H., Chen, H. 2011. Individual and combined application of dry heat with high hydrostatic pressure to inactivate *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *Food Microbiology* 28, 119–127
- Okeke, I. N., Nataro, J. P. 2001. Enteroaggregative *Escherichia coli*, *Lancet Infect Dis* 1, 304–313
- Olesen, I., Jespersen, L. 2010. Relative gene transcription and pathogenicity of enterohemorrhagic *Escherichia coli* after long-term adaptation to acid and salt stress. *Int J Food Microbiol* 141, 248–253
- Patel, J., Sharma, M., Ravishakar, S. 2011. Effect of curli expression and hydrophobicity of *Escherichia coli* O157:H7 on attachment to fresh produce surfaces. *J Appl Microbiol* 110, 737–745
- Puohiniemi, R., Heiskanen, T., Siitonen, A. 1997. Molecular epidemiology of two international sprout-borne *Salmonella* outbreaks. *J Clin Microbiol* 35, 2487–2491
- Rajkowski K.T., Boyd, G., Thayer, D.W. 2003. Irradiation D-values for *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* sp. on inoculated broccoli seeds and effects of irradiation on broccoli sprout keeping quality and seed viability. *J Food Prot* 66 (5), 760–766
- Saldaña, Z., Xicohtencatl-Cortes, J., Avelino, F., Phillips, A. D., Kaper, J. B., Puente, J. L., Girón, J. A. 2009. Synergistic role of curli and cellulose in cell adherence and biofilm formation of attaching and effacing *Escherichia coli* and identification of Fis as a negative regulator of curli. *Environmental Microbiology* 11, 992–1006
- Scheutz, F., Møller Nielsen, E., Frimodt-Møller, J., Boisen, N., Morabito, S., Tozzoli, R. 2011. Characteristics of the enteroaggregative Shiga toxin/verotoxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 strain causing the outbreak of haemolytic uraemic syndrome in Germany, May to June. *Euro Surveill* 16:pii=19889
- Stewart, D. S., Reineke, K. F., Tortorello, M. 2002. Comparison of Assurance Gold *Salmonella* EIA, BAX for screening *Salmonella*, and GENE-TRAK *Salmonella* DLP rapid assays for detection of *Salmonella* in alfalfa sprouts and sprout irrigation water. *J AOAC Int* 85, 395–403
- Stöcker, C. 2002. Vorkommen von shigatoxinbildenden *Escherichia coli* (STEC) bei verschiedenen Nutz- und Kleintieren, Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

- Stopforth, J. D., Samelis, J., Sofos, J. N., Kendall, P. A., Smith, G. C. 2003. Influence of extended acid stressing in fresh beef decontamination runoff fluids on sanitizer resistance of acid-adapted *Escherichia coli* O157:H7 in biofilms. *J Food Prot* 66, 2258–2266
- Takeuchi, K., Matute, C. M., Hassan, A. N., Frank, J. F. 2000. Comparison of the attachment of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, and *Pseudomonas fluorescens* to lettuce leaves. *J Food Prot* 63, 1433–1437
- Thayer, D.W., Rajkowski, K.T., Boyd, G., Cooke, P.H., Soroka, D.S. 2003. Inactivation of *Escherichia coli* and *Salmonella* by gamma irradiation of alfalfa seed intended for production of food sprouts. *J. Food Prot* 66 (2), 175–181
- Uber, A.P., Trabulsi, L.R., Irino, K., Beutin, L., Ghilardi, A.C.R., Gomes, T.A.T., Liberatore, A.M.A., de Castro, A.F.P., Elias, W.P. 2006. Enteroaggregative *Escherichia coli* from humans and animals differ in major phenotypical traits and virulence genes. *FEMS Microbiology Letters* 256, 251–257
- Verordnung über die Behandlung von Lebensmitteln mit Elektronen-, Gamma- und Röntgenstrahlen, Neutronen oder ultravioletten Strahlen (Lebensmittelbestrahlungsverordnung – LMBestV)
- Vigil, K.J., Jiang, Z.D., Chen, J.J. 2009. Coliform and *Escherichia coli* contamination of desserts served in public restaurants from Guadalajara, Mexico, and Houston, Texas. *Am J Trop Med Hyg* 80, 606–608
- Waite, J.G., Daeschel, M.A. 2007. Contribution of wine components to inactivation of food-borne pathogens. *Journal of Food Science* 72 (7), M286–291
- Weber, H. 2003. Technologien für sichere Produkte – Überblick über die Möglichkeiten zur Entkeimung von Gewürzen, 1. Teil. *Fleischwirtschaft* 7/03, 33–36
- Wilson, A., Evans, J., Chart, H., Cheasty, T., Wheeler, J.G., Tompkins, D., Smith, H.R. 2001. Characterisation of strains of enteroaggregative *Escherichia coli* isolated during the infectious intestinal disease study in England. *Eur J Epidemiol* 17, 1125–1130
- Zweifel, C., Giezendanner N., Corti S., Krause G., Beutin L., Danuser J., Stephan R. 2010. Characteristics of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* isolated from swiss raw milk cheese within a 3-year monitoring programme. *J Food Prot* 73 (1), 88–91

### Internetquellen

[www.kraeuterland.net/Heilpflanzen/bockshornklee.shtml](http://www.kraeuterland.net/Heilpflanzen/bockshornklee.shtml)

[www.bockshornsamen.de](http://www.bockshornsamen.de)

[www.dein-senf.de/senfherstellung.html](http://www.dein-senf.de/senfherstellung.html)

[www.wdr.de/tv/servicezeit/extras/dossier\\_essen\\_ist\\_leben/unsere\\_lebensmittel/kraeuter/senf.jsp](http://www.wdr.de/tv/servicezeit/extras/dossier_essen_ist_leben/unsere_lebensmittel/kraeuter/senf.jsp)

### 6.3 Stellungnahme Nr. 049/2011 des BfR vom 23. November 2011: EHEC-Ausbruch 2011: Aktualisierte Analyse und abgeleitete Handlungsempfehlungen

Der EHEC-O104:H4-Ausbruch im Frühsommer 2011 in Deutschland ist beendet. Die Untersuchungen in Deutschland und in der Europäischen Union sind abgeschlossen. Als Ursache des Ausbruchs werden aus Ägypten importierte Bockhornklee Samen angesehen, welche in einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb und von Privatpersonen zur Sprossenproduktion verwendet wurden. Wo und wie die Samen mit dem Ausbruchserreger in Kontakt kamen, ließ sich nicht ermitteln.

In Deutschland und Europa wurden Arbeitsgruppen (Task-Force-Einheiten) gebildet, um das Lebensmittel, was Auslöser für den Ausbruch war, zu identifizieren und die Vertriebswege der verdächtigen Samenchargen zurückzuverfolgen. Das Lebensmittel- und Veterinäramt der Europäischen Kommission (FVO) führte Ermittlungen in Ägypten durch. Diese ergaben Mängel bei der Erzeugung von Samen für den menschlichen Verzehr. EHEC O104:H4 wurde in den Samen aus Ägypten allerdings nicht nachgewiesen. Es ist davon auszugehen, dass die Erreger auf bzw. in Samen nur in einer sehr geringen Keimzahl vorhanden und in den Chargen ungleichmäßig verteilt sind, wodurch sie sich schlecht nachweisen lassen. Daher bedeutet ein negatives Untersuchungsergebnis nicht, dass EHEC O104:H4 in den Samen nicht vorhanden war.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat nach Abschluss der Rückrufmaßnahmen verdächtiger Chargen von Bockhornklee Samen aus Ägypten eine Analyse der verfügbaren Informationen vorgenommen und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Grundsätzlich ist der Verzehr roher Sprossen mit einem Erkrankungsrisiko verbunden. Auch das Gremium für biologische Gefahren der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) kommt in ihrer am 15. November 2011 veröffentlichten Stellungnahme zu dem Schluss, dass Sprossen aus Sicht der Lebensmittelsicherheit mikrobiologisch bedenklich sind. Die Gründe dafür sind, dass die Samen mit Krankheitserregern kontaminiert sein können und die Anzuchtbedingungen für Sprossen eine Vermehrung von Krankheitserregern begünstigen. Hinzu kommt, dass Sprossen vor dem Verzehr oft gar nicht oder nur leicht erhitzt werden. Verbraucher würden möglicherweise vorhandene Krankheitserreger auf den Sprossen mitessen, denn auch durch leichtes Erhitzen werden diese nicht sicher abgetötet.

Deshalb sollten bei Anbau, Lagerung, Behandlung und Transport von Samen zur Sprossherstellung strenge hygienische Anforderungen beachtet werden, um das Risiko einer Kontamination mit Krankheitserregern so gering wie möglich zu halten. Sprossenproduzenten wird außerdem geraten, nur Samen zu verwenden, die zu diesem Zweck angebaut wurden. Ebenso sollten möglichst vor Anzucht geeignete keimreduzierende Verfahren eingesetzt werden, insbesondere wenn die Sprossen zum Rohverzehr bestimmt sind.

Das BfR weist Verbraucherinnen und Verbraucher darauf hin, dass sich Krankheitserreger durch Kochen und Braten der Sprossen abtöten lassen. Personen mit geschwächter Immunabwehr sollten deshalb Sprossen vorsichtshalber nur nach ausreichender Erhitzung verzehren. Sprossen, die roh verzehrt werden, sollten zur Verringerung der Keimbelastung gründlich gewaschen und möglichst schnell verbraucht werden. Krankheitserreger lassen sich durch das Waschen jedoch nicht sicher eliminieren. Vor Oktober 2011 gekaufte Bockhornklee Samen sollten vorsichtshalber nicht ausgesprosst werden. Sie sollten zu erhitzten Gerichten verarbeitet oder über den Hausmüll entsorgt werden.

#### 6.3.1 Gegenstand der Bewertung

Von Mai bis Juli 2011 kam es in Deutschland zu einem gehäuften Auftreten von Erkrankungsfällen mit dem hämolytisch-urämischem Syndrom (HUS) und blutigen Diarrhöen im Zu-

sammenhang mit einer Infektion durch enterohämorrhagische *Escherichia coli* (EHEC) des Serotyps O104:H4. Mittels DNA-Sequenzanalyse wurde festgestellt, dass der Ausbruchstamm wesentlich mehr Gemeinsamkeiten mit den enteroaggregativen *Escherichia coli* (EAggEC) als mit den herkömmlichen EHEC hat. Der Ausbruchserreger wird deshalb auch als enteroaggregativer EHEC O104:H4 oder EAggEC O104:H4 bezeichnet. Zur besseren Lesbarkeit wurde in der vorliegenden Bewertung die Bezeichnung „EHEC O104:H4“ gewählt.

Das Erkrankungsgeschehen betraf ganz Deutschland, aber vor allem Norddeutschland. Insgesamt wurden dem Ausbruch nach Angaben des Robert Koch-Instituts (RKI) 2.987 Fälle von blutigem Durchfall und 855 Fälle mit HUS zugeordnet; 53 Personen verstarben infolge der Infektion. Aus Ägypten importierte Bockshornkleesamen, welche in einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb und von Privatpersonen zur Sprossenproduktion verwendet wurden, werden nach Abschluss der Ausbruchsuntersuchung als Ursache des Erkrankungsgeschehens angesehen.

Zum Schutz der Bevölkerung vor Infektionen mit dem Erreger EHEC O104:H4 hatten die Bundesbehörden am 10. Juni 2011 empfohlen, vorsorglich bis auf weiteres Sprossen und Keimlinge nicht roh zu verzehren.

Am 24. Juni 2011 berichtete Frankreich über eine Häufung von HUS-/EHEC-Fällen in der Nähe von Bordeaux mit Erkrankungsbeginn zwischen dem 15. und 20. Juni 2011. Nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen sind der französische und der deutsche Ausbruchstamm genetisch verwandt und weisen das gleiche Virulenz- und Resistenzprofil auf. Insofern ist davon auszugehen, dass die bei den Ausbrüchen in Deutschland und Frankreich im Frühsommer 2011 isolierten EHEC-O104:H4-Stämme identisch sind.

Die in der Nähe von Bordeaux erkrankten Personen hatten Sprossen verzehrt, die in einem französischen Freizeitheim für Kinder aus drei verschiedenen Samenarten produziert worden waren. Allein Bockshornkleesprossen waren sowohl in der in Frankreich verzehrten Sprossenmischung als auch in Sprossenmischungen des niedersächsischen Gartenbaubetriebs enthalten, welche in Deutschland mit EHEC-O104:H4-Erkrankungen in Verbindung gebracht wurden. Auch in einem niedersächsischen Haushalt waren mehrere Personen nach dem Verzehr von selbstgezogenen Sprossen aus einer Samenmischung erkrankt, in der unter anderem Bockshornkleesamen enthalten waren.

Anlässlich der staatenübergreifenden Bedeutung der EHEC-O104:H4-Ausbrüche in Deutschland und Frankreich wurde Ende Juni 2011 bei der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eine Task Force unter deutscher Beteiligung etabliert, welche die weiteren Ermittlungen zur Ausbruchsauflärung auf EU-Ebene koordinierte. Bockshornkleesamen, die aus Ägypten importiert wurden, konnten im Rahmen der epidemiologischen staatenübergreifenden Rückverfolgungsuntersuchungen mit hoher Wahrscheinlichkeit als Ursache für die EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen in Deutschland und Frankreich identifiziert werden. Die Rückverfolgung der in Frankreich verwendeten Bockshornklee-Samencharge ergab, dass eine bestimmte, im Jahr 2009 hergestellte Bockshornklee-Samencharge über denselben in Deutschland ansässigen Zwischenhändler auch an einen niedersächsischen Gartenbaubetrieb geliefert und dort im Frühjahr 2011 zur Sprossenproduktion eingesetzt wurde. Daneben wurde in dem niedersächsischen Gartenbaubetrieb im April und Mai 2011 noch eine weitere, im Jahr 2010 produzierte Bockshornklee-Samencharge für die Sprossenproduktion eingesetzt, die über denselben Zwischenhändler angeliefert wurde.

Am 05. Juli 2011 hat die EFSA einen technischen Bericht zu den Ermittlungsergebnissen der europäischen Task Force über die Warenströme verdächtiger Samenchargen vorgelegt. Demnach wurden zwischen Dezember 2009 und Februar 2011 mindestens 37 Tonnen Bockshornkleesamen aus Ägypten nach Deutschland importiert. Zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher hat die Europäische Kommission am 06. Juli 2011 Maßnahmen

ergriffen. Die Kommission ordnete den Rückruf und die unschädliche Beseitigung der im Zeitraum 2009–2011 aus Ägypten importierten und im Rahmen der Rückverfolgung auf EU-Ebene ermittelten Chargen Bockshornkleesamen an. Außerdem verhängte sie bis zum 31. Oktober 2011 ein Importverbot für bestimmte Samen aus Ägypten (Durchführungsbeschluss der Kommission vom 06. Juli 2011, 2011/402/EU).

Zuständig für die Umsetzung dieses Durchführungsbeschlusses sind die betroffenen Lebensmittelunternehmer, deren Kontrolle hingegen den Lebensmittelüberwachungsbehörden der Länder obliegt. Betroffene Länder haben Daten zum Vertrieb bzw. zu den noch vorhandenen Restbeständen erhoben und Ermittlungsergebnisse über das Schnellwarnsystem für Lebens- und Futtermittel der Europäischen Union (RASFF) kommuniziert. Außerdem wurden im Rahmen der risikoorientierten Betriebskontrollen Möglichkeiten der Kreuzkontamination beim Importeur, bei Zwischenhändlern und Sprossenherstellern geprüft.

Weder das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) noch das BfR hatten im Juli 2011 von den Länderbehörden Hinweise erhalten, dass eine Kreuzkontamination anderer Samenarten stattgefunden hat. Dadurch war es möglich, die Verzehrsempfehlung vom 10. Juni 2011 zu konkretisieren. Zum Schutz der Bevölkerung vor Infektionen mit EHEC O104:H4 haben die deutschen Bundesbehörden am 21. Juli 2011 empfohlen, vorsorglich bis auf Weiteres aus Ägypten importierte Bockshornkleesamen sowie Sprossen und Keimlinge, die aus diesen Samen gezogen wurden, nicht roh zu verzehren.

Die EFSA zog ihre Empfehlung, „keine Sprossen für den Eigengebrauch zu ziehen und Sprossen oder Keimlinge nur zu essen, wenn diese ausreichend gegart wurden“, in einer Pressemitteilung vom 03. Oktober 2011 zurück, nachdem sie von der Europäischen Kommission über den Abschluss der Rückverfolgungsaktivitäten entlang der Lebensmittelkette in den EU-Mitgliedstaaten informiert worden war.

Zur Ermittlung der eigentlichen Infektionsquelle der EHEC-O104:H4-Ausbrüche in Deutschland und Frankreich führte das Lebensmittel- und Veterinäramt der Europäischen Kommission (FVO) vom 21. bis 25. August 2011 in Ägypten ein Audit durch. Die FVO-Inspektoren bewerteten außerdem die Erzeugungs- und Verarbeitungsbedingungen bei Samen, die vermutlich Ursache für das Ausbruchsgeschehen waren. Die Ergebnisse des in Ägypten durchgeführten Audits ergaben Mängel bei der Erzeugung von Samen für den menschlichen Verzehr, die möglicherweise ausgekeimt werden. An den Erzeugungsorten für frische Hülsenfrüchte zum unmittelbaren menschlichen Verzehr wurden diese Mängel jedoch nicht festgestellt. Die Einfuhr von frischen oder gekühlten Leguminosen, ausgenommen Keimlingen, wurde daher mit einem geänderten Durchführungsbeschluss der Europäischen Kommission vom 06. Oktober 2011 wieder zugelassen.

Nach Auffassung der Europäischen Kommission minimieren die von den zuständigen Behörden in Ägypten getroffenen Maßnahmen die festgestellten Risiken nicht ausreichend. Die Europäische Kommission hat deshalb mit Durchführungsbeschluss der Kommission vom 28. Oktober 2011 die Einfuhrbeschränkungen vom 06. Oktober 2011 für bestimmte Samen und Bohnen aus Ägypten bis zum 31. März 2012 verlängert.

Auf Ersuchen der Europäischen Kommission führte das Gremium für biologische Gefahren der EFSA in den vergangenen Monaten eine Risikobewertung zur Erzeugungskette für Sprossen und Keimlinge in der EU durch. Am 15. November 2011 hat die EFSA die Stellungnahme „Scientific Opinion on the risk posed by Shiga toxin producing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds“ veröffentlicht.

Vor diesem Hintergrund hat das BfR eine Analyse der verfügbaren Informationen zu den zurückgerufenen Bockshornklee-Samenchargen aus Ägypten vorgenommen und Handlungsempfehlungen zur Herstellung und Behandlung von Sprossen und Keimlingen abgeleitet. Die

Stellungnahme soll die beiden bereits im Juli 2011 vom BfR publizierten Risikobewertungen zum EHEC-Ausbruch<sup>4</sup> ergänzen. Zur besseren Lesbarkeit werden Sprossen und Keimlinge in diesem Dokument fortan unter dem Begriff „Sprossen“ zusammengefasst.

### 6.3.2 Ergebnis

Der Krankheitsausbruch von EHEC O104:H4 im Frühsommer 2011 in Deutschland ist beendet. Es handelte sich nach Angaben des RKI um den bisher größten Krankheitsausbruch durch EHEC-Infektionen in Deutschland und bezogen auf die Anzahl der HUS-Fälle um den größten weltweit beschriebenen derartigen Ausbruch. Aus Ägypten importierte Bockshornkleesamen, welche in einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb und von Privatpersonen zur Sprossenproduktion verwendet wurden, werden nach Abschluss der Ermittlungen als Ursache des EHEC-Ausbruchs angesehen. Wo und wie die Samen mit dem Ausbruchserreger in Kontakt kamen, ist nicht bekannt. In den untersuchten Bockshornkleesamen war der Ausbruchserreger nicht nachweisbar. Ein negatives Untersuchungsergebnis bedeutet allerdings nicht, dass EHEC O104:H4 in den Samen nicht vorhanden war.

Der Rückruf verdächtiger Samenchargen hat das Risiko für Verbraucherinnen und Verbraucher, nach Rohverzehr von aus den Bockshornkleesamen hergestellten Sprossen an einer EHEC-Infektion zu erkranken, deutlich reduziert.

Unabhängig vom beendeten EHEC-Ausbruch ist der Verzehr roher Sprossen grundsätzlich mit einem nicht quantifizierbaren Risiko verbunden, an einer Lebensmittelinfektion zu erkranken. Die Gründe dafür sind, dass die verwendeten Samen mit Krankheitserregern kontaminiert sein können und die Anzuchtbedingungen für Sprossen eine Vermehrung von vorhandenen Krankheitserregern begünstigen. Außerdem werden Sprossen vor dem Verzehr gar nicht oder nur leicht erhitzt, wodurch Krankheitserreger überleben können. Auch das Gremium für biologische Gefahren der EFSA kommt zu dem Schluss, dass Sprossen aus Sicht der Lebensmittelsicherheit mikrobiologisch bedenklich sind.

Ausgehend von den Erkenntnissen der durchgeführten Ausbruchsuntersuchung leitet das BfR nach dem gegenwärtigen Wissensstand zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher vor lebensmittelbedingten Infektionen folgende Präventionsempfehlungen ab:

1. Bei Anbau, Lagerung, Behandlung, Transport und Analyse von Samen zur Sprossenproduktion sollten mindestens die Anforderungen des Codex Alimentarius (Annex 2 des CODEX Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables CAC/RCP 53/2003) beachtet werden.
2. Sprossenproduzenten wird geraten, nur Samen zu verwenden, die zu diesem Zweck angebaut wurden und den o.g. Anforderungen des Codex Alimentarius entsprechen. Die Samen sollten vor der Anzucht möglichst mit geeigneten keimreduzierenden Verfahren behandelt werden, insbesondere wenn die Sprossen auch zum Rohverzehr bestimmt sind. Die in der Literatur beschriebenen Verfahren müssen jedoch vor der Anwendung für die zu verwendenden Samenarten optimiert werden. Das Gremium für biologische Gefahren der EFSA empfiehlt, die Sicherheit und Wirksamkeit der Behandlungsverfahren für Samen auf EU-Ebene zu evaluieren und zu harmonisieren.
3. Sprossenproduzenten wird empfohlen, kritische Kontrollpunkte im Herstellungsprozess mittels mikrobiologischer Kontrollen in angemessenen Abständen zu überwachen, bei-

<sup>4</sup> Veröffentlicht unter

[www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung\\_von\\_sprossen\\_und\\_keimlingen\\_sowie\\_samen\\_zur\\_sprossenherstellung\\_im\\_ehec\\_o104\\_h4\\_ausbruchsgeschehen\\_im\\_mai\\_und\\_juni\\_2011.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung_von_sprossen_und_keimlingen_sowie_samen_zur_sprossenherstellung_im_ehec_o104_h4_ausbruchsgeschehen_im_mai_und_juni_2011.pdf)  
[www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung\\_von\\_ehec\\_o104\\_h4\\_in\\_bockshornkleesamen\\_die\\_zu\\_anderen\\_lebensmitteln\\_als\\_sprossen\\_und\\_keimlingen\\_weiterverarbeitet\\_werden.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung_von_ehec_o104_h4_in_bockshornkleesamen_die_zu_anderen_lebensmitteln_als_sprossen_und_keimlingen_weiterverarbeitet_werden.pdf)

spielsweise durch die Untersuchung von Zwischenprodukten (z.B. gekeimte Samen 48 Stunden nach Ansatz) und von Tupperproben aus dem Produktionsumfeld.

4. Lebensmittelunternehmer, die Samen zur Herstellung von Sprossen in Privathaushalten in den Verkehr bringen, sollten nur Samen verwenden, die zu diesem Zweck angebaut wurden und den o.g. Anforderungen des Codex Alimentarius entsprechen. Das BfR rät Inverkehrbringern solcher Sprossensamen, die bezogenen Samenchargen mikrobiologisch auf das Vorkommen von pathogenen Keimen zu untersuchen und die Samen ergänzend vor dem Abfüllen in Endverbraucherpackungen mit geeigneten keimreduzierenden Verfahren zu behandeln oder behandeln zu lassen.
5. Verbraucherinnen und Verbrauchern wird empfohlen, vor Oktober 2011 erworbene Bockshornkleesamen vorsichtshalber nicht auszusprossen. Die Samen sollten zu erhitzten Gerichten verarbeitet oder über den Hausmüll entsorgt werden.
6. Verbraucherinnen und Verbrauchern rät das BfR außerdem, für die eigene Herstellung von Sprossen nur Samen zu verwenden, die vom Hersteller für die Sprossenproduktion vertrieben werden.
7. Personen mit nicht ausgebildeter oder geschwächter Immunabwehr (Kleinkinder, Schwangere, alte und kranke Menschen) sollten Sprossen vorsichtshalber grundsätzlich nur nach ausreichender Erhitzung (Kochen, Braten) verzehren.
8. Sprossen sollten vor dem Rohverzehr zur Verringerung der Keimbelastung gründlich gewaschen und möglichst schnell verbraucht werden. Krankheitserreger lassen sich durch das Waschen jedoch nicht sicher eliminieren.
9. Allgemeine Regeln der Körper- und Küchenhygiene sollten eingehalten werden, um eine Mensch-zu-Mensch-Übertragung (Schmierinfektion) sowie eine Kontamination von Lebensmitteln mit Krankheitserregern zu vermeiden.

Im Hinblick auf die Prävention von lebensmittelbedingten Infektionen sollten das Wachstum und das Überleben von enteroaggregativen EHEC in verschiedenen Lebensmittelmatrices einschließlich Samen und Sprossen erforscht werden. Dabei sollte auch geprüft werden, welchen Einfluss die auf Sprossen vorhandene Begleitflora auf das Wachstum und das Überleben von Krankheitserregern ausüben kann. Forschungsbedarf besteht außerdem zum Nachweis enteroaggregativer EHEC in der Lebensmittelkette „Sprossenproduktion“.

### 6.3.3 Begründung

#### 6.3.3.1 Risikobewertung

##### 6.3.3.1.1 Gefahrenquelle enterohämorrhagische und enteroaggregative *E. coli*

*E. coli* kommen natürlicherweise im Darm von Menschen und Tieren vor. Bestimmte Typen von *E. coli*, wie EHEC oder EAggEC, können gastrointestinale Erkrankungen beim Menschen hervorrufen. Da EHEC auch im Darm von Wiederkäuern vorkommen und mit dem Kot ausgeschieden werden, können sie direkt oder indirekt (z.B. über Lebensmittel) vom Tier auf den Menschen übertragen werden und Krankheiten auslösen. Nach derzeitigem Erkenntnisstand ist davon auszugehen, dass das Reservoir für EAggEC der Mensch ist. Eine Übertragung von EAggEC kann über Schmierinfektionen von Mensch zu Mensch erfolgen. Der Erreger kann auch bei der Zubereitung oder Produktion in Lebensmittel gelangen und so verbreitet werden.

Sogenannte atypische EAggEC können aus Kälbern, Ferkeln und Pferden isoliert werden. Diesen Stämmen fehlen allerdings bestimmte Eigenschaften, sodass derzeit davon ausgegangen wird, dass diese Tiere kein Reservoir für die humanpathogenen, typischen EAggEC darstellen (Uber et al., 2006). Im Jahr 2004 wurde in Großbritannien eine Studie durchgeführt, bei der 1.227 *E. coli*-Isolate aus Rindern, Schafen und Schweinen nach einem bestimmten EAggEC-typischen Merkmal untersucht wurden. Keines der Isolate trug dieses

Merkmal. Die Autoren geben allerdings an, dass mit der angewandten Methode nicht alle EAggEC erfasst werden und daher nicht ausgeschlossen werden kann, dass Bakterien dieser Art unter den untersuchten Bakterien vorkamen (Cassar et al., 2004).

Charakteristisch für EHEC sind die Eigenschaften, Shiga-Toxine (Stx1 oder Stx2) zu bilden und sich über ein bestimmtes Protein (Intimin) im Darm seiner Wirte festzuheften. Die Begriffe STEC (für Shiga-Toxin-bildende *E. coli*) bzw. VTEC (für verotoxinbildende *E. coli*) werden daher synonym für Stx1- oder Stx2-bildende EHEC verwendet. EAggEC bilden hingegen normalerweise keine Shiga-Toxine und setzen sich mit Hilfe von Anheftungsfaktoren (Adhäsine) an der menschlichen Darmwand fest, wo sie in der Lage sind, Biofilme zu bilden. Diese Eigenschaft, Biofilme zu produzieren, ist sowohl für EHEC als auch für EAggEC ebenfalls für abiotische Oberflächen beschrieben.

EHEC gehören auch aufgrund des möglichen schweren Krankheitsverlaufs zu den bedeutendsten Ursachen für bakterielle Infektionen, die über Lebensmittel übertragen werden. EAggEC sind seit Mitte der 1990er-Jahre bereits mehrfach als Verursacher von lebensmittelbedingten Ausbrüchen mit akutem und persistierendem Durchfall beschrieben worden (Okeke and Nataro, 2001). Bekannt ist diese *E. coli*-Variante vor allem aus Regionen mit mangelhaften Hygienebedingungen. Aber auch in entwickelten Regionen mit höherem Hygienestandard haben solche Ausbrüche stattgefunden. So fand der bisher größte bekannte Ausbruch in Japan statt, wo sich über 2.500 Kinder an unterschiedlichen Schulen höchstwahrscheinlich an der Schulmahlzeit infiziert haben. Die verdächtigen Schulmahlzeiten in diesem Ausbruch beinhalteten Brot, Nudeln, Nudelsalat, Milchpudding, gebratenes Gemüse und Milch (Itoh et al., 1997).

In Brasilien konnte in einer weiteren Studie, bei der die Inhalte von 100 Babymilchflaschen (selbst zubereitet von Müttern aus schwachen sozioökonomischen Verhältnissen) auf pathogene *E. coli* untersucht wurden, in 3 Proben EAggEC in einer Konzentration von  $10^3$ – $10^4$  KbE/ml nachgewiesen werden (Morais et al., 1997). Studien zur Untersuchung von Ursachen der Reisediarrhö, mit Mexiko als Ursprungsland für die Ansteckung, haben ergeben, dass EAggEC aus Nachspeisen in einer durchschnittlichen Konzentration von  $0,5 \times 10^4$  KbE/g isoliert werden konnten (Vigil et al., 2009). Auch Wasser aus offenen Brunnen stand in Zusammenhang mit Ausbrüchen.

Die pathogene Rolle und der Übertragungsweg von *E. coli*-Stämmen, die sowohl EHEC- als auch EAggEC-spezifische Virulenzfaktoren besitzen (Stx-Produktion und enteroaggregative Adhäsion), sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt nahezu unerforscht. Morabito et al. vermuteten bereits im Jahre 1998, dass derartig rekombinierte Stämme genauso pathogen für Menschen sein können wie klassische EHEC-Stämme.

#### 6.3.3.1.1 Charakteristika von EHEC O104:H4 (Ausbruchsstamm)

Beim Ausbruchsgeschehen von Mai bis Juli 2011 wurde als Ausbruchsstamm der Serotyp O104:H4 eindeutig als Krankheitsursache identifiziert.

Mittels DNA-Sequenzanalyse wurde festgestellt, dass der Ausbruchsstamm wesentlich mehr Gemeinsamkeiten mit den EAggEC als mit den herkömmlichen EHEC hat. So ähnelt der Ausbruchsstamm auf Sequenzebene zu 93 % einem humanen EAggEC-Stamm aus Zentralafrika, der bereits charakterisiert wurde. Das EHEC-spezifische an dem Ausbruchsstamm ist das bakteriophagencodierte *stx2*-Gen. Bei dem Ausbruchsstamm handelt es sich um einen EAggEC O104:H4, der den *Stx2* codierenden Bakteriophagen aufgenommen hat und zur Bildung von *Stx* befähigt ist. Dem Stamm fehlt das für klassische EHEC typische *eae*- (attaching and effacing-)Gen.

Der Ausbruchsstamm weist eine Resistenz gegenüber den Beta-Laktam-Antibiotika der Gruppen Acylaminopenicilline und Cephalosporine sowie gegenüber Tetracyclin, Nalidixinsäure, Streptomycin und Trimethoprim/Sulfamethoxazol auf. Außerdem wurde bisher in allen Isolaten eine Extended-Spektrum Beta-Laktamase (ESBL) vom Typ CTX-M-15 und eine Beta-Laktamase des Typs TEM-1 nachgewiesen.

#### 6.3.3.1.1.2 Diagnostik von EHEC O104:H4

Der Nachweis von EHEC bei mit dem Erreger infizierten Menschen erfolgt in der Regel über die labordiagnostische Untersuchung einer Stuhlprobe. Das Ziel dieser Labordiagnostik ist die Erregerisolierung mit dem Nachweis des Toxingens mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR) aus abgeschwemmten Bakterienkolonien oder angereicherten Stuhlproben bzw. der Toxin-nachweis mittels Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) aus der *E. coli*-Kultur. Die Serotypisierung und (molekularbiologische) Feincharakterisierung von Isolaten schließt sich daran an. Zur schnellen Differenzierung des Ausbruchsstamms von allen anderen EHEC stehen sowohl klassische Multiplex-PCRs (Universität Münster) als auch Real-Time-PCRs (Entwicklung Anses/BfR) zur Verfügung, bei der gleichzeitig vier für EHEC O104:H4 typische Gene detektiert werden.

Im Lebensmittel und/oder in Umweltproben ist der Nachweis von EHEC aufgrund der Begleitflora und der komplexen (biologischen) Hintergrund-Matrix im Allgemeinen schwierig. Auch hierbei zielt die Diagnostik auf die Erregerisolierung bei gleichzeitigem Toxingen- und Toxin-Nachweis ab. Eine spezifische Real-Time-PCR-Untersuchungsmethode zur Identifizierung des Ausbruchsstamms wurde vom NRL *E. coli* zusammen mit Experten der französischen Lebensmittelagentur Anses entwickelt und evaluiert. Dieses Nachweisverfahren wurde den Untersuchungslaboratorien der amtlichen Lebensmittelüberwachung der Länder und den Lebensmittelunternehmern durch das BfR zur Verfügung gestellt.

Da insbesondere die Anzucht und der Nachweis von EHEC in pflanzlichen Lebensmitteln schwierig ist, wurden vom NRL *E. coli* zusätzlich spezifische Anreicherungsprotokolle mit anschließender Detektion des Erregers mittels der spezifischen EHEC-O104:H4-PCR zur Verfügung gestellt. Über die Sensitivität und Nachweisgrenze dieses Verfahrens lassen sich derzeit nur bedingt valide Aussagen treffen. So wird die Nachweisgrenze des Erregers in pflanzlichen Lebensmitteln (inkl. Sprossen) vom NRL *E. coli* mit deutlich weniger als 10 Genomabschnitten pro 25 Gramm Probe angegeben. Für Untersuchungen von Samen kann hingegen noch keine zuverlässige Aussage getroffen werden, u.a. weil zu wenig darüber bekannt ist, ob auch innerhalb der Samen Erreger vorkommen können.

Auch bei einem Ringversuch des gemeinschaftliche EU-Referenzlabors für *E. coli* (CRL, Rom, Italien) zum Nachweis von STEC/EHEC (nicht EHEC O104!) in natürlich kontaminierten Samen, der für die Sprossenproduktion vorgesehen war, wurde demonstriert, wie schwierig der Nachweis von STEC/EHEC in Samenproben ist. Die teilnehmenden 8 Labore (auch das CRL selbst) konnten die vom CRL in Vortests erreichten positiven Ergebnisse nicht verifizieren. Ein Nachweis von STEC/EHEC gelang nicht. Es wird vermutet, dass die *E. coli*-Stämme nur in sehr geringer Konzentration in oder auf den Samen vorkommen und inhomogen verteilt sind. Darüber hinaus gehen Aurass et al. (2011) davon aus, dass sich der Erreger in einem Zustand der Dormanz befinden kann, wodurch die Anzüchtung erschwert wird.

Daher ist es ratsam, die Untersuchung der Samenchargen durch Probenentnahmen und mikrobiologische Untersuchungen während der Sprossenproduktion zu ergänzen, um die Wahrscheinlichkeit für den Nachweis vorhandener Krankheitserreger zu steigern. Ein geeignetes Probenmaterial sind gesprossete Samen (48 Stunden nach Ansatz). Ob sich dadurch aber auch die Nachweiswahrscheinlichkeit von EHEC O104:H4 in Samen steigern lässt, ist

derzeit noch nicht bekannt. Weiterhin möglich ist die Untersuchung des Ablaufwassers aus den Sprossen-Anzuchtbehältern. Allerdings kommt das Gremium für biologische Gefahren der EFSA in ihrer am 15. November 2011 veröffentlichten Stellungnahme zu dem Schluss, dass wegen des Verdünnungseffektes Unsicherheiten bestehen, ob diese Untersuchungsstrategie genügend sensitiv ist. Die Entnahme und mikrobiologische Untersuchung von Tupferproben aus dem Produktionsumfeld sowie regelmäßige Personaluntersuchungen dienen der Identifizierung weiterer möglicher Kontaminationsquellen.

#### 6.3.3.1.1.3 Vorkommen von EHEC O104:H4

##### **Vorkommen beim Menschen**

Bis zum Beginn des Ausbruchs in Deutschland im Mai 2011 sind in der Literatur nur wenige sporadische Fälle von *stx2*-positiven *E. coli* des Serotyps O104:H4 beschrieben worden. So berichtet das ECDC über die Infektion einer Person aus Finnland aus dem Jahr 2010, die die Infektion bei einer Reise nach Ägypten erworben haben soll. Zu einem weiteren Fall aus dem Jahr 2004 in Frankreich sind Details zur Erkrankung (inkl. Infektionsort) laut Bericht des ECDC nicht bekannt. Laut Angaben der Centers for Disease Control and Prevention (CDC, Atlanta) gab es im Jahr 2009 zwei HUS-Fälle in Georgien. In der Literatur wird eine Isolierung dieses Serotyps zudem bei einer Patientin mit HUS in Korea im Jahr 2005 sowie bei zwei Fällen (beide mit HUS) in Deutschland im Jahr 2001 beschrieben. Nur für die Isolate aus Deutschland (2001), Finnland (2010) und Georgien (2009) ist beschrieben, dass es sich um enteroaggregative EHEC handelte.

Im EPIS (Epidemic Intelligence Information System des ECDC) wurde im Oktober 2011 über einen Ausbruch von EHEC O104:H4 (ESBL-negativ) unter Türkeireisenden aus Frankreich berichtet. Es handelte sich um eine organisierte Busreise mit Türkeiurlaub im September 2011. Das EHEC-Isolat eines HUS-Falls wurde charakterisiert als *E. coli* O104:H4, *stx2*, *eae*-, *hlyA*-, ESBL- und ist daher nicht identisch mit dem Ausbruchsstamm.

Enteroaggregative *E. coli* vom Typ O104:H4 ohne Shiga-Toxin-Gene sind aus mindestens einer großen englischen Fall-Kontroll-Studie mit Patienten mit infektiösen Darmerkrankungen bekannt (Wilson et al., 2001).

##### **Vorkommen im Lebensmittel**

Das Vorkommen des Serotyps O104:H4 in Lebensmitteln wurde in Deutschland und der EU bis zum Ausbruchsgeschehen noch nicht beschrieben.

STEC/VTEC anderer Serotypen lassen sich hingegen schon seit vielen Jahren in Lebensmitteln nachweisen. In Deutschland wird das Vorkommen von STEC/VTEC im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrollen, der amtlichen Überwachung sowie im Rahmen des Zoonosen-Monitorings beobachtet. Im Rahmen der amtlichen Überwachung werden STEC/VTEC insbesondere bei frischem Fleisch sowie bei Rohfleischzubereitungen, aber auch bei Wildfleisch nachgewiesen.

Innerhalb der EU wurde auch über vereinzelte Nachweise von STEC/VTEC in pflanzlichen Lebensmitteln (Gemüse, Obst) berichtet, wobei es sich bisher immer um Nicht-O104:H4-Stämme handelte.

## Vorkommen bei Tieren und in der Umwelt

Der Ausbruchsstamm EHEC O104:H4 wurde vor Beginn des Ausbruchsgeschehens in der EU bisher weder in Tierbeständen noch in Proben aus der Umwelt beobachtet. Keines der am NRL *E. coli* differenzierten Isolate gehörte diesem Serovar an. Auch im Rahmen der Mitteilungen zur Zoonosenberichterstattung wurde das Serovar bisher nicht berichtet.

Insgesamt muss nach derzeitigem Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass der Ausbruchsstamm mit seiner detailliert beschriebenen genetischen Ausstattung sein Reservoir im Menschen hat, da dieser *E. coli*-Typ bis heute noch nie bei Tieren gefunden wurde. Bisher gibt es keinerlei Anhaltspunkte, dass der Ausbruchsstamm die Speziesbarriere Mensch-Tier überwunden hat. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Ausbruchsstamm sekundär auch Tiere kolonisieren könnte, beispielsweise durch Aufnahme von kontaminiertem Wasser oder Futtermitteln. Es scheint derzeit so zu sein, dass sich der Erreger im Menschen vermehrt und nach Freisetzung über Fäkalien in die Umwelt gelangt, z.B. in das Abwasser. Es ist davon auszugehen, dass der Erreger für eine effektive Vermehrung wieder den Menschen kolonisieren muss.

### 6.3.3.1.1.4 Tenazität von enterohämorrhagischen und enteroaggregativen *E. coli*

Über die Widerstandsfähigkeit des Ausbruchsstamms in der Umwelt ist bisher nur sehr wenig bekannt. Derzeit kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass der EHEC-O104:H4-Stamm längere Zeit in der Umwelt, z.B. in Wasser, überleben kann. Auch über seine Überlebensfähigkeit in Lebensmitteln ist so gut wie nichts bekannt. Scheutz et al. untersuchten 2011 den Ausbruchsstamm auf seine Fähigkeit hin, Biofilme zu bilden, und fanden heraus, dass er, wie für EaggEC-Stämme typisch, ein moderater bis guter Biofilmbildner ist.

Intensiver beforscht wurden EHEC-Bakterien, u.a. auch das Serovar O157. Daher stützt sich die vorliegende Bewertung inklusive der abgeleiteten Empfehlungen weitgehend auf Erkenntnisse zum Verhalten von EHEC O157:H7 unter der Annahme, dass EHEC O104:H4 eine vergleichbare Tenazität aufweist. EHEC sind widerstandsfähig gegenüber Austrocknen, Einfrieren und Säuern, sodass sie in der Umwelt (Boden, Wasser, Fäkalien) über Wochen und Monate überleben können.

EHEC-Bakterien des Serovars O157:H7 haben die Fähigkeit, sowohl abiotische (Saldaña et al., 2009) als auch biotische Oberflächen, wie z.B. Kopfsalat, mit Biofilmen zu besiedeln (Takeuchi et al., 2000). In Biofilmen sind diese Bakterien widerstandsfähiger gegenüber Reinigungsmitteln als in freien Lebensformen (Stopforth et al., 2003). Die Erhöhung der Tenazität der EHEC-Bakterien hängt stark von der Lebensmittelmatrix und den begleitenden biotischen und abiotischen Faktoren ab. Zum Beispiel wird die Tenazität verstärkt, wenn der Biofilm neben den EHEC-Bakterien aus weiteren bakteriellen Gruppen besteht und der Biofilm während der ersten 48 Stunden ungestört bleibt (Stopforth et al., 2003). Auch auf der Oberfläche von Eisbergsalat und Romanasalat können EHEC in wenigen Stunden Biofilme (Patel et al., 2011) bilden. Daher können auch Salatmischungen, zu denen kontaminierte Bockshornkleesprossen hinzugegeben wurden, nach Entfernen dieser Sprossen mit dem Erreger kontaminiert sein.

Da die Persistenz des Erregers in Lebensmitteln von der Matrix und der angewandten Lebensmitteltechnologie abhängig ist, sind für die Einschätzung der Wirkung der einzelnen technologischen Verfahren neben Kenntnissen zum Verfahren selbst auch genaue Detailinformationen zur Matrix erforderlich. Insbesondere für ölhaltige Produkte ist bekannt, dass die Tenazität von Pathogenen deutlich höher ist. Ebenso ist in Biofilmen ein längeres Überleben belegt. Durch Verfahren wie Reifen, Trocknen und Säuern wird der Erreger nicht ausreichend inaktiviert (Mathusa et al., 2010). Auch gegenüber Salz können EHEC-Keime unemp-

findlich sein. Viele EHEC-Stämme können sich bei Salzkonzentrationen von 4 bis 5 % bei Raumtemperatur (25 °C) vermehren und manche Stämme überleben selbst 15%ige Salzkonzentrationen für mindestens 24 Stunden, ebenfalls bei Raumtemperatur (Olesen und Jespersen, 2010; Cheville et al., 1996).

Da es sich bei EHEC O104:H4 um einen neuen, sehr pathogenen Erreger handelt, sollte er hinsichtlich seiner Eigenschaften, einschließlich seiner Überlebensfähigkeit und seines Wachstumsverhaltens in verschiedenen Matrices, näher charakterisiert werden.

#### 6.3.3.1.1.5 Behandlungsverfahren für Samen zur Sprossenherstellung

Im Hinblick auf die Prävention Sprossen-assoziiierter Krankheitsausbrüche wurden in den zurückliegenden Jahren viele Studien zur Wirksamkeit von Dekontaminationsverfahren für Sprossensamen durchgeführt. Das Gremium für biologische Gefahren der EFSA hat durchgeführte Studien und deren Ergebnisse in der Stellungnahme „Scientific Opinion on the risk posed by Shiga toxin producing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds“ tabellarisch aufgelistet. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um chemische und physikalische Verfahren, wie ein Einsatz von Chlorklösungen und Säuren, die Anwendung von trockener und feuchter Hitze, Hochdruck und Bestrahlung. Das Gremium der EFSA kommt in seiner Bewertung zu dem Schluss, dass geeignete Behandlungsverfahren nicht für alle Samenarten verfügbar sind und dass die in der Literatur beschriebenen Verfahren vor der Anwendung für die zu verwendenden Samenarten optimiert werden müssen. Das Gremium empfiehlt darüber hinaus, die Sicherheit und Wirksamkeit der Behandlungsverfahren für Samen auf EU-Ebene zu evaluieren und zu harmonisieren, weil die bisher bekannten Behandlungsverfahren nicht bei allen Samenarten eine vollständige Eliminierung von Krankheitserregern sicherstellen können, ohne die Keimfähigkeit und die Ausbeute zu beeinträchtigen.

Die bisher getesteten Verfahren ermöglichen eine unterschiedlich starke Keimzahlreduktion. Ziel der Samenbehandlung ist eine Keimzahlreduktion um mindestens 5 log-Stufen bei Erhalt der Keimfähigkeit, auch wenn in dieser Matrix nur geringe Konzentrationen an pathogenen Keimen erwartet werden. Dies ist für Samen zur Sprossenherstellung notwendig, weil durch die mesothermen und feuchten Bedingungen während der Sprossenzucht ein Keimwachstum um mehrere log-Stufen stattfindet. Ob sich auch EHEC O104:H4 unter diesen Bedingungen vermehren kann, ist derzeit nicht bekannt.

Grundsätzlich muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass der Erreger auch im Innern der Samen vorkommt. Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass einige EHEC-Stämme über die Wurzeln auch in das Innere von Pflanzen eindringen können. Bei Alfalfa wurde die Aufnahme von pathogenen und apathogenen Bakterien in das Innere der Samen festgestellt. Es wird angenommen, dass Bakterien durch Risse in den Seitenwurzeln einen Eintritt in die Pflanze erhalten (Dong et al., 2003). Auch wenn dies für Bockshornkleesamen noch nicht bekannt ist, sollten die Samen so behandelt werden, dass ggf. im Samenkern vorhandene Krankheitserreger abgetötet werden.

Chemische Behandlungsverfahren sind jedoch grundsätzlich nicht dazu geeignet, möglicherweise im Inneren der Bockshornkleesamen befindliche Erreger zu eliminieren. Auch Behandlungen von Sprossensamen mit Chlorklösungen, die beispielweise 2 %iges Chlor aus Calciumhypochlorit enthalten, sollen keine vollständige Elimination von EHEC-Keimen ermöglichen (Fett et al., 2005). Möglicherweise liegt diese Beobachtung unter anderem daran, dass diese Keime in Biofilmen eine erhöhte Chlortoleranz zeigen. So ist bei Bakterien in Biofilmen mit einer um das 100-fach erhöhten Chlortoleranz zu rechnen (Prof. Exner, Uni Bonn, persönliche Mitteilung vom 21. Juni 2011).

Bei Samen zur Sprossenherstellung werden meist im Sinne eines Hürdenprinzips Kombinationen aus mehreren milden Reduktionsverfahren für Bakterien angewandt, um die Keimfähigkeit der Samen nicht zu beeinträchtigen. Studien zur Inaktivierung von EHEC O157:H7 durch thermische Behandlungen von Sprossensamen haben gezeigt, dass bei der Anwendung von trockener Hitze erst bei 70 °C für 24 Stunden oder bei 70 °C für 6 Stunden gefolgt von einer Hochdruckbehandlung (600 MPa) für 2 min bei 35 °C eine Keimreduktion um 5 log-Stufen erreicht werden konnte (Neetoo und Chen, 2011). Nach bisherigem Erkenntnisstand soll auch eine Wärmebehandlung von 50 °C für eine Stunde gefolgt von gleichmäßig verteilter Gamma-Bestrahlung (2 bis 2,5 kGy) für eine Reduktion von EHEC O157:H7 um 4 bis 5 log-Stufen bei unterschiedlichen Sprossensamen geeignet sein.

#### 6.3.3.1.2 Zum Gefährdungspotenzial im EHEC O104:H4-Ausbruchsgeschehen

Die Infektionsdosis von EHEC O157 ist sehr gering und liegt bei unter 100 Keimen. Über die Infektionsdosis von EHEC O104:H4 liegen keine Angaben vor.

Derzeit ist davon auszugehen, dass sich der Erreger in der Umwelt oder in den Produkten nicht vermehren muss, um den Menschen zu infizieren. Eine effiziente Vermehrung des Erregers scheint insbesondere im Magen-Darm-Trakt des Menschen zu erfolgen. Hierdurch können dann auch schwerwiegende Krankheitsverläufe ausgelöst werden.

Von Mai bis Juli 2011 kam es zu einem gehäuften Auftreten von HUS und blutigen Diarrhöen im Zusammenhang mit Infektionen durch EHEC O104:H4. Die Mehrzahl der durch den Ausbruchserreger verursachten Erkrankungen trat als unblutiger, meistens wässriger Durchfall in Erscheinung. Bei einem Teil der Erkrankten entwickelte sich eine hämorrhagische Kolitis mit krampfartigen Bauchschmerzen, blutigem Stuhl und teilweise Fieber. EHEC-Infektionen können jedoch auch inapparent und damit unbemerkt verlaufen. Das RKI hat dem Ausbruch insgesamt 855 HUS-Fälle zugeordnet. Das Vollbild des HUS ist charakterisiert durch akutes Nierenversagen bis zur Anurie, hämolytische Anämie (Blutarmut) und Thrombozytopenie (Mangel an Blutplättchen). Typischerweise gehen dem HUS Diarrhöen, oft blutig, voraus. Die schwere Komplikation des HUS tritt in etwa 5 bis 10 % der symptomatischen EHEC-Infektionen auf. Hierbei kommt es häufig zur kurzzeitigen Dialysepflicht, seltener zum irreversiblen Nierenfunktionsverlust mit chronischer Dialyse. In der Akutphase liegt die Letalität des HUS bei ungefähr 2 %.

Im Rahmen des Ausbruchs durch den Serotyp O104:H4 wurden bei klinisch erkrankten Personen auch häufig neurologische Symptome beobachtet, was möglicherweise daran liegt, dass durch die starke Kolonisierung mehr Toxin in den Organismus abgegeben wird und dadurch ein schweres Krankheitsbild häufiger ist (Bielaszewska, 2011).

Die Inkubationszeit beträgt bei EHEC-Infektionen üblicherweise ca. 2 bis 10 Tage (durchschnittlich 3 bis 4 Tage), wobei diese Daten im Wesentlichen auf Untersuchungen zu EHEC der Serogruppe O157 beruhen. In dem durch EHEC O104:H4 ausgelösten Ausbruchsgeschehen wird von einer medianen Inkubationszeit von 8 Tagen ausgegangen. Im Vergleich zu der mittleren Inkubationszeit von EHEC O157 ist die Inkubationszeit bei Infektionen mit EHEC O104:H4 also deutlich länger.

Die Symptome EHEC-assoziiierter HUS-Erkrankungen begannen in diesem Ausbruch im Median fünf Tage nach Beginn des Durchfalls. Die mittlere Dauer zwischen Durchfall- und HUS-Beginn scheint bei dem Ausbruchsstamm somit kürzer zu sein als bei Infektionen mit EHEC O157 (7 Tage).

Für weitergehende Informationen wird auf abschließende Darstellung und Bewertung der epidemiologischen Erkenntnisse im EHEC-O104:H4-Ausbruch des Robert Koch-Instituts verwiesen.

### 6.3.3.1.3 Expositionsabschätzung

#### 6.3.3.1.3.1 Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmittel- und Umweltproben

Enteroaggregative EHEC O104:H4 wurden in Deutschland erstmals im Rahmen der aktuellen Ausbruchsuntersuchung in bzw. auf Lebensmitteln detektiert. In Deutschland wurden bis zum 30. August 2011 mehr als 8.000 Lebensmittel- und Umweltproben auf den Ausbruchserreger untersucht. Der Nachweis gelang in einer Probe Gurke und einer Probe Sprossen, die an unterschiedlichen Orten aus dem Küchenabfall von Personen entnommen wurden, die mit dem Ausbruchserreger infiziert waren. Darüber hinaus wurde EHEC O104:H4 in drei Lebensmittelproben festgestellt (Lachs roh und gegart, Paprika), die offensichtlich von einer Mitarbeiterin eines Partyservices kontaminiert worden waren.

In den untersuchten Samenchargen konnte der Ausbruchserreger jedoch nicht nachgewiesen werden, was nicht ungewöhnlich ist. Dem BfR sind keine Sprossen-assoziierten EHEC-Ausbrüche bekannt, bei denen der Ausbruchserreger in implizierten Samenchargen festgestellt wurde. Mikrobiologische Nachweise der Ausbruchserreger in beteiligten Samenchargen gelangen lediglich bei wenigen Sprossen-assoziierten Salmonellen-Ausbrüchen. Dennoch lassen die Ergebnisse der epidemiologischen Ermittlungen den Schluss zu, dass meistens Samen die Quelle von Sprossen-assoziierten Ausbrüchen sind (Puohiniemi et al., 1991; Mahon et al., 1997, FDA 1999).

Die zuständigen Behörden in Ägypten teilten im Rahmen der FVO-Inspektion im August 2011 mit, dass seit dem 01.01.2009 bis zum 15.07.2011 vom CPHL (Central Public Health Laboratory) insgesamt 180 Proben Bockshornkleesamen auf *E. coli* untersucht wurden. In einer Probe gelang ein Nachweis von *E. coli* O114:K90 ohne Fähigkeit zur Shiga-Toxin-Bildung. In den übrigen Proben sei *E. coli* nicht gefunden worden. Im Zuge der Ausbruchsuntersuchung wurden in Ägypten bis zum 21.08.2011 außerdem 554 Proben Bockshornklee aus dem Handel, 5 Proben Bockshornkleesamen von Exporteuren und 10 Umweltproben (Wasser, Erdboden, Dünger) vom Produzenten der in beide Ausbrüche verwickelten Bockshornklee-Samencharge (Charge 48088) auf das Vorkommen von *E. coli* O104 untersucht. Auch in diesen Anlassproben wurden den Angaben der ägyptischen Behörden zufolge *E. coli* O104 nicht festgestellt. In der implizierten Packstelle in Ägypten wurden keine Proben entnommen, obwohl dort noch Rückstellproben der drei zurückgerufenen Samenchargen vorhanden waren.

#### 6.3.3.1.3.2 Produktion und Vertriebswege der verdächtigen Samenchargen

Der von der Europäischen Kommission am 06. Juli 2011 angeordnete Rückruf bezieht sich auf drei Bockshornklee-Samenchargen, die von demselben in Deutschland ansässigen Importeur zwischen Dezember 2009 und Februar 2011 aus Ägypten eingeführt wurden. Zwei der drei Chargen (Chargen 48088 und 8266) wurden im Frühjahr 2011 im niedersächsischen Gartenbaubetrieb zur Sprossenherstellung verwendet. Beide Chargen gelangten über denselben Großhändler (Großhändler A) in den niedersächsischen Gartenbaubetrieb. Die dritte zurückgerufene Charge (Charge 2660002) wurde im gleichen Zeitraum und unter gleichen Bedingungen in Ägypten hergestellt wie die Charge 8266. Die drei Chargen wurden in drei verschiedenen Farmen produziert. Keine dieser Farmen baut Samen zum Zweck der Sprossenproduktion an und die Art des Samenbaus entsprach auch bei den Bockshornkleesamen nicht den Anforderungen des Codex Alimentarius für Sprossensamen (Annex 2

des CODEX Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables CAC/RCP 53/2003). Im Rahmen der FVO-Inspektion wurden Hygienemängel festgestellt, die ausgehend von Menschen und Tieren sowie über das Beregnungswasser eine Kontamination der Bockshornkleesamen ermöglicht haben könnten. Die Eintragsquelle in die Samen wurde jedoch im Rahmen der Ermittlungen in Ägypten nicht identifiziert.

Die zurückgerufenen Bockshornklee-Samenchargen wurden in derselben Packstelle zwischengelagert, mit Sieben gereinigt und in Papiersäcke abgefüllt. Die Packstelle stellt den Farmen notwendige Gerätschaften für die Ernte zur Verfügung. Alle drei Farmen und die Packstelle sind im Besitz derselben Großfamilie.

Charge 48088 (15 Tonnen) ist die Verbindung zwischen dem EHEC-O104:H4-Ausbruch in Frankreich und dem Ausbruchsgeschehen in Deutschland und wurde in der Saison 2008/2009 auf einer kleinen Farm in Ägypten (Farm A) produziert.

Die Chargen 8266 (10 Tonnen) und 2660002 (12 Tonnen) wurden im Winter 2009/2010 auf zwei anderen kleinen, ca. 120 km entfernt gelegenen Farmen (Farm B und C) angebaut. Diese beiden nebeneinander liegenden Farmen nutzen das gleiche Beregnungswasser und den gleichen tierischen Dünger für den Samenanbau.

Das BfR hat die vorliegenden Informationen über Produktion und Vertriebswege der beiden im Frühjahr 2011 im niedersächsischen Gartenbaubetrieb verwendeten Chargen 48088 und 8266 zur besseren Übersicht tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 8 und 9). Da die Charge 2660002 erst im Januar 2011 nach Deutschland exportiert wurde und zum Zeitpunkt des EHEC-Ausbruchs überwiegend noch beim Importeur im Lager vorhanden war, hat das BfR bei dieser Charge auf eine Darstellung der Produktion und Vertriebswege verzichtet.

Die Dokumentation der Packstelle zeigte auf, dass im Jahr 2009 eine weitere Charge Bockshornkleesamen in die EU exportiert wurde, die gemäß Angaben im FVO-Bericht von einer anderen Farm stammen soll. Gemäß Angaben der betroffenen Packstelle werden Samen von dort auf der Basis von Verträgen mit einem Importeur nur nach Deutschland geliefert. Das BfR geht anhand der vorliegenden Daten davon aus, dass es sich bei dieser im Inspektionsbericht erwähnten Charge um etwa 8,5 Tonnen Bockshornkleesamen handelt (Charge 2044), die vom Importeur im Jahr 2009 vertrieben wurden. Die Charge 2044 war nicht Gegenstand der Ausbruchsauflärung, weil deren angegebene Haltbarkeitsfrist (Februar 2011) zu Beginn des EHEC-Ausbruchs bereits abgelaufen war und davon ausgegangen wird, dass diese Charge zum Zeitpunkt des Ausbruchs bereits verarbeitet und verbraucht war.

**Tab. 8: Produktion und Lieferweg der Bockshornklee-Samencharge 48088**

Ebene	Menge	Prozessschritt	Bemerkungen
1.) Ernte in Ägypten 2008/2009 (Farm A)	15 t	Transport in 50-kg-Einheiten zur Packstelle	
2.) Packstelle in Ägypten	15 t	Zwischenlagerung, Reinigung mit Sieben und Abfüllen in 25-kg-Säcke aus Papier	
3.) Verschiffung, Dezember 2009	15 t	ab Damietta, Ägypten, im geschlossenen Container	
4.) Ankunft in Europa, Dezember 2009	15 t	Löschen in Rotterdam, Niederlande	
5.) Deutscher Importeur, Dezember 2009	15 t	Einlagerung für Weiterverkauf in 25-kg-Säcken	inkl. 75 kg aus dem Lager (Warenausgang 15.075 kg)
6 a.) wichtigster Abnehmer, Großhändler A	10,50 t	Vertrieb von 25-kg-Säcken sowie Abwiegen in sortenreine und gemischte Kleinstverpackungen für Endverbraucher, an über 60 Kunden, darunter auch der niedersächsische Gartenbaubetrieb (assoziiert mit 41 Ausbruchsklustern in Deutschland)	Details zu Verwendungszwecken siehe auch Abb. 16
6 b.) weitere 12 Abnehmer/Zwischenhändler	4,58 t	Vertrieb von 25-kg-Säcken sowie Abwiegen in sortenreine und gemischte Kleinstverpackungen für Endverbraucher, unter den vielen Kunden auch Sprossenproduzenten, über einen englischen Zwischenhändler Vertrieb nach Frankreich (Ausbruchskluster)	Details zu Verwendungszwecken siehe auch Abb. 16

**Tab. 9: Produktion und Lieferweg der Bockshornklee-Samencharge 8266**

Ebene	Menge	Prozessschritt	Bemerkungen
1.) Ernte in Ägypten 2009/2010 (Farm B)	10 t		keine Angaben im FVO-Bericht
2) Packstelle in Ägypten	10 t	Zwischenlagerung, Reinigung mit Sieben und Abfüllen in 25-kg-Säcke aus Papier	
3.) Verschiffung, Oktober 2010	10 t	ab Alexandria, Ägypten, im geschlossenen Container	
4.) Ankunft in Europa, Oktober 2010	10 t	Löschen in Rotterdam, Niederlande	
5.) Deutscher Importeur, Oktober 2010	10 t	Einlagerung für Weiterverkauf in 25-kg-Säcken	
6 a.) wichtigster Abnehmer, Großhändler A	4,50 t	Vertrieb von 25-kg-Säcken sowie Abwiegen in sortenreine und gemischte Kleinstverpackungen für Endverbraucher an mehr als 40 Kunden, darunter auch der niedersächsische Gartenbaubetrieb und weitere Sprossenproduzenten.	Details zu Verwendungszwecken siehe auch Abb. 17
6 b.) weitere 5 Abnehmer/Zwischenhändler	1,15 t	Vertrieb von 25-kg-Säcken sowie Abwiegen in sortenreine und gemischte Kleinstverpackungen für Endverbraucher, unter den vielen Kunden auch Sprossenproduzenten	Details zu Verwendungszwecken siehe auch Abb. 17

Aus den im BfR vorliegenden Informationen kann für beide Chargen ein vollständiger Lieferweg bis zur Ebene der ersten Zwischenhändler abgebildet werden. Allerdings ist dem BfR nicht bekannt, woher die dokumentierten zusätzlichen Bockshornkleesamen (75 kg, entspricht rechnerisch 3 Säcken) stammen, die gemeinsam mit den eingeführten 15 Tonnen Bockshornkleesamen der Charge 48088 vom Importeur vertrieben wurden.

Eine lückenlose Darstellung von gehandelten Mengen ist dem BfR ab der dritten Handelsebene nach Einfuhr der Ware nicht mehr möglich. Verarbeitungsschritte wie das Mischen und Abfüllen in Kleinstverpackungen mit verschiedenen Gewichtsanteilen erschweren die Vorwärtsverfolgung beider Chargen bis zum Endverbraucher.

Ein Vertrieb der Samen erfolgte nicht nur innerhalb Deutschlands, sondern außerdem über verschiedene Zwischenhändler in insgesamt 22 Mitgliedstaaten und 2 Drittländer. Diese Lieferungen umfassen für die Charge 48088 eine Menge von ca. 1.611 kg und für die Charge 8266 eine Menge von ca. 445 kg. Soweit dem BfR Informationen zu den weitergehenden Lieferbeziehungen vorliegen, erfolgte keine Wiedereinfuhr dieser Ware nach Deutschland. Mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann dies anhand der Datenlage aber nicht.

#### 6.3.3.1.3.3 Verwendungszwecke der verdächtigen Samenchargen

Dem BfR liegen umfangreiche Informationen über Lieferbeziehungen der beiden im Frühjahr 2011 im niedersächsischen Gartenbaubetrieb verwendeten Chargen 48088 und 8266 vor. Eine Zuordnung in verschiedene Verwendungszwecke der Samen wurde auf Basis der zu den einzelnen Abnehmern dieser beiden Chargen verfügbaren Informationen, überwiegend aus dem Internet, vorgenommen. In den Abbildungen 18 und 19 sind die ermittelten wahrscheinlichen Verwendungszwecke der Samen für die jeweilige Charge dargestellt.

Die Kategorie „Kleinstverpackungen für Endverbraucher“ umfasst Verpackungseinheiten von 30, 40, 50, 60 und 125 Gramm, sortenrein oder gemischt. Für die Berechnung der Verwendungszwecke hat das BfR angenommen, dass Samenmischungen aus einem Teil Bockshornkleesamen und zwei Teilen anderer Samenarten hergestellt und in Kleinstverpackungen abgefüllt wurden. Diese Packungen sind größtenteils zur Sprossenanzucht im Privathaushalt bestimmt. Wie die Samen der verdächtigen Chargen schließlich im Haushalt behandelt wurden bzw. wozu sie verwendet wurden, lässt sich jedoch nicht nachvollziehen. Unbekannt ist auch, ob Verbraucherinnen und Verbraucher durch große Heimwerkermärkte und Gartencenter vertriebene Bockshornkleesamen in Kleinstverpackungen zur Aussaat verwendeten, um Bockshornkleepflanzen zu produzieren.

In der Kategorie „Sprossenproduktion“ finden sich bei der Charge 48088 fünf und bei der Charge 8266 vier Betriebe wieder. Einer dieser Sprossenproduzenten hat die Bockshornkleesamen allerdings nach eigenen Angaben ausschließlich als Zutat für Backwaren verwendet.

In der Kategorie „Lager und Produktionsverluste“ sind die dem BfR bekannten Mengen, die nicht in die Produktion gegangen sind bzw. weiterverkauft wurden, enthalten.

Für einige Lieferadressen konnten keine Informationen bzgl. des Verwendungszweckes erhoben werden. Die dorthin vertriebene Menge wurde deshalb der Kategorie „unbekannt“ zugeordnet.

Es ist nicht nachvollziehbar, welche Menge der Charge 48088 bereits verzehrt bzw. verbraucht ist und wie viel zurückgerufen und vernichtet wurde. Die zeitliche Spanne des Warenstromes umfasst von der Einfuhr bis zum Rückruf im Handel 1,5 Jahre.

Da die Charge 8266 erst im Oktober 2010 importiert wurde, befand sich zu Beginn des Ausbruchs im Frühsommer 2011 noch eine große Menge in Lagerbeständen. Fast 6 Tonnen der Charge 8266 konnten zurückgerufen und sichergestellt werden.

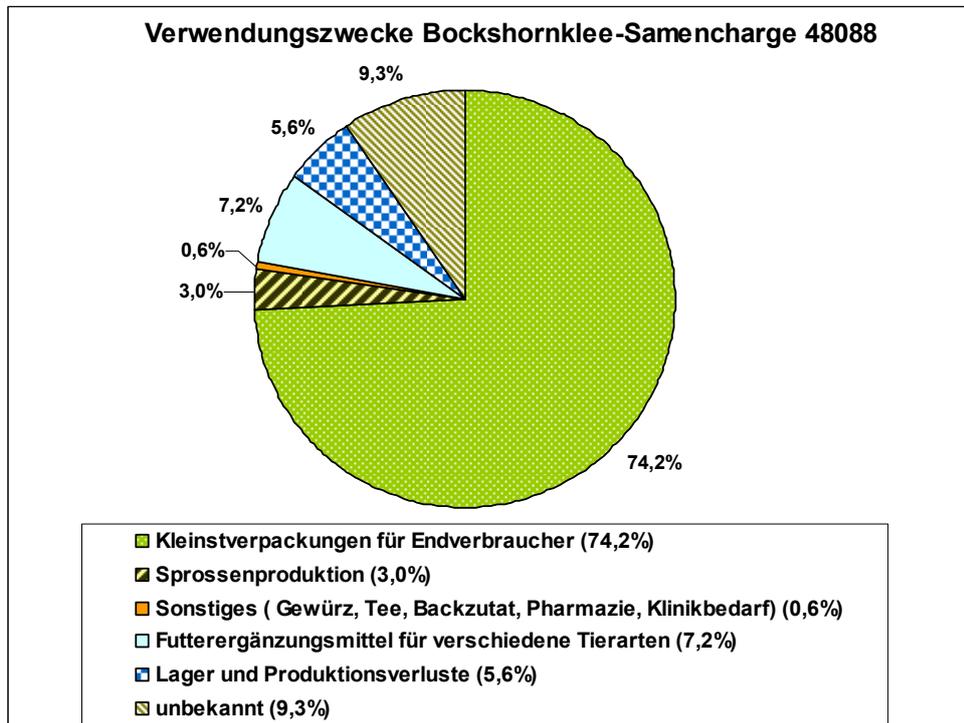


Abb. 18: Prozentuale Verteilung der wahrscheinlichen Verwendungszwecke der Samencharge 48088

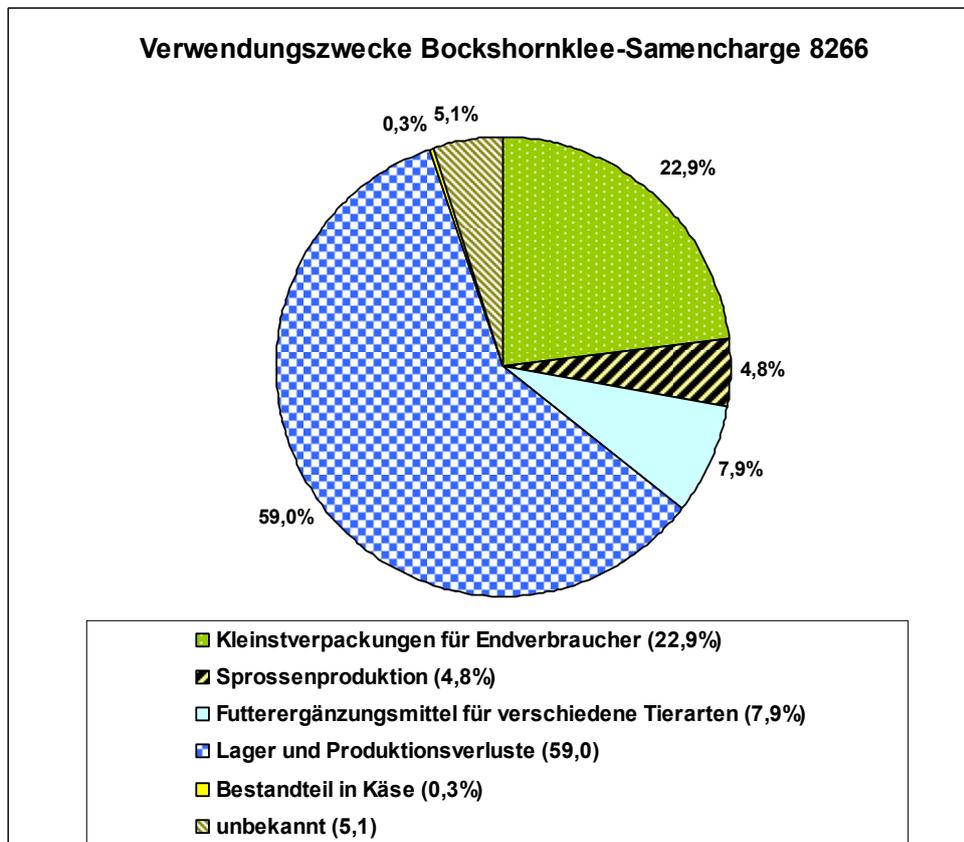


Abb. 19: Prozentuale Verteilung der wahrscheinlichen Verwendungszwecke der Samencharge 8266

#### 6.3.3.1.3.4 Einfluss von Verzehrgeohnheiten

In dem Ausbruchsgeschehen im Frühsommer 2011 waren auch gesunde Personen und Menschen aller Altersgruppen (vor allem Erwachsene) von EHEC-O104:H4-Erkrankungen betroffen. Es ist denkbar, dass die gesundheitsbewusste Ernährung speziell von Frauen zu einer erhöhten Exposition gegenüber kontaminierten Sprossen geführt hatte. Nach den Daten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) haben Frauen und Männer jedoch dasselbe Expositionsrisiko. Darüber hinaus werden Sprossen auch unbewusst verzehrt, wie durch die ersten Fall-Kontroll-Studien des RKI eindrucksvoll belegt wurde. Eine Eingrenzung der Gefährdung auf bestimmte Bevölkerungsgruppen ist daher nicht möglich.

#### 6.3.3.1.4 Risikocharakterisierung

Nachfolgend wird das Verbraucherrisiko charakterisiert, das von in Ägypten produzierten Bockshornkleesamen ausgeht, sofern die Samen zur Anzucht von Sprossen verwendet werden. Das Verbraucherrisiko, welches von Bockshornkleesamen aus Ägypten ausgeht, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen weiterverarbeitet wurden, hatte das BfR bereits im Juli 2011 bewertet. Diese Bewertung hat weiterhin Bestand. Nicht betrachtet wird das Risiko von sporadischen Einträgen des Ausbruchserregers durch menschliche Ausscheider oder über kontaminierte und besiedelte Oberflächen von Gerätschaften in weitere Lebensmittelketten.

Der Krankheitsausbruch aufgrund von EHEC O104:H4 in Deutschland ist laut RKI seit dem 26. Juli 2011 beendet. Die meisten Erkrankungsfälle lassen sich auf eine Exposition im Mai zurückführen. Seit September 2011 wurden nur noch einzelne Infektionen mit EHEC O104 an das RKI übermittelt. Im Zuge der Ausbruchsuntersuchung entlang der Lebensmittelkette wurden Bockshornkleesamen aus Ägypten als wahrscheinliche Ursache des Ausbruchsgeschehens identifiziert. Besonders verdächtig ist die Samencharge 48088, die sowohl in Frankreich als auch in dem niedersächsischen Gartenbaubetrieb zur Sprossenproduktion verwendet wurde. Es ist jedoch davon auszugehen, dass nur eine Teilmenge dieser Charge mit dem Ausbruchserreger kontaminiert war bzw. die Kontamination sehr ungleichmäßig (heterogen) war. Zwar wurden die Samen der verdächtigen Chargen überwiegend innerhalb Deutschlands vertrieben; doch angesichts des weiten Vertriebs der Samen, überwiegend in Kleinstverpackungen für Endverbraucher zur eigenen Anzucht, hätten andernfalls bei einer homogenen Verteilung des Erregers in der Samencharge auch aus anderen Regionen Deutschlands und der EU mehr Erkrankungsfälle gemeldet werden müssen.

Da die Eintragsquelle in die Bockshornkleesamen nicht identifiziert wurde, lässt sich ein eventuell weiterbestehendes Risiko, welches von Bockshornkleesamen aus Ägypten ausgeht, nicht abschätzen. Zur Risikominimierung ordnete die Europäische Kommission den Rückruf und die unschädliche Beseitigung von drei im Zeitraum 2009–2011 aus Ägypten importierten und im Rahmen der Rückverfolgung auf EU-Ebene ermittelten Bockshornklee-Samenchargen an. Ergänzend verhängte die Kommission ein Importverbot für bestimmte Samen und Bohnen aus Ägypten, welches bis zum 31. März 2012 verlängert wurde.

Da die Rückrufmaßnahmen der Mitgliedstaaten nach Auskunft der Europäischen Kommission abgeschlossen sind (s. Pressemitteilung der EFSA vom 03. Oktober 2011), ist es unwahrscheinlich, dass Bockshornkleesamen dieser drei betroffenen Chargen in Deutschland weiterhin zur gewerblichen Sprossenproduktion verwendet werden. Deshalb ist das Risiko, sich durch den Rohverzehr von gewerblich produzierten Bockshornkleesprossen mit EHEC O104:H4 zu infizieren, deutlich geringer als vor Abschluss der Rückrufmaßnahmen. Das Risiko, welches von der vierten, nicht vom Durchführungsbeschluss betroffenen Charge aus Ägypten (Charge 2044) ausgeht, ist ohnehin als sehr gering einzustufen, weil deren angegebene Haltbarkeitsfrist (Februar 2011) zu Beginn des EHEC-Ausbruchs bereits abgelaufen war.

Würden jedoch Bockshornkleesamen der im Frühjahr 2011 im niedersächsischen Gartenbaubetrieb verwendeten Chargen in Deutschland erneut zur gewerblichen Sprossenproduktion verwendet werden, so könnte sich ein weiteres, vergleichbar schweres Ausbruchsgeschehen entwickeln, sofern diese Sprossen roh verzehrt werden. Das Risiko, an EHEC zu erkranken, ist vermutlich am größten, wenn Samen der Charge 48088 ausgekeimt werden, weil diese Charge der einzig bekannte epidemiologische Zusammenhang zwischen den Ausbruchsklustern in Deutschland und Frankreich ist.

Weil der Rückruf auch Kleinstverpackungen für Endverbraucher mit Bockshornkleesamen der drei Chargen aus dem Handel umfasste, wurde das Risiko, sich durch den Rohverzehr von im Privathaushalt produzierten Bockshornkleesprossen mit EHEC O104:H4 zu infizieren, ebenfalls deutlich gesenkt. Es ist wenig wahrscheinlich, dass aktuell im Handel befindliche Bockshornkleesamen aus den zurückgerufenen Chargen stammen. Allerdings ist es möglich, dass Bockshornkleesamen aus Ägypten noch in Privathaushalten vorhanden sind und dort zur Sprossenproduktion verwendet werden, weil Verbraucherinnen und Verbraucher nicht ausreichend über die mögliche Gefahr und den Rückruf der Samenchargen informiert sind. Dadurch könnten neue EHEC-Fälle auftreten. Bedingt durch die anzunehmende ungleichmäßige Verteilung der Kontamination in der Charge kann jedoch davon ausgegangen werden, dass nicht alle Endverbraucherpackungen mit dem Ausbruchserreger kontaminiert sind.

#### 6.3.3.1.4.1 Bewertung der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung

Die gesundheitlichen Beeinträchtigungen sind als schwer zu beurteilen. Es handelt sich um ein Krankheitsbild, das von blutigem Durchfall über Nierenversagen mit Dialysepflicht und schweren neurologischen Symptomen bis zum Tode führen kann. Wie lange die gesundheitlichen Schäden bestehen bleiben, ob sie zu chronischen Verläufen (z.B. in Form bleibender Nierenschäden) führen oder reversibel sind und welche Spätschäden auftreten können, kann zum augenblicklichen Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden.

#### 6.3.3.1.4.2 Bewertung der Qualität der Daten

### **Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse**

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung von Bockshornkleesamen aus Ägypten auf das Vorkommen von EHEC O104:H4 sind mit einer sehr großen Unsicherheit behaftet und lassen sich nicht abschließend bewerten. Dem BfR ist nicht bekannt, wie viele Proben und welche Mengen dieser drei Chargen untersucht, nach welchem Stichprobenplan die Proben entnommen und welche diagnostischen Verfahren eingesetzt wurden. Diese Daten sind für die Bewertung schon deshalb nötig, weil davon ausgegangen werden muss, dass die kontaminierten Samenpartikel innerhalb der Chargen nicht homogen verteilt sind, sondern „Nester“ bilden. Außerdem wurde die verfügbare Methode zum Nachweis von STEC in frischen pflanzlichen Lebensmitteln (z.B. vorgeschnittene Mischsalate und Sprossen) entwickelt und ist für die Untersuchung von Samen nicht validiert. Darüber hinaus scheint sich der Erreger in einem Zustand der Dormanz befinden zu können, wodurch die Anzüchtung erschwert wird. Allein aus diesen Gründen sind falsch negative Untersuchungsergebnisse denkbar.

Weiterhin ist ein absolutes „Freisein“ einer Matrix von pathogenen Keimen bei mikrobiologischen Untersuchungen ohnehin nicht möglich. Bei Anwendung von Stichprobenplänen können jedoch Aussagen über die Wahrscheinlichkeit des prozentualen Anteils einer Kontamination untersuchter Chargen getroffen werden. Ein größerer Stichprobenumfang erlaubt dabei eine exaktere statistische Aussage hinsichtlich einer möglichen Kontamination.

#### 6.3.3.1.4.3 Produktion und Vertriebswege der verdächtigen Samenchargen

Die Prüfung der auf den drei betroffenen Farmen in Ägypten im August 2011 vorgelegten Dokumente ließ aufgrund von fehlenden und widersprüchlichen Angaben bei den FVO-Inspektoren Zweifel an der Integrität der zurückgerufenen Chargen aufkommen. Die vorliegende Bewertung stützt sich daher im Wesentlichen auf Daten, die dem BfR von deutschen Behörden zur Verfügung gestellt wurden.

Die Qualität der Daten für die Lieferbeziehungen von Samen ist zwar chargenabhängig, jedoch insgesamt als gut einzuschätzen. Die Dateneingabe anhand von Lieferscheinen erfolgte durch geschulte Mitglieder einer am BVL eingerichteten Task Force EHEC. Nachdem die Arbeit der Task Force EHEC beendet war, hat das BVL die Datensätze der Länder dahingehend aufgearbeitet, dass die Rückverfolgbarkeit ausgehend vom Importeur und den Hauptzwischenhändlern mit Liefermengen im komplexen Datenbankformat der EFSA nahezu komplett abgebildet werden konnte. Gemäß Angaben der für die Lebensmittelüberwachung des Großhändlers A zuständigen Landesbehörde sollen Differenzmengen zwischen Wareneingang und Warenausgang bezogen auf die Chargen 48088 und 8266 beim Großhändler A auf Reinigungs- und Produktionsverluste zurückgehen.

Die Angaben zu nachfolgenden Vertriebsstufen sowie die Informationen über mögliche Verwendungszwecke der zurückgerufenen Bockshornkleesamen sind jedoch unvollständig. Aufbereitete Ermittlungsergebnisse der beteiligten Behörden in den Mitgliedstaaten, die von der Europäischen Kommission in 91 Folgemeldungen zur RASFF-Meldung 2011.0842 zur Verfügung gestellt wurden, erwiesen sich als wenig geeignet für den Zweck der Risikobewertung, weil der Chargenbezug häufig fehlte und die Angaben auch sonst nicht detailliert genug waren. Außerdem wurden Rücksendungen von Empfängern der entsprechenden Bockshornkleesamen auf Bundesebene nicht systematisch und quantitativ erfasst. Das BfR kann daher nicht abschätzen, welche Mengen der drei Samenchargen zurückgeführt, vernichtet, verkauft und verzehrt wurden. Daher muss auch nach Abschluss der Rückrufmaßnahmen von einer Unsicherheit bei der Schätzung der weiterbestehenden Exposition des Verbrauchers durch Restbestände der kontaminierten Charge ausgegangen werden. Diese Unsicherheit im Hinblick auf den Vertrieb und die Verwendung wird jedoch im Rahmen dieser Bewertung durch die Betrachtung der möglichen Szenarien berücksichtigt.

#### 6.3.3.1.4.4 Tenazität des Erregers

Die Qualität der Daten bezogen auf den Ausbruchserreger ist als sehr lückenhaft einzuschätzen. Zur Abschätzung der möglichen Gefahren wurden daher verfügbare Informationen über enterohämorrhagische und enteroaggregative *E. coli* herangezogen. Doch auch bei diesen Bakterienspezies ist die Datenlage als unvollständig anzusehen. Diese Unsicherheit wurde bei der Bewertung entsprechend berücksichtigt.

### 6.3.4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Der Krankheitsausbruch von EHEC O104:H4 im Frühsommer 2011 in Deutschland ist beendet. Es handelte sich nach Angaben des RKI um den bisher größten Krankheitsausbruch durch EHEC-Infektionen in Deutschland und bezogen auf die Anzahl der HUS-Fälle um den größten, weltweit beschriebenen derartigen Ausbruch. Aus Ägypten importierte Bockshornkleesamen, welche in einem niedersächsischen Gartenbaubetrieb und von Privatpersonen zur Sprossenproduktion verwendet wurden, werden nach Abschluss der Ermittlungen als Ursache des EHEC-Ausbruchs angesehen. Diese Schlussfolgerung steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer epidemiologischer Untersuchungen, die darauf hinweisen, dass meistens Samen die Quelle von Sprossen-assoziierten Ausbrüchen sind. Wo und wie die

Samen mit dem Ausbruchserreger in Kontakt kamen, ließ sich nicht ermitteln. Auch in den untersuchten Bockshornkleesamen war der Ausbruchserreger nicht nachweisbar. Aus methodischen Gründen bedeutet ein negatives Untersuchungsergebnis allerdings nicht, dass EHEC O104:H4 in den Samen nicht vorhanden war.

Besonders verdächtig, den Ausbruch verursacht zu haben, ist die Bockshornklee-Samencharge 48088, weil diese Charge der einzig bekannte epidemiologische Zusammenhang zwischen den Ausbruchsklustern in Deutschland und Frankreich ist. Diese Charge wurde zusammen mit zwei weiteren Bockshornklee-Samenchargen, die in den Folgejahren auf Farmen der gleichen Großfamilie angebaut und in der gleichen Packstelle behandelt wurden, zurückgerufen. Dieser Rückruf hat das Risiko für Verbraucherinnen und Verbraucher, nach Rohverzehr von aus den Bockshornkleesamen hergestellten Sprossen an einer EHEC-Infektion zu erkranken, deutlich reduziert.

Unabhängig vom beendeten EHEC-Ausbruch ist der Verzehr roher Sprossen grundsätzlich mit einem nicht quantifizierbaren Risiko verbunden, an einer Lebensmittelinfektion zu erkranken. Auch das Gremium für biologische Gefahren der EFSA kommt in ihrer am 15. November 2011 veröffentlichten Stellungnahme zu dem Schluss, dass Sprossen aus Sicht der Lebensmittelsicherheit mikrobiologisch bedenklich sind. Die Gründe dafür sind, dass die verwendeten Samen mit Krankheitserregern kontaminiert sein können und die Anzuchtbedingungen für Sprossen eine Vermehrung von vorhandenen Krankheitserregern begünstigen. Außerdem werden Sprossen vor dem Verzehr gar nicht oder nur leicht erhitzt, wodurch Krankheitserreger überleben können.

Ausgehend von den Erkenntnissen der durchgeführten Ausbruchsuntersuchung leitet das BfR nach dem gegenwärtigen Wissensstand zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher vor lebensmittelbedingten Infektionen daher folgende Präventionsempfehlungen ab:

1. Bei Anbau, Lagerung, Behandlung, Transport und Analyse von Samen zur Sprossenproduktion sollten mindestens die Anforderungen des Codex Alimentarius (Annex 2 des CODEX Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables CAC/RCP 53/2003) beachtet werden, um das Risiko für eine Kontamination mit Krankheitserregern zu reduzieren.
2. Sprossenproduzenten wird geraten, nur Samen zu verwenden, die zu diesem Zweck angebaut wurden und den o.g. Anforderungen des Codex Alimentarius entsprechen. Diese Risikomanagementmaßnahme soll die Wahrscheinlichkeit reduzieren, dass über die Samen Krankheitserreger in die Sprossenproduktion eingetragen werden, sich dort ansiedeln und vermehren können. Aus dem gleichen Grund wird Sprossenproduzenten ergänzend empfohlen, die Samen vor der Anzucht mit geeigneten keimreduzierenden Verfahren zu behandeln oder behandeln zu lassen, insbesondere wenn die Sprossen auch zum Rohverzehr bestimmt sind. Das Gremium für biologische Gefahren der EFSA kommt in seiner am 15. November 2011 veröffentlichten Stellungnahme jedoch zu dem Schluss, dass geeignete Behandlungsverfahren nicht für alle Samenarten verfügbar sind und dass die in der Literatur beschriebenen Verfahren vor der Anwendung für die zu verwendenden Samenarten optimiert werden müssen. Das Gremium der EFSA empfiehlt, die Sicherheit und Wirksamkeit der Behandlungsverfahren für Samen auf EU-Ebene zu evaluieren und zu harmonisieren.
3. Sprossenproduzenten wird außerdem empfohlen, kritische Kontrollpunkte im Herstellungsprozess mittels mikrobiologischer Kontrollen in angemessenen Abständen zu überwachen. Da eine sichere Methode zum Nachweis von STEC in Samen noch nicht verfügbar ist, bietet sich die Untersuchung von Zwischenprodukten (z.B. gekeimte Samen 48 Stunden nach Ansatz) auf das Vorkommen von Krankheitserregern an. Ob sich dadurch auch die Nachweiswahrscheinlichkeit von EHEC O104:H4 in Samen steigern lässt, ist jedoch derzeit noch nicht bekannt. Ergänzend können die Entnahme und mikrobiologi-

- sche Untersuchung von Tupferproben aus dem Produktionsumfeld sowie regelmäßige Personaluntersuchungen sinnvoll sein, um Kontaminationsquellen zu identifizieren.
4. Verbraucherinnen und Verbraucher, die selbst Sprossen aus Samen zum Rohverzehr anzüchten, haben jedoch keine Möglichkeit, den Produktionsprozess sicherer zu machen und mittels mikrobiologischer Kontrollen zu verifizieren. Deshalb ist es besonders wichtig, dass die zu verwendenden Samen keine Krankheitserreger enthalten. Lebensmittelunternehmer, die Samen zur Herstellung von Sprossen in Privathaushalten in den Verkehr bringen, sollten daher nur Samen verwenden, die zu diesem Zweck angebaut wurden und den o.g. Anforderungen des Codex Alimentarius entsprechen. Samenchargen sollten im Rahmen von Wareneingangskontrollen außerdem mikrobiologisch auf das Vorkommen von pathogenen Keimen untersucht werden. Wegen der methodischen Unsicherheit wird Inverkehrbringen dieser Sprossensamen außerdem empfohlen, die Samen zusätzlich vor dem Abfüllen in Endverbraucherpackungen mit geeigneten keimreduzierenden Verfahren zu behandeln oder behandeln zu lassen.
  5. Da sich Bockshornkleesamen der zurückgerufenen Chargen noch in Privathaushalten befinden können, wird Verbraucherinnen und Verbrauchern empfohlen, vor Oktober 2011 erworbene Bockshornkleesamen vorsichtshalber nicht auszusprossen. Die Samen sollten z.B. nach kräftigem Rösten in der Pfanne bzw. durch Kochen zu Gerichten verarbeitet oder über den Hausmüll entsorgt werden.
  6. Verbraucherinnen und Verbrauchern rät das BfR außerdem, für die eigene Herstellung von Sprossen nur Samen zu verwenden, die vom Hersteller für die Sprossenproduktion vertrieben werden.
  7. Durch gründliches Erhitzen von Sprossen lassen sich ggf. vorhandene Krankheitserreger abtöten. Daher empfiehlt das BfR Personen mit nicht ausgebildeter oder geschwächter Immunabwehr (Kleinkinder, Schwangere, alte und kranke Menschen), Sprossen vorsichtshalber grundsätzlich nur nach ausreichender Erhitzung zu verzehren.
  8. Sprossen sollten vor dem Rohverzehr zur Verringerung der Keimbelastung gründlich gewaschen und möglichst schnell verbraucht werden. Krankheitserreger lassen sich durch das Waschen jedoch nicht sicher eliminieren.
  9. Darüber hinaus sollten allgemeine Regeln der Körper- und Küchenhygiene eingehalten werden, um eine Mensch-zu-Mensch-Übertragung (Schmierinfektion) sowie eine Kontamination von Lebensmitteln mit Krankheitserregern zu vermeiden.

Im Hinblick auf die Prävention von lebensmittelbedingten Infektionen sollten das Wachstum und das Überleben von enteroaggregativen STEC in verschiedenen Lebensmittelmatrices einschließlich Samen und Sprossen erforscht werden. Dabei sollte auch geprüft werden, welchen Einfluss die auf Sprossen vorhandene Begleitflora auf das Wachstum und das Überleben von Krankheitserregern ausüben kann. Forschungsbedarf besteht außerdem zum Nachweis enteroaggregativer STEC in der Lebensmittelkette „Sprossenproduktion“.

### 6.3.5 Referenzen

- Aurass, P., Prager, R., Flieger, A. 2011. EHEC/EAEC O104:H4 strain linked with the 2011 German outbreak of haemolytic uremic syndrome enters into the viable but non-culturable state in response to various stresses and resuscitates upon stress relief. *Environ Microbiol* DOI: 10.1111/j.1462-2920.2011.02604.x
- BfR. 2011. Stellungnahme 023/2011 des BfR vom 5. Juli 2011 zur Bedeutung von Sprossen und Keimlingen sowie Samen zur Sprossenherstellung im EHEC O104:H4 Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011.  
[www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung\\_von\\_sprossen\\_und\\_keimlingen\\_sowie\\_samen\\_zur\\_sprossenherstellung\\_im\\_ehec\\_o104\\_h4\\_ausbruchsgeschehen\\_im\\_mai\\_und\\_juni\\_2011.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung_von_sprossen_und_keimlingen_sowie_samen_zur_sprossenherstellung_im_ehec_o104_h4_ausbruchsgeschehen_im_mai_und_juni_2011.pdf)
- BfR. 2011. Aktualisierte Stellungnahme 031/2011 des BfR vom 26. Juli 2011 zur Bedeutung von EHEC O104:H4 in Bockshornkleesamen, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet werden.

- [www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung\\_von\\_ehec\\_o104\\_h4\\_in\\_bockshornkleesamen\\_die\\_zu\\_anderen\\_lebensmitteln\\_als\\_sprossen\\_und\\_keimlingen\\_weiterverarbeitet\\_werden.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/bedeutung_von_ehec_o104_h4_in_bockshornkleesamen_die_zu_anderen_lebensmitteln_als_sprossen_und_keimlingen_weiterverarbeitet_werden.pdf)
- Bielaszewska, M., Mellmann, A., Zhang, W., Köck, R., Fruth, A., Bauwens, A., Peters, G., Karch, H. 2011. Characterisation of the *Escherichia coli* strain associated with an outbreak of haemolytic uraemic syndrome in Germany. [www.thelancet.com/infection](http://www.thelancet.com/infection) Published online June 23, 2011 – DOI:10.1016/S1473-3099(11)70165-7
- BVL. 2011. Ergebnisbericht der Task Force EHEC zur Aufklärung des EHEC O104:H4 Krankheitsausbruchs in Deutschland. [www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01\\_Lebensmittel/EHEC/Task\\_Force\\_EHEC\\_Ergebnisbericht\\_23\\_09\\_2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/EHEC/Task_Force_EHEC_Ergebnisbericht_23_09_2011.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- Cassar, C. A., Ottaway, M., Paiba, G. A., Futter, R., Newbould, S., Woodward, M. J. 2004. Absence of enteroaggregative *Escherichia coli* in farmed animals in Great Britain. *Vet Rec* 154, 237–239
- CCFH. 2010. Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables. CAC/RCP 53-2003. In: FOA/WHO: Fresh Fruits and Vegetables. First Edition. ISBN 978-92-5-105839-8, 2007. Revision 2010 (new Annex III for Fresh Leafy Vegetables). <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1389e/a1389e00.pdf>
- Cheville AM, Arnold KW, Buchrieser C, Cheng CM, Kaspar CW. 1996. rpoS regulation of acid, heat, and salt tolerance in *Escherichia coli* O157: H7. *Appl Environ Microbiol* 62,1822–1824
- Dong Y, Iniguez AL, Ahmer BM, Triplett EW. 2003. Kinetics and strain specificity of rhizosphere and endophytic colonization by enteric bacteria on seedlings of *Medicago sativa* and *Medicago truncatula*. *Appl Environ Microbiol* 69, 1783–1790
- EFSA. 2011. Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O104:H4 2011 outbreaks in Europe: Taking Stock. *EFSA Journal* 2011; 9(10):2390  
Available online: [www.efsa.europa.eu/efsajournal](http://www.efsa.europa.eu/efsajournal)
- EFSA. 2011. Technischer Bericht der EFSA: „Tracing seeds, in particular fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds, in relation to the Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O104:H4 2011 Outbreaks in Germany and France“ vom 05. Juli 2011
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ); Scientific Opinion on the risk posed by Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds. *EFSA Journal* 2011;9(11):2424 Available online: [www.efsa.europa.eu/efsajournal](http://www.efsa.europa.eu/efsajournal)
- Europäische Kommission. 2011. Durchführungsbeschluss der Kommission vom 06. Juli 2011 über Sofortmaßnahmen hinsichtlich Bockshornkleesamen sowie bestimmter Samen und Bohnen aus Ägypten. (2011/402/EU)
- Europäische Kommission. 2011. Durchführungsbeschluss der Kommission vom 06. Oktober 2011 zur Änderung des Durchführungsbeschlusses 2011/402/EU über Sofortmaßnahmen hinsichtlich Bockshornkleesamen sowie bestimmter Samen und Bohnen aus Ägypten. (2011/662/EU)
- Europäische Kommission. 2011. Durchführungsbeschluss der Kommission vom 28. Oktober 2011 zur Änderung des Durchführungsbeschlusses 2011/402/EU der Kommission über Sofortmaßnahmen hinsichtlich Bockshornkleesamen sowie bestimmter Samen und Bohnen aus Ägypten. (2011/718/EU)
- Europäische Kommission. 2011. FINAL REPORT OF A MISSION CARRIED OUT IN EGYPT FROM 21 TO 25 AUGUST 2011 IN ORDER TO Trace back the source of infection of the recent *E. coli* O104:H4 strain outbreaks in the EU, DG(SANCO) 2011-6265  
[http://ec.europa.eu/food/fvo/rep\\_details\\_en.cfm?rep\\_id=2769](http://ec.europa.eu/food/fvo/rep_details_en.cfm?rep_id=2769)
- Prof. M. Exner, Universität Bonn, persönliche Mitteilung vom 21. Juni 2011
- FDA. 1999. Microbiological Safety Evaluations and Recommendations on Sprouted Seed
- Fett, W., Tortorello, M.L., Fu, T.J. 2005. Seed sprouts: the state of microbiological safety. *Microbiology of Fresh Produce*, 167–219
- Itoh, Y., Nagano, I., Kunishima, M., Ezaki, T. 1997. Laboratory investigation of enteroaggregative *Escherichia coli* O untypeable:H10 associated with a massive outbreak of gastrointestinal illness. *J Clin Microbiol* 35, 2546–2550

- Mahon, B.E., Ponka, A., Hall, W., Komatsu, K., Beuchat, L., Shiflett, S., Siitonen, A., Cage, G., Lambert, M., Hayes, P., Bean, N., Griffin, P., Slutsker, L. 1997. An international outbreak of *Salmonella* infections caused by alfalfa sprouts grown from contaminated seed. *J Infect Dis* 175, 876–882
- Mathusa, E.C., Chen, Y.H., Enache, E., Hontz, L. 2010. Non-O157 Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* in Foods. *J. Food Prot* 73 (9), 1721–1736
- Morabito, S., Karch, H., Mariani-Kurkdjian, P., Schmidt, H., Minelli, F., Bingen, E., Caprioli, A. 1998. Enterohaggative, Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O111:H2 associated with an outbreak of hemolytic-uremic syndrome. *J Clin Microbiol* 36, 840–842
- Morais, T. B., Gomes, T. A., Sigulem, D. M. 1997. Enterohaggative *Escherichia coli* in infant feeding bottles. *Lancet* 349, 1448–1449
- Neetoo, H., Chen, H. 2011. Individual and combined application of dry heat with high hydrostatic pressure to inactivate *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *Food Microbiology* 28, 119–127
- Okeke, I. N., Nataro, J. P. 2001. Enterohaggative *Escherichia coli*, *Lancet Infect Dis* 1, 304–313
- Olesen, I., Jespersen, L. 2010. Relative gene transcription and pathogenicity of enterohemorrhagic *Escherichia coli* after long-term adaptation to acid and salt stress. *Int J Food Microbiol* 141, 248–253
- Patel, J., Sharma, M., Ravishakar, S. 2011. Effect of curli expression and hydrophobicity of *Escherichia coli* O157:H7 on attachment to fresh produce surfaces. *J Appl Microbiol* 110, 737–745
- Puohiniemi, R., Heiskanen, T., Siitonen, A. 1997. Molecular epidemiology of two international sprout-borne *Salmonella* outbreaks. *J Clin Microbiol* 35, 2487–2491
- RKI. 2011. Abschließende Darstellung und Bewertung der epidemiologischen Erkenntnisse im EHEC O104:H4 Ausbruch Deutschland 2011. ([www.rki.de/clin\\_117/nn\\_205760/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/EHEC-Abschlussbericht, templateId=raw,property=publicationFile.pdf/EHEC-Abschlussbericht.pdf](http://www.rki.de/clin_117/nn_205760/DE/Content/InfAZ/E/EHEC/EHEC-Abschlussbericht_templateId=raw,property=publicationFile.pdf/EHEC-Abschlussbericht.pdf))
- Saldaña, Z., Xicohtencatl-Cortes, J., Avelino, F., Phillips, A. D., Kaper, J. B., Puente, J. L., Girón, J. A. 2009. Synergistic role of curli and cellulose in cell adherence and biofilm formation of attaching and effacing *Escherichia coli* and identification of Fis as a negative regulator of curli. *Environmental Microbiology* 11, 992–1006.
- Scheutz, F., Møller Nielsen, E., Frimodt-Møller, J., Boisen, N., Morabito, S., Tozzoli, R. 2011. Characteristics of the enterohaggative Shiga toxin/verotoxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 strain causing the outbreak of haemolytic uraemic syndrome in Germany, May to June. *Euro Surveill* 16:pii=19889
- Stopforth, J. D., Samelis, J., Sofos, J. N., Kendall, P. A., Smith, G. C. 2003. Influence of extended acid stressing in fresh beef decontamination runoff fluids on sanitizer resistance of acid-adapted *Escherichia coli* O157:H7 in biofilms. *J Food Prot* 66, 2258–2266
- Takeuchi, K., Matute, C. M., Hassan, A. N., Frank, J. F. 2000. Comparison of the attachment of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, and *Pseudomonas fluorescens* to lettuce leaves. *J Food Prot* 63, 1433–1437
- Uber, A. P., Trabulsi, L. R., Irino, K., Beutin, L., Ghilardi, A. C. R., Gomes, T. A. T., Liberatori, A. M. A., de Castro, A. F. P., Elias, W. P. 2006. Enterohaggative *Escherichia coli* from humans and animals differ in major phenotypical traits and virulence genes. *FEMS Microbiology Letters* 256, 251–257
- Vigil, K. J., Jiang, Z. D., Chen, J. J. 2009. Coliform and *Escherichia coli* contamination of desserts served in public restaurants from Guadalajara, Mexico, and Houston, Texas. *Am J Trop Med Hyg* 80, 606–608
- Wilson, A., Evans, J., Chart, H., Cheasty, T., Wheeler, J. G., Tompkins, D., Smith, H. R. 2001. Characterisation of strains of enterohaggative *Escherichia coli* isolated during the infectious intestinal disease study in England. *Eur J Epidemiol* 17, 1125–1130

## 7 Vorkommen und Verbreitung von enterohämorrhagischen *E. coli* in der landwirtschaftlichen Produktion

Bereits lange Zeit vor dem EHEC-Ausbruch im Mai 2011 war bekannt, dass Shiga-Toxinbildende *E. coli* (STEC), zu denen auch die enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC) gehören, natürlicherweise im Darm von Wiederkäuern vorkommen, ohne bei ihnen Erkrankungen auszulösen, und mit dem Kot der Tiere ausgeschieden werden. Von den ca. 13 Mio. Rindern in Deutschland werden hauptsächlich Milchkühe (ca. 4,1 Mio.) in der Hauptvegetationsperiode von Mai bis Oktober auf Weideflächen gehalten. Bei der Weidehaltung von landwirtschaftlichen Nutztieren erfolgt die Düngung der Weideflächen nicht einheitlich über die gesamte Fläche verteilt, sondern die Kotstellen der Tiere konzentrieren sich auf bestimmte neuralgische Punkte, wie Tränkestellen, beschattete Liegeflächen oder Treibgänge. Diese Konzentrierung sowie die Verwendung von Wassergräben als natürliche Grenze zwischen Weideflächen ermöglichen grundsätzlich einen Eintrag von Coli-Bakterien in Oberflächengewässer.

Darüber hinaus sind Rehe als Wildwiederkäuer als ein weiteres EHEC-Reservoir anzusehen, Dabei ist zu berücksichtigen, dass Rehe nicht nur auf Weideflächen anzutreffen sind, sondern zusätzlich auch solche Flächen, z.B. Ackerflächen, betreten, wo landwirtschaftliche Nutztiere nicht anzutreffen sind.

### 7.1 Tränkwasser

Während Trinkwasser für den Menschen grundsätzlich den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 21.05.2001) entsprechen soll, gibt es für Tränkwasser gegenwärtig keine vergleichbaren detaillierten rechtlichen Anforderungen.

In der Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene werden im Abschnitt „Futtermittel und Wasser“ jedoch Bestimmungen formuliert. Demnach muss Tränkwasser für die betreffenden Tiere „geeignet“ sein. Da der Gesetzgeber sich auf allgemeine Formulierungen beschränkt, hat das BMELV im Mai 2007 einen Orientierungsrahmen zur futtermittelrechtlichen Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser herausgegeben. Dieser stützt sich auf eine Studie aus demselben Jahr. Das BfR hat sich den Empfehlungen des BMELV angeschlossen und sieht zurzeit keinen weiteren Handlungsbedarf.

Die Einhaltung dieser Anforderungen durch entsprechende Kontrolle, Reinigung und Wartung der Tränketchnik kann einen adäquaten Hygienestatus des „aufgenommenen“ Wassers gewährleisten. Dennoch muss angemerkt werden, dass unter bestimmten Bedingungen sehr schnell erhöhte Keimzahlen auftreten können, wenn Kontaminationen z.B. über Stallstaub, Futterreste oder Exkremate in das Wasser gelangen oder wenn bei hohen Temperaturen lange „Standzeiten“ des Wassers in den Tränkeeinrichtungen nicht vermieden werden.

### 7.2 Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdünger gehören gemäß Düngemittelverordnung (Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln [Düngemittelverordnung – DüMV] vom 16.12.2008) zu den organischen Düngemitteln und umfassen alle organischen Dünger, die im landwirtschaftlichen Betrieb anfallen, z.B. Festmist, Gülle, Jauche. Da es sich hierbei um Stoffe tierischer Herkunft handelt, ist davon auszugehen, dass sie möglicherweise auch für Mensch und Tier relevante Krankheitserreger

enthalten können. Düngemittel dürfen jedoch nur zugelassen bzw. in den Verkehr gebracht werden, wenn sie bei sachgerechter Anwendung die Gesundheit von Mensch und Tier nicht schädigen. Aus diesem Grund sind in der Düngemittelverordnung (DüMV) Anforderungen an die Seuchenhygiene von Düngemitteln festgelegt worden. Die Anforderungen gelten als nicht eingehalten, wenn in 50 Gramm Probenmaterial Salmonellen gefunden werden. Der Nachweis anderer tier- und humanpathogener Erreger ist jedoch bisher nicht vorgeschrieben.

Da es keine verbindlichen Anforderungen an die Hygienisierung von Wirtschaftsdünger gibt, ist davon auszugehen, dass möglicherweise in den tierischen Ausscheidungen vorhandene humanpathogene Keime auch nach einer in der Regel mehrmonatigen Lagerung von Festmist, Gülle oder Jauche im Betrieb nicht vollständig eliminiert werden. Eine verlässliche Einschätzung über die Belastung von Wirtschaftsdünger mit für Mensch und Tier relevanten Krankheitserregern kann beim gegenwärtigen Kenntnisstand jedoch nicht abgegeben werden.

### **7.3 Tierische Nebenprodukte**

In der Düngemittelverordnung (Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln [Düngemittelverordnung – DüMV] vom 16.12.2008) werden unter der Bezeichnung „andere organische Stoffe“ auch tierische Nebenprodukte als Ausgangsstoffe für organische Düngemittel aufgeführt. Bei der Verwendung von unbehandelten tierischen Nebenprodukten, z.B. Schlachtabfällen, Magen- und Panseninhalt etc., ist davon auszugehen, dass diese möglicherweise für Mensch und Tier relevante Krankheitserreger enthalten können. Dementsprechend sind tierische Nebenprodukte zur Gewährleistung der seuchenhygienischen Unbedenklichkeit gemäß den Bestimmungen der Verordnung (EU) Nr. 142/2011 sowie den Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte zu behandeln. Die hier aufgeführten Standardverarbeitungsmethoden mit Hitzebehandlung werden als ausreichend für eine Reduzierung von Krankheitserregern angesehen, sodass keine seuchenhygienischen Risiken von entsprechend behandelten Produkten zu erwarten sind.

### **7.4 Gärreste aus Bioabfallbehandlung**

Gärreste aus Biogasanlagen werden zu den Wirtschaftsdüngern gezählt, wenn sie aus der Vergärung von in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben angefallenen pflanzlichen Materialien, auch gemischt mit tierischen Ausscheidungen, entstanden sind. Für diese Gärreste gelten, wie unter Punkt 3. Wirtschaftsdünger aufgeführt, bisher keine verbindlichen Anforderungen an die Hygienisierung.

Werden noch andere Stoffe, zum Beispiel Bioabfälle, zu denen auch die tierischen Nebenprodukte gehören, in Biogasanlagen mitvergoren, handelt es sich nicht um Wirtschaftsdünger, wohl aber um organische Düngemittel nach der Düngemittelverordnung. Diese unterliegen den Hygieneanforderungen gemäß Bioabfallverordnung (BioAbfV).

Gärreste können, wie oben beschrieben, aus den verschiedensten Ausgangssubstraten entstehen, die während des Gärprozesses in Abhängigkeit von der Verweildauer, der Temperatur und dem Mischungsverhältnis unterschiedlichen Abbauraten unterliegen. Eine mögliche Belastung der Gärreste mit auch für Mensch und Tier relevanten Krankheitserregern hängt im Wesentlichen von den verwendeten Ausgangsmaterialien sowie von dem Behandlungsverfahren ab.

Generell ist davon auszugehen, dass die in der Bioabfallverordnung (BioAbfV) festgelegten Anforderungen an die Hygienisierung der Bioabfälle in Vergärungsanlagen (Biogasanlagen) ausreichend sind, um die in Gärresten vorkommenden vegetativen Formen von Bakterien zu eliminieren.

## 7.5 Fazit

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Möglichkeit besteht, dass in organischen Düngemitteln, insbesondere wenn Wirtschaftsdünger (z.B. Festmist, Jauche und Gülle) und andere organische Stoffe als Ausgangsmaterialien verwendet werden, Zoonoseerreger und andere pathogene Keime vorhanden sein können und somit eine Gesundheitsgefahr für Mensch und Tier darstellen könnten. Auch bei der Weidehaltung von Wiederkäuern ist ein Eintrag von Krankheitserregern mit dem Kot der Tiere auf die Flächen möglich. Darüber hinaus kann es sowohl über kontaminiertes Tränkwasser als auch über an Weiden angrenzende Oberflächengewässer gegebenenfalls zu einer Ausbreitung pathogener Erreger kommen.

Bei der Verarbeitung tierischer Nebenprodukte dagegen führen die dort angewendeten Standarderhitzungsverfahren zur Abtötung pathogener Mikroorganismen. Bei Gärresten aus der Bioabfallbehandlung sind die Anforderungen an die Hygienisierung für die Reduktion vegetativer Bakterienzellen, jedoch nicht für die Eliminierung von hitzeresistenten Sporenbildnern, geeignet.

Überall dort, wo eine Möglichkeit für den Eintrag von Mikroorganismen in organische Düngemittel besteht und die anschließende Behandlung nicht zu einer Eliminierung der Erreger führt, ist ein hygienisches Risiko nicht auszuschließen. Dies trifft für das Vorkommen von Salmonellen und anderen pathogenen Mikroorganismen gleichermaßen zu wie auch für enterohämorrhagische *E. coli*.

Allerdings bildet der Stamm EHEC O104:H4, der das aktuelle Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011 ausgelöst hat, eine Besonderheit. Dieser Stamm ist eine Rekombinante aus einem enteroaggregativen und einem enterohämorrhagischen *E. coli*, der bisher noch nicht bei Tieren oder aus Lebensmitteln isoliert werden konnte, sondern lediglich beim Menschen nachgewiesen wurde. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist nicht davon auszugehen, dass EHEC O104:H4 eine maßgebliche Bedeutung für die Kontamination landwirtschaftlicher Matrices besitzt.

## 7.6 Referenzen

- BMELV. 2007. Hygienische Qualität von Tränkwasser. Online verfügbar unter: [www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Futtermittel/Orientierungsrahmen-Traenkewasser.html](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Futtermittel/Orientierungsrahmen-Traenkewasser.html) (Stand: 22.11.2011)
- Kamphues, J., Böhm, R., Flachowsky, G., Lahrssen-Wiederholt, M., Meyer, U., Schenkel, H. 2007. Empfehlungen zur Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser für Lebensmittel liefernde Tiere unter Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen. *Landbauforschung Völkenrode* 3 (57), 255–272
- Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 (Verordnung über tierische Nebenprodukte)
- Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene

- Verordnung (EU) Nr. 142/2011 der Kommission vom 25. Februar 2011 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte sowie zur Durchführung der Richtlinie 97/78/EG des Rates hinsichtlich bestimmter gemäß der genannten Richtlinie von Veterinärkontrollen an der Grenze befreiter Proben und Waren
- Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung – DüMV) vom 16.12.2008
- Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) vom 21.05.2001
- Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21.09.1998

## 8 Risikokommunikation



**Abb. 20: 05. Juli 2011: Pressekonferenz von RKI, BfR und BVL (v.l.n.r.: Prof. R. Burger, Prof. A. Hensel, Dr. H. Tschiersky-Schöneburg)**

Eine wichtige und gesetzliche Aufgabe des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) ist die Risikokommunikation. Sie ist als kontinuierlicher und interaktiver Prozess definiert und durch einen partizipativen Dialog mit verschiedenen Zielgruppen charakterisiert. Risikokommunikation geht damit weit über die allgemeine Vermittlung der Ergebnisse aus der Risikobewertung hinaus. Die frühzeitige Information der Öffentlichkeit über mögliche Risiken gesundheitlicher Art, gewonnene Erkenntnisse und Arbeitsergebnisse bildet die Basis für diesen Dialog.

wahrgenommen werden bzw. welche Faktoren Einfluss auf die Risikowahrnehmung nehmen. Unterschiede in der Wahrnehmung dessen, was als Risiko bezeichnet wird, werden u.a. darin sichtbar, dass „auf der einen Seite relativ unbedeutende Risiken einen erheblichen Platz in der öffentlichen Wahrnehmung einnehmen, während andererseits zum Teil schwerwiegende Risiken unterschätzt oder sogar verdrängt werden“ (Risikokommission, 2003). Faktoren, die Einfluss auf die Risikowahrnehmung nehmen, können den drei Kategorien *Eigenschaften des Risikos*, *Eigenschaften des Wahrnehmenden* und *seiner Situation* sowie *Eigenschaften der Risikokommunikation* zugeordnet werden. Bei der Analyse der individuellen Risikowahrnehmung geht es somit darum, welche Art von Risiko von wem auf Grundlage welcher Informationen wahrgenommen wird (Kurzenhäuser & Epp, 2009).

Notwendige Voraussetzung für eine adäquate Risikokommunikation ist unter anderem das Wissen darüber, wie Risiken

Auch die Art und das Ausmaß der Kommunikation über Risiken haben einen erheblichen Einfluss auf die individuelle Risikowahrnehmung. Dies gilt auf der Ebene der Massenkommunikation über Zeitungen, Fernsehen und Internet genauso wie auf der Ebene der individuellen Kommunikation. Selektive oder einseitige Informationen über Risiken können damit zu Fehleinschätzungen führen, etwa wenn in den Medien hauptsächlich das Katastrophenpotenzial neuer Risiken thematisiert wird. Erst auf Grundlage der Erkenntnis über Faktoren, die maßgeblich die Risikowahrnehmung beeinflussen, kann effektive Risikokommunikation betrieben werden (Kurzenhäuser & Epp, 2009).

Generell verfolgt die Risikokommunikation unter anderem folgende Ziele (Wiedemann & Schütz, 2006): Zum einen soll die Kommunikation über Risiken den allgemeinen Wissensstand über Risiken und deren wissenschaftliche Grundlagen (zum Beispiel Risikoabschätzungen) verbessern. Hier geht es in erster Linie um die Information über und die Erklärung von bzw. die Aufklärung über Risiken. Die Verbesserung des Wissensstands ist eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende Bedingung für die Initiierung von Verhaltensänderungen und die Förderung präventiver Maßnahmen, die ein ebenso zentrales Anliegen der Risikokommunikation ist. Ein weiteres Ziel, das allerdings eher der Krisenkommunikation zuzuordnen ist, ist die effektive Information bei Notfällen und Katastrophen.

Risikokommunikation betrifft somit die Bereiche Vorbeugen und Vorbereiten (durch Aufklärung und Sensibilisierung) und bezieht sich auf zukünftige und unbekanntere Ereignisse. Damit wird angestrebt, Schaden zu verhindern. Risikokommunikation hat längere Zeithorizonte im Blick. Die Krisenkommunikation hingegen nimmt Bezug auf die Reaktion nach einem konkreten Zwischenfall und ist kurzfristig an der Wiederherstellung der betroffenen Infrastruktur in-

teressiert (vgl. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [Hrsg.], 2007, S. 320).

Während des EHEC-Ausbruchsgeschehens hatten die Kommunikationsmaßnahmen der Behörden eine wichtige, relevante Rolle. Sie informierten (ob direkt oder indirekt über die Medien) die Bevölkerung, die in einer solchen Zeit ein erhöhtes Informationsbedürfnis hat. Im Rahmen von Krisenkommunikation ist eine sachliche, verständliche und eindeutige Kommunikation erforderlich, um Ängste der Bevölkerung zu minimieren. Die Kommunikation politischer Institutionen nach außen muss offen und transparent gestaltet werden. Das impliziert ebenso, dass auch Unsicherheiten, die in verschiedenen Zusammenhängen auftauchen können, erklärt werden sollten (Günther et al., 2011).

### **8.1 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit**

Die offene Informationspolitik während des EHEC-Ausbruchs basierte auf einer engen Kooperation mit allen beteiligten Institutionen, einer kontinuierlichen Pressearbeit und einem etablierten Netzwerk mit regionalen und überregionalen Medien und Journalisten.

Im Jahr 2011 wurden zehn Pressemitteilungen zum Thema EHEC, davon drei gemeinsam mit dem Robert Koch-Institut (RKI) und dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), sowie eine Pressemitteilung gemeinsam mit dem RKI veröffentlicht (siehe Anhang, Tabelle 10). Insbesondere die Verzehrsempfehlungen wurden mit dem RKI abgestimmt und kommuniziert. Eine Webseite zum Thema EHEC, deren Zugriffszahlen mit über 200.000 Besucherzugriffen auf die BfR-Homepage pro Woche deutlich über dem Durchschnitt von 30–40.000 Besucherzugriffen lagen, unterstützte die externe Kommunikation.

Weiterhin hat das BfR elf wissenschaftliche Stellungnahmen veröffentlicht, davon eine Stellungnahme gemeinsam mit dem RKI (siehe Anhang, Tabelle 11). Die Stellungnahmen wurden in der Regel mit dem sogenannten „Grauen Kasten“ versehen. Dieser fasst die Ergebnisse der Risikobewertung allgemeinverständlich zusammen und ist damit ein wichtiges Instrument des BfR, um die Verständlichkeit, Transparenz und Nutzbarkeit wissenschaftlicher Bewertungen zu erhöhen. Häufig gestellte Fragen und Antworten (FAQ) zu vier Themenblöcken wurden genutzt, um Verbraucherinnen und Verbraucher umfassend zu informieren (siehe Anhang, Tabelle 13).

Das BfR hat über 300 Presseanfragen beantwortet und über 50 Fernsehinterviews gegeben. Es fanden fünf Pressekonferenzen zum Thema EHEC statt, an denen das BfR aktiv beteiligt war. Zwei der Pressekonferenzen fanden im BfR, zwei im RKI und eine im Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) statt. Die zahlreichen Bürgeranfragen konnten, auch mit Unterstützung der Hotlines der Ministerien und der Kooperation mit dem aid, bewältigt werden.

Um fundierte Ergebnisse zu erhalten, anhand derer strategische Entscheidungen für die Kommunikation getroffen werden können, wurde während der Krise eine repräsentative Medienresonanzanalyse erstellt. Folgende Zeitungen und Zeitschriften wurden in die Medienresonanzanalyse einbezogen: Berliner Morgenpost, Berliner Zeitung, Bild, Bild am Sonntag, Die Welt, Die Zeit, FAZ, FAZ-Sonntag, Financial Times Deutschland, FOCUS, Frankfurter Rundschau, Hamburger Abendblatt, Handelsblatt, Lebensmittelzeitung, Rheinische Post, Spiegel, Stern, Stuttgarter Zeitung, Süddeutsche Zeitung, Tagesspiegel, TAZ, Wirtschaftswoche. In diesem ausgewählten Mediensample wurden alle redaktionellen Beiträge mit Nennungen des Themas EHEC erfasst und analysiert, wie häufig über das Thema EHEC im Zeitverlauf berichtet wurde. Weiterhin wurde ermittelt, wie häufig über das BfR im Zusam-

menhang mit dem Thema EHEC insgesamt berichtet wurde und welche der analysierten Medien am häufigsten über das Thema EHEC berichteten.

Insgesamt wurden im Analysezeitraum vom 16.05.2011 bis 15.06.2011 1.598 Artikel mit Nennung des Themas EHEC in Printmedien veröffentlicht. Im Zeitverlauf erreichte die Berichterstattung zu EHEC bzw. zum BfR in Verbindung mit EHEC zwischen dem 03.06.2011 und 11.06.2011 ihren Höhepunkt mit insgesamt 855 Artikeln, davon 79 Artikel mit Bezug zum BfR.

In Abb. 21 wird deutlich, dass es besonders viele Berichte zum Thema am 27. Mai 2011 gab, einen Tag nachdem das Hamburger Institut für Hygiene und Umwelt Salatgurken aus Spanien als Träger von EHEC identifizierte. Einen weiteren Peak in der Medienberichterstattung gab es am 03. und 04. Juni 2011. Kurz zuvor, am 02. Juni 2011, entzifferten Wissenschaftler am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf das Erbgut des Erregers und stellten eine bisher unbekannte Variante durch die Kombination von bestimmten Erbmerkmalen fest. Insgesamt am häufigsten wurde am 08. Juni 2011 in den genannten Medien über das Thema EHEC berichtet. In diesen Berichten wurde unter anderem das deutsche Krisenmanagement thematisiert.

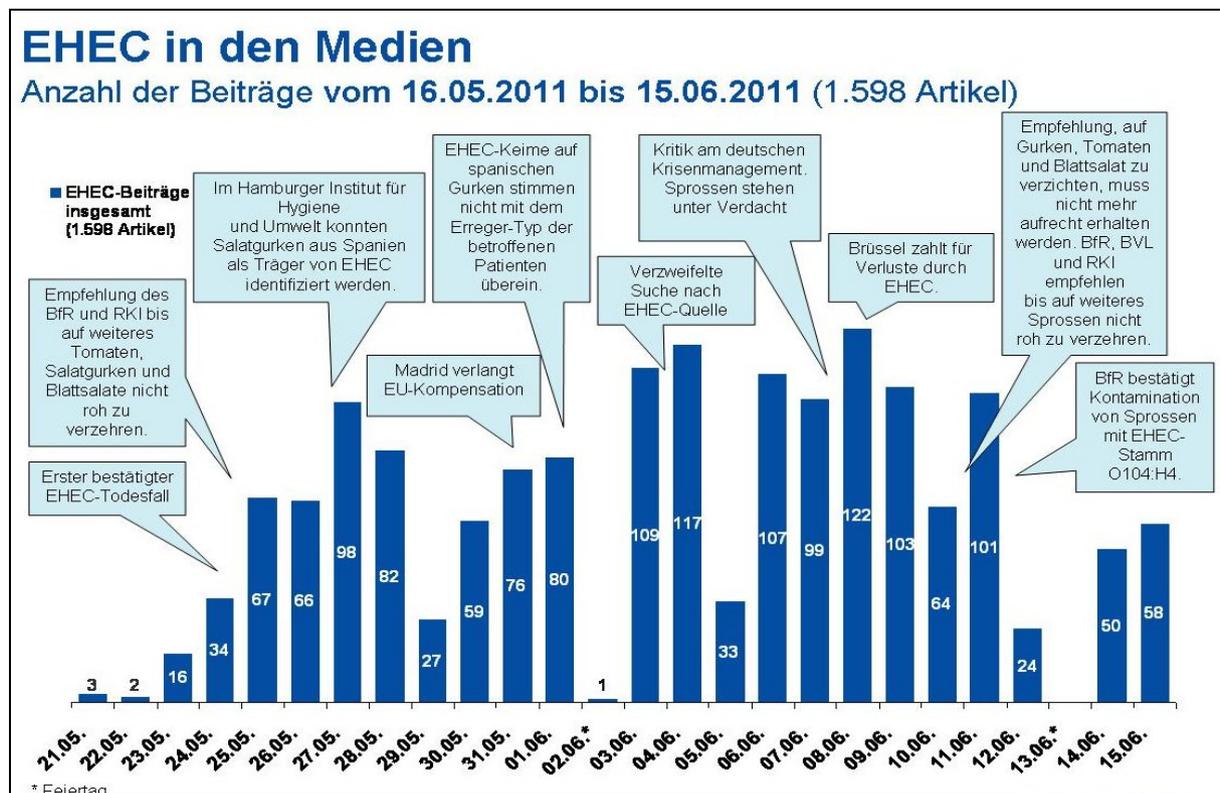


Abb. 21: EHEC in den Medien

Das BfR wurde in 130 Artikeln im Zusammenhang mit EHEC genannt (siehe Abb. 22). Es wurde größtenteils in Zusammenhang mit Verbraucherhinweisen im Rahmen des Krisenmanagements der Bundesregierung erwähnt. Am 07.06.2011 erschien das BfR am häufigsten in Zusammenhang mit EHEC in den Medien. An diesem Tag wurde in einer Stellungnahme des BfR mitgeteilt, „dass der Eintrag des Erregers im jetzigen Ausbruchsgeschehen in betroffene Lebensmittel über den Menschen oder vom Menschen über die Umwelt erfolgt sein kann“ (Stellungnahme verfügbar über: [www.bfr.bund.de/cm/343/enterohaemorrhagische\\_escherichia\\_coli\\_o104\\_h4.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/enterohaemorrhagische_escherichia_coli_o104_h4.pdf)). Am 11.06.2011 tauchte das BfR im Zusammenhang mit EHEC in dem analysierten Medienset ebenfalls sehr häufig auf. Am 10.06.2011 identifizierten das BfR, das BVL und das RKI Sprossen aus einem Gartenbaubetrieb in Niedersachsen als Quelle des EHEC-Ausbruchs und hoben die Ver-

zehrsempfehlung für Gurken, Tomaten und Salat auf. Auch am 14.06.2011 tauchte das BfR im Zusammenhang mit EHEC vergleichsweise häufig auf. Dem ging am 12.06.2011 die Empfehlung des BfR voraus, auf den Verzehr von selbstgezogenen und rohen Sprossen zu verzichten.

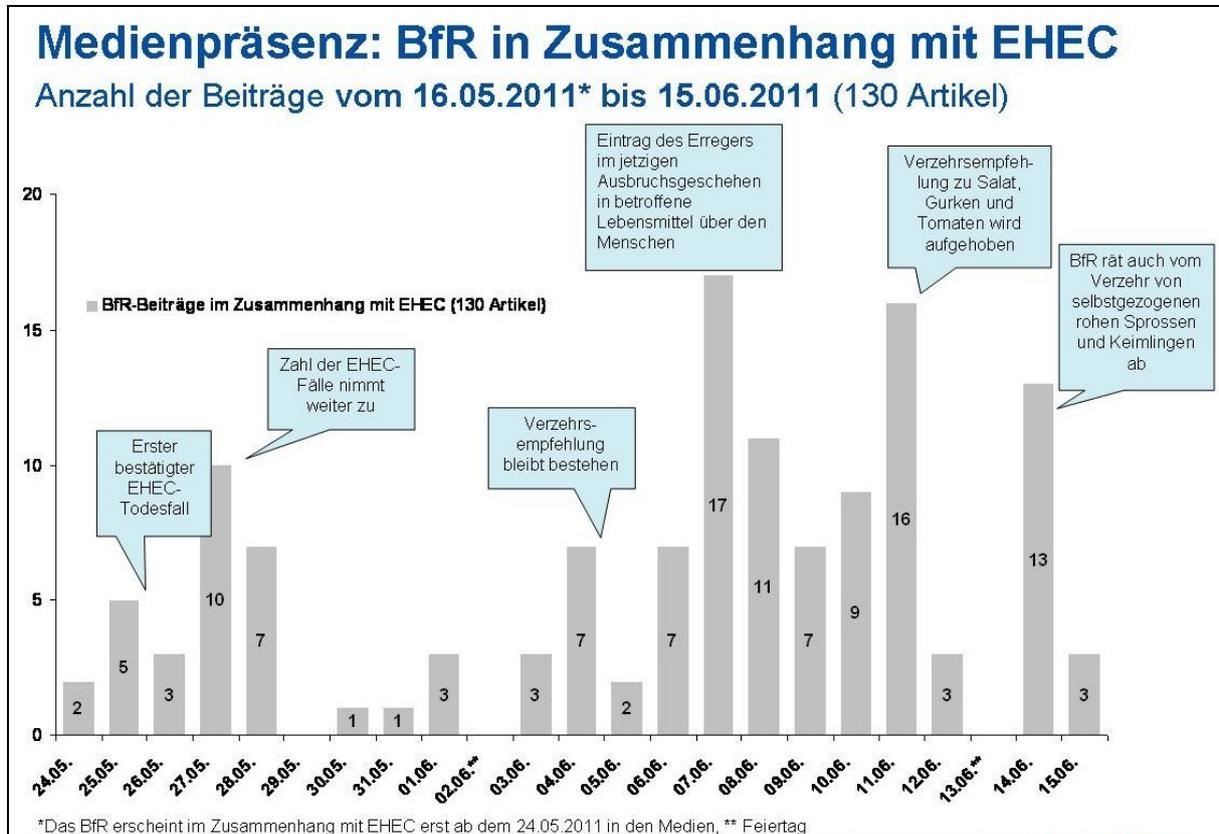


Abb. 22: Medienpräsenz: Das BfR in Zusammenhang mit EHEC

Am häufigsten fand sich der Begriff EHEC in der Berichterstattung der Süddeutschen Zeitung (207 Nennungen), der Bild (161 Nennungen) und im Hamburger Abendblatt (144 Nennungen).

## 8.2 BfR-Risikokommunikation auf europäischer Ebene

Seit dem 27.05.2011, kurz nachdem in Deutschland die ersten Todesfälle im Zusammenhang mit dem EHEC-Ausbruch bekannt geworden waren, hat das BfR in seiner Eigenschaft als deutsche EFSA-Kontaktstelle die nationalen Schwesterbehörden in Europa sowie die EFSA mit 17 Mitteilungen über den jeweiligen Erkenntnisstand in Deutschland unterrichtet.

Außer den 26 EU-Mitgliedstaaten wurden sechs weitere europäische Staaten über den aktuellen Sachstand informiert, damit diese ihrer Verantwortung für ihre Bürger gerecht werden konnten.

Bereits in der ersten Mitteilung an die europäische Ebene hat das BfR am 25.05.2011 auf die verschiedenen Informationsquellen in Deutschland zum EHEC-Ausbruch hingewiesen. Auf diese Weise standen in Europa den Verantwortlichen die notwendigen Informationen zur Verfügung, um die Bevölkerung, z.B. auch im europäischen Reiseverkehr, angemessen zu informieren und in den vom EHEC-Ausbruch betroffenen Staaten Schutzmaßnahmen vorzubereiten.

Um den Kontakt mit den verantwortlichen Stellen auf europäischer Ebene zu intensivieren, hat das BfR am 09.06.2011 eine Telefonkonferenz durchgeführt, zu der Vertreter aller 26 Mitgliedstaaten sowie der EFSA eingeladen waren. In der Telefonkonferenz wurden Informationen im Hinblick auf die Identifizierung der Quelle des EHEC-Ausbruchs und die wissenschaftlichen Aktivitäten ausgetauscht.

BfR-Wissenschaftler waren Mitglieder der EFSA Task Force und haben auf diese Weise zur Aufklärung des Ausbruchsgeschehens in Europa beigetragen.

Das BfR hat durch seine fachlichen Informationen aus Deutschland die Grundlage für Verzehrsempfehlungen auf europäischer Ebene geschaffen. Es hat weiterhin z.B. durch den Know-how-Transfer zum Nachweisverfahren des Erregerstammes die Aufklärung des französischen Ausbruchsgeschehens unterstützt und auch am weiteren internationalen wissenschaftlichen Informationsaustausch, z.B. an Telefonkonferenzen der WHO, teilgenommen.

### **8.3 Analyse der Risikowahrnehmung der Bevölkerung**

Mit dem Abklingen des EHEC-Ausbruchsgeschehens wurde eine repräsentative Bevölkerungsbefragung zum Wissen über EHEC, zur Risikowahrnehmung, zum veränderten Verhalten seit Bekanntwerden der ersten EHEC-Fälle sowie zur Einschätzung (insbesondere der behördlichen) Kommunikation im Zusammenhang mit EHEC durchgeführt. Vom 08. bis 20. August 2011 wurde diese Befragung mittels computergestützter Telefoninterviews durchgeführt. Es wurden insgesamt 1.002 Personen ab einem Alter von 14 Jahren befragt. Die befragte Stichprobe ist repräsentativ für alle in der Bundesrepublik Deutschland in Privathaushalten mit Telefonanschluss lebenden deutschsprachigen Personen<sup>5</sup>.

#### **8.3.1 Wissen zu EHEC**

Von den 1.002 Befragten gaben 931 Personen (= 93 %) an, von dem EHEC-Ausbruchsgeschehen gehört oder gelesen zu haben. 7 % der Befragten war dies jedoch nicht bekannt. Hinsichtlich der Bekanntheit des EHEC-Ausbruchsgeschehens gab es deutliche regionale Unterschiede. In einigen Bundesländern (Hamburg und Sachsen-Anhalt) hatten alle Befragten davon gehört oder gelesen. In Sachsen (84 %) und im Saarland (82 %) hatten im Vergleich dazu die wenigsten Personen von dem EHEC-Ausbruchsgeschehen gehört oder gelesen. Die bundeslandspezifischen Ergebnisse (die auch im Weiteren berichtet werden) sollten generell mit Vorsicht interpretiert werden, da die befragte Stichprobe zwar für die gesamte Bundesrepublik Deutschland repräsentativ ist, nicht jedoch für jedes einzelne Bundesland. Keine oder nur marginale Unterschiede gab es hinsichtlich dieser Frage zwischen Männern und Frauen und im Hinblick auf das Alter der befragten Personen.

Im Folgenden wird bei der Darstellung der Ergebnisse jeweils auf die 931 Personen Bezug genommen, die von dem EHEC-Ausbruch gehört oder gelesen hatten.

---

<sup>5</sup> Im Anhang sind in tabellarischer Form detaillierte Informationen zum Alter, zum Geschlecht, zum höchsten Schul- bzw. Hochschulabschluss sowie zur Anzahl der befragten Personen pro Bundesland aufgeführt (Tabellen 15 bis 18 im Anhang).

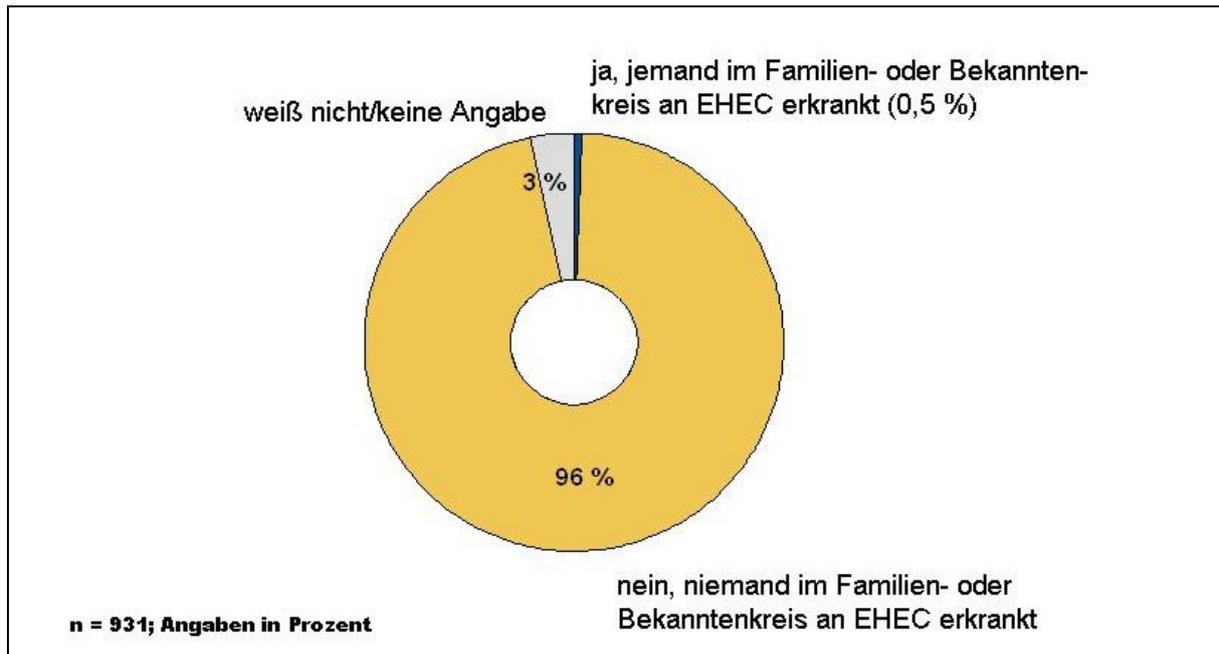


Abb. 23: Waren Sie, ein Mitglied ihrer Familie bzw. ein Mitglied Ihres Freundes- oder Bekanntenkreises an EHEC erkrankt?

Fast alle der befragten Personen (96 %) gaben an, dass sie nicht persönlich von EHEC betroffen waren, d.h., dass weder sie selbst noch jemand aus dem Familien- oder Bekanntenkreis eine EHEC-Infektion hatten (siehe Abb. 23). 3 % der Befragten machten zu dieser Frage keine Angaben bzw. waren sich nicht sicher, ob jemand aus dem Familien- oder Bekanntenkreis an EHEC erkrankt war. Lediglich fünf Befragte (= 0,5 %) berichteten, dass ein Mitglied des Familien- oder Bekanntenkreises an EHEC erkrankt war. Keiner der Befragten hatte sich selbst mit dem EHEC-Erreger infiziert.

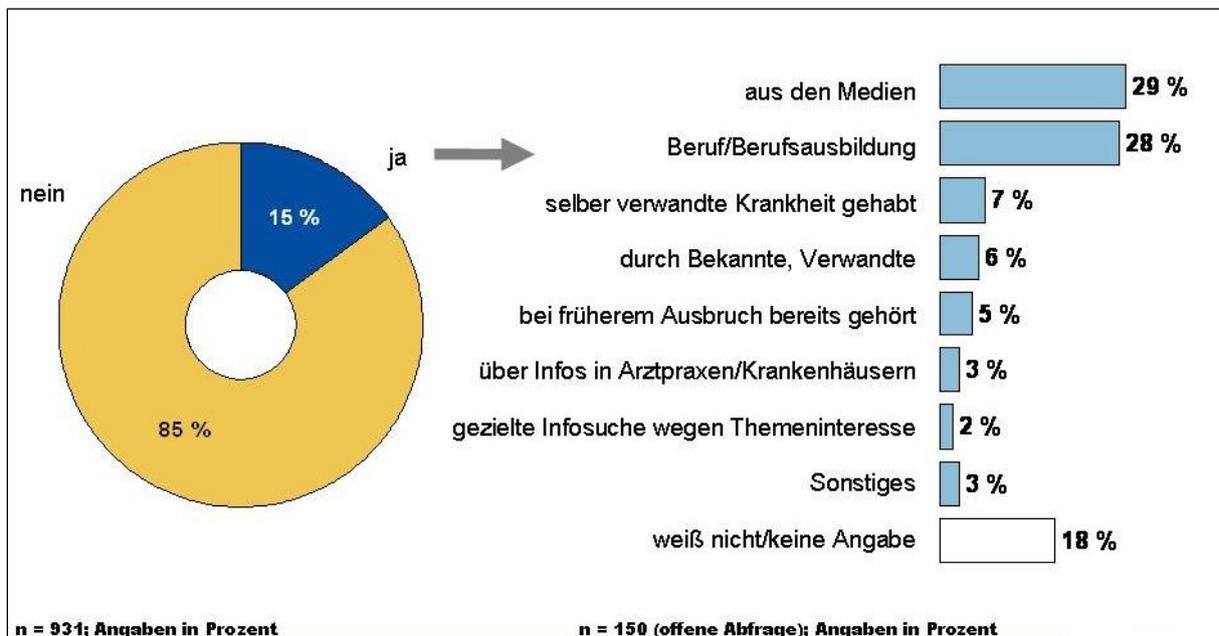
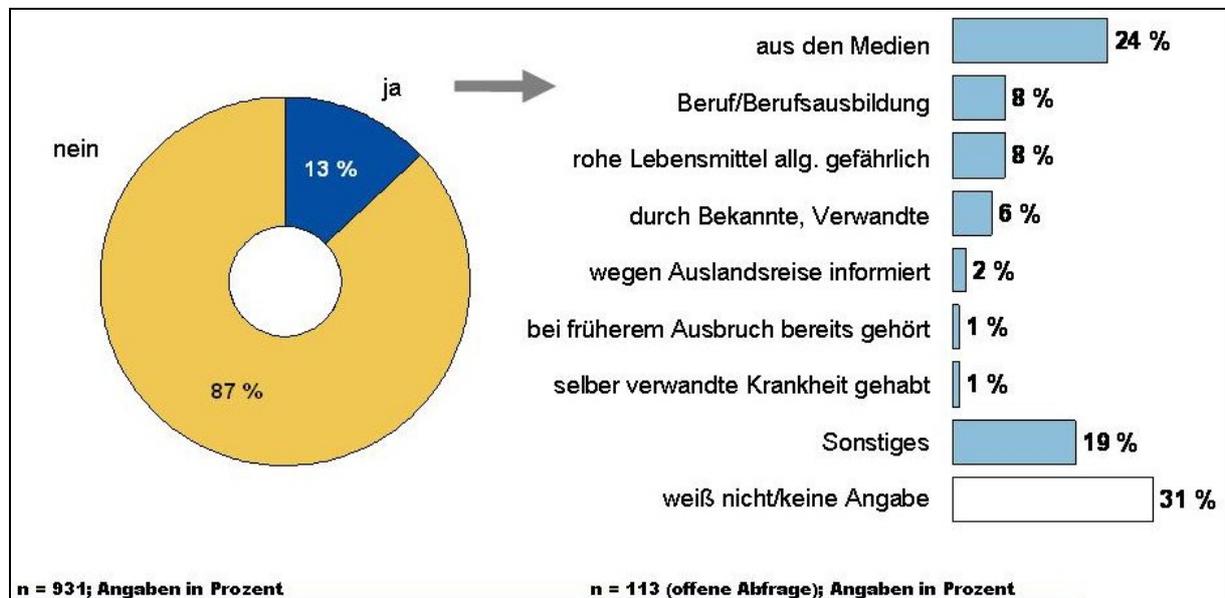


Abb. 24: Hatten Sie vor dem EHEC-Ausbruch schon einmal von EHEC gehört oder gelesen? In welchem Zusammenhang haben Sie davon gehört?

Die deutliche Mehrheit (85 %) der befragten Personen hatte vor dem Ausbruch im Mai, Juni und Juli 2011 noch nie von dem Thema EHEC gehört oder gelesen. Die 15 % der Befragten (N = 150), die von dem Thema vorher schon gehört oder gelesen hatten, waren damit hauptsächlich über die Medien (29 %) oder den Beruf bzw. die Berufsausbildung (28 %) konfrontiert worden (siehe Abb. 24).



**Abb. 25:** Hatten Sie vor dem EHEC-Ausbruch schon einmal gehört oder gelesen, dass der Verzehr von rohen Sprossen eine Lebensmittelinfektion auslösen kann? In welchem Zusammenhang haben Sie davon gehört?

Weiterhin wurde gefragt, ob schon vor dem EHEC-Ausbruchsgeschehen im Jahr 2011 davon gehört oder gelesen wurde, dass der Verzehr von rohen Sprossen eine Lebensmittelinfektion auslösen kann. Diese Frage wurde von 13 % der Befragten bejaht. Auf die Nachfrage, in welchem Zusammenhang das war, machte fast ein Drittel der Befragten (31 %) keine Angabe bzw. gab an, dass sie nicht wussten, in welchem Zusammenhang das war. Etwa ein Viertel der Befragten (24 %) gab an, aus den Medien gehört bzw. gelesen zu haben, dass der Verzehr von rohen Sprossen eine Lebensmittelinfektion auslösen kann (siehe Abb. 25).

Die Frage, ob bekannt sei, in welchen anderen Lebensmitteln EHEC-Bakterien noch vorkommen können, wurde von der Hälfte der Befragten (49 %, n = 446) bejaht. Weitere 50 % der Befragten verneinte diese Frage, 1 % der Befragten machte dazu keine Angabe bzw. gab an, dass sie es nicht wussten.

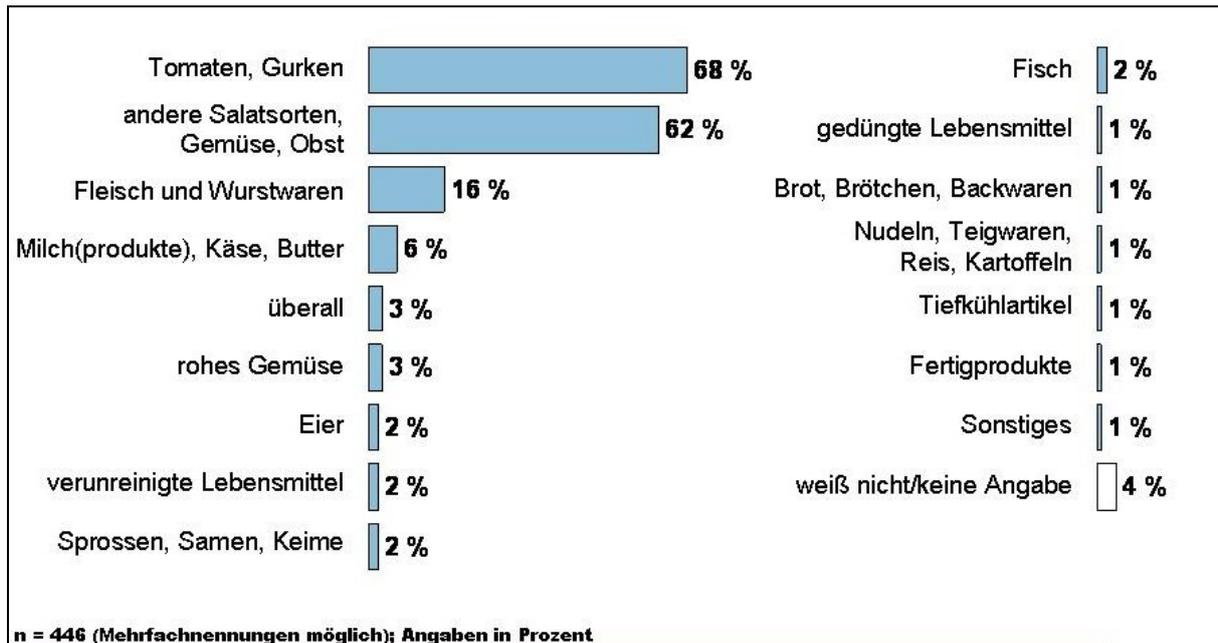


Abb. 26: In welchen Lebensmitteln können EHEC-Bakterien Ihrer Meinung nach noch vorkommen?

Von den Personen, die angaben zu wissen, in welchen anderen Lebensmitteln EHEC-Bakterien noch vorkommen können, wurden am häufigsten Tomaten und Gurken (von 68 % der Befragten) und Salate, Gemüse und Obst (von 62 % der Befragten) genannt. Vergleichsweise selten wurde genannt, dass EHEC-Bakterien in Fleisch- und Wurstwaren (16 % der Befragten) und in Milch(produkten), Käse und Butter (6 % der Befragten) vorkommen können (siehe Abb. 26).

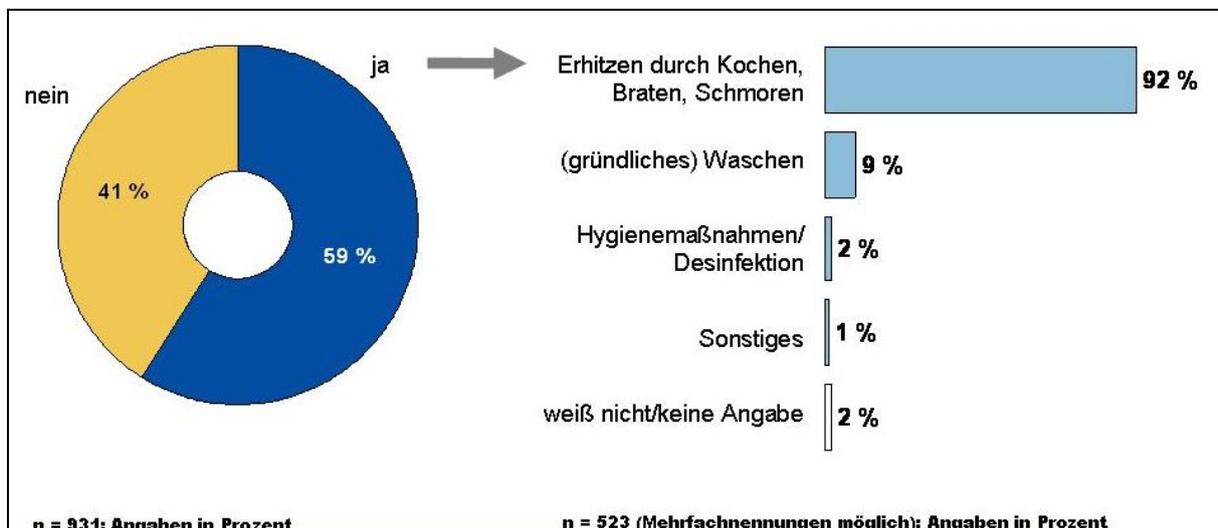


Abb. 27: Wissen Sie, wodurch EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden können? Durch welche Maßnahmen können EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden?

Die Frage, ob sie wüssten, wodurch EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden können, bejahte die Mehrheit (59 % der Befragten). Dennoch gaben aber auch 41 % der Befragten an, explizit nicht zu wissen, wodurch EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden können. Als Möglichkeit, EHEC-Bakterien abzutöten, wurde von fast allen (92 %), die diese Frage bejahten, angegeben, dass dies durch Erhitzen (durch Kochen, Braten, Schmoren) möglich sei. Ein kleiner Teil der Befragten (9 %, n = 51) gab an, dass dies durch (gründ-

liches) Waschen bzw. durch Hygienemaßnahmen bzw. Desinfektion (2 %, n = 9) möglich sei (siehe Abb. 27).

8.3.2 Risikowahrnehmung und verändertes Verhalten

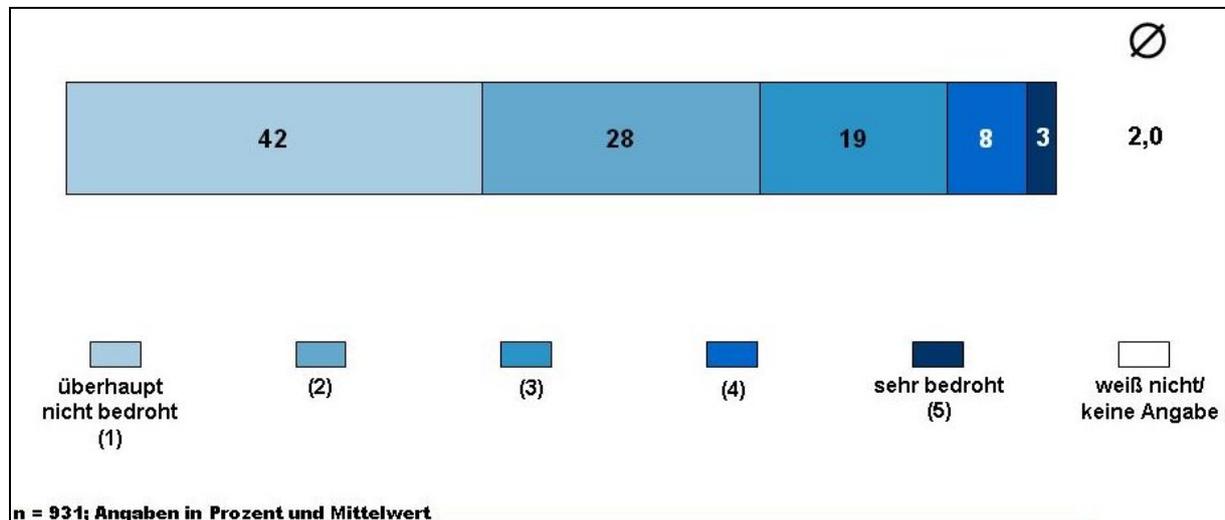


Abb. 28: Haben Sie oder Ihre Familie sich durch EHEC bedroht gefühlt?

Auf die Frage, ob man sich selbst bzw. ob sich die eigene Familie durch EHEC bedroht gefühlt hat, gaben 70 % der Befragten an, dass sie sich (überhaupt) nicht durch EHEC bedroht gefühlt haben (siehe Abb. 28). Etwa ein Fünftel (19 %) der Befragten gab an, dass sie bzw. ihre Familie sich etwas bedroht gefühlt haben. Nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Befragten (11 %) fühlte sich (sehr) bedroht.

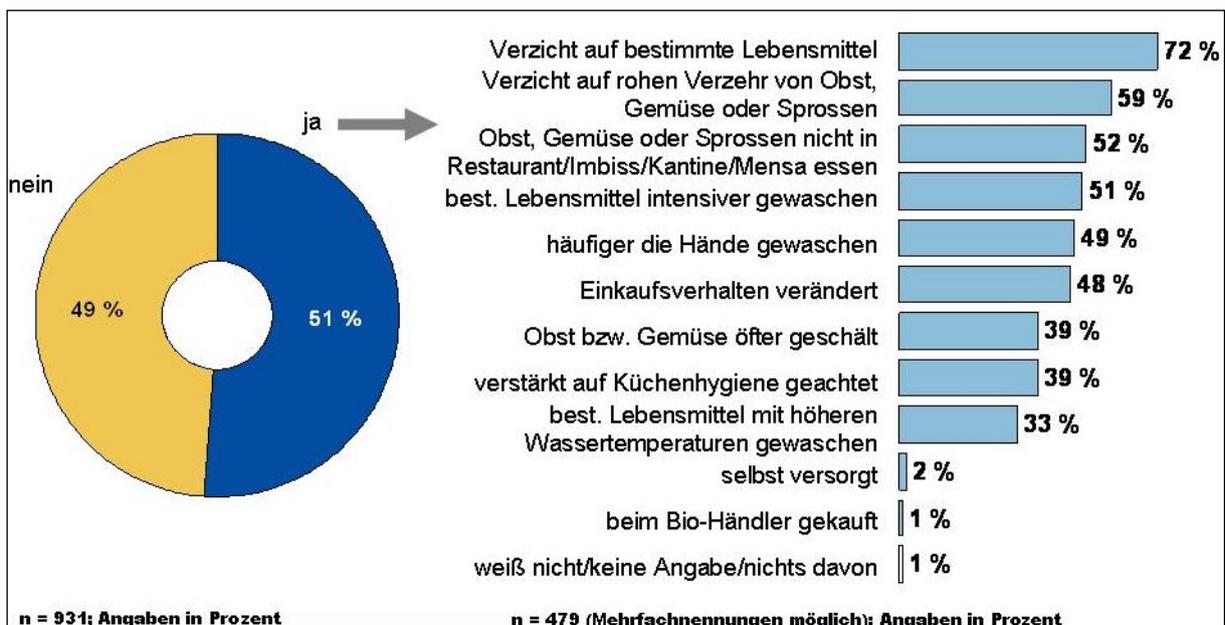
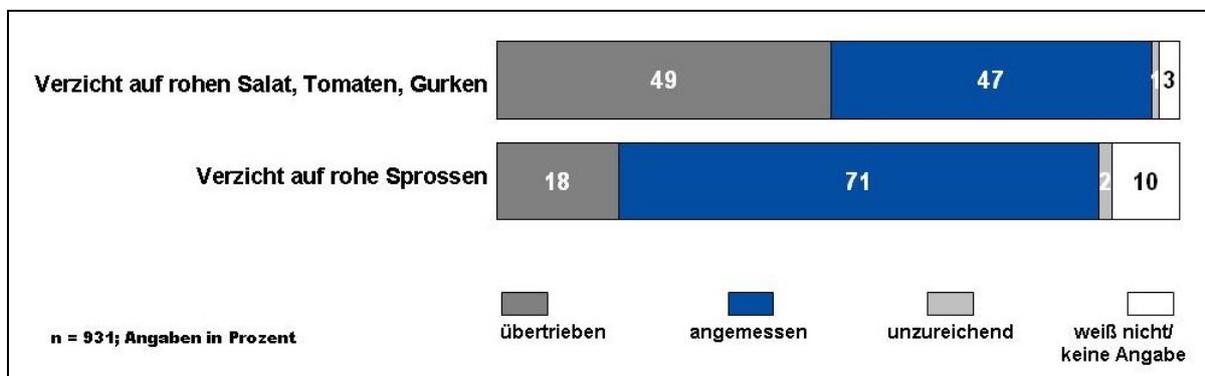


Abb. 29: Haben Sie Ihr Verhalten während des EHEC-Ausbruchs verändert, um sich vor dem Keim zu schützen? Was haben Sie getan, um sich vor EHEC zu schützen?

Etwa die Hälfte der Befragten (51 %) gab an, ihr Verhalten während des EHEC-Ausbruchsgeschehens verändert zu haben, um sich vor dem Keim zu schützen (siehe Abb. 29). Deutliche Unterschiede im Hinblick auf diese Frage gab es zwischen Personen, die sich durch EHEC bedroht gefühlt haben, und Personen, die sich nicht bedroht gefühlt haben. Fast alle der Personen (92 %), die sich durch den EHEC-Erreger bedroht gefühlt haben, haben ihr Verhalten geändert. Demgegenüber hat nur etwa die Hälfte der Personen, die sich nicht, kaum oder etwas bedroht gefühlt haben, ihr Verhalten geändert.

Am häufigsten wurde davon berichtet, auf bestimmte Lebensmittel verzichtet zu haben (72 %) oder Obst, Gemüse bzw. Sprossen nicht roh verzehrt zu haben (59 %). Ebenfalls sehr häufig wurde angegeben, Obst, Gemüse oder Sprossen nicht in öffentlichen Gastronomiebetrieben gegessen zu haben (52 %), bestimmte Lebensmittel intensiver gewaschen zu haben (51 %), sich häufiger die Hände gewaschen zu haben (49 %) und das Einkaufsverhalten geändert zu haben (48 %) (siehe Abb. 29).

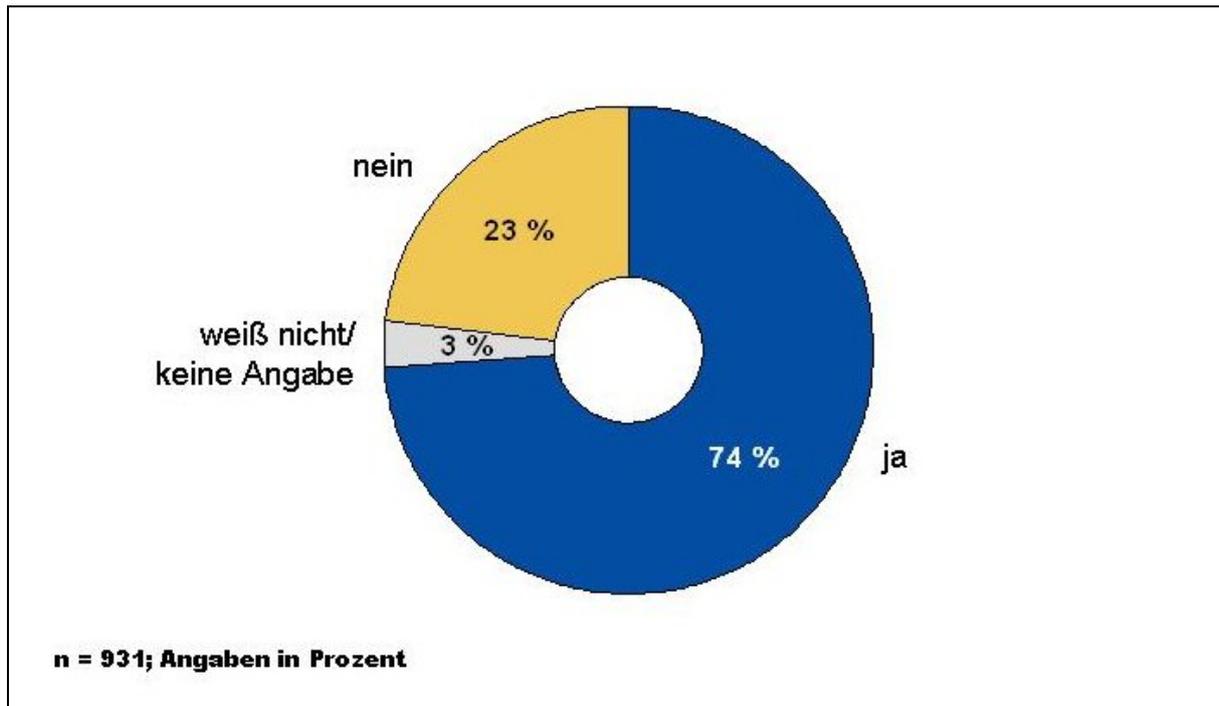
### 8.3.3 Angemessenheit und Nachvollziehbarkeit der Verzehrsempfehlungen



**Abb. 30: Fanden Sie die folgenden Empfehlungen, die von öffentlicher Seite genannt wurden, angemessen?**

Während des EHEC-Ausbruchsgeschehens wurden von öffentlicher Seite Verzehrsempfehlungen gegeben. Unter anderem wurde ab dem 25.05.2011 gemeinsam von RKI und vom BfR empfohlen, auf den Verzehr von rohem Salat, Tomaten und Gurken zu verzichten. Im August 2011 empfanden rückblickend 47 % der Befragten diese Empfehlung als angemessen. Etwa ebenso viele Personen schätzten diese Empfehlung rückblickend aber als übertrieben (49 %) ein. Ein sehr geringer Anteil der Befragten beurteilte diese Empfehlung als unzureichend (1 %) oder machte dazu keine Angabe (3 %) (siehe Abb. 30). Diese Verzehrsempfehlung wurde am 10.06.2011 aufgehoben.

Der Verzicht auf rohe Sprossen (gemeinsame Verzehrsempfehlung des BfR, des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit [BVL] und des RKI vom 10.06.2011) wurde rückblickend von 71 % der Befragten als angemessen eingeschätzt. Fast ein Fünftel der Befragten (18 %) bewertete diese Empfehlung rückblickend aber als übertrieben (siehe Abb. 30).



**Abb. 31: Fanden Sie es verständlich, dass es zunächst eine Empfehlung gab, auf rohen Salat, Tomaten und Gurken zu verzichten, diese Empfehlung dann aber aufgrund neuer Informationen wieder aufgehoben wurde?**

Etwa drei Viertel der Befragten (74 %) fanden es verständlich, dass es zunächst eine Empfehlung gab, auf rohen Salat, Tomaten und Gurken zu verzichten, und dass diese Empfehlung dann aufgrund neuer Informationen wieder aufgehoben wurde. Demgegenüber war diese Änderung der Verzehrsempfehlung für fast ein Viertel der Befragten (23 %) nicht nachvollziehbar (siehe Abb. 31).

## 8.3.4 Akteure des Verbraucherschutzes

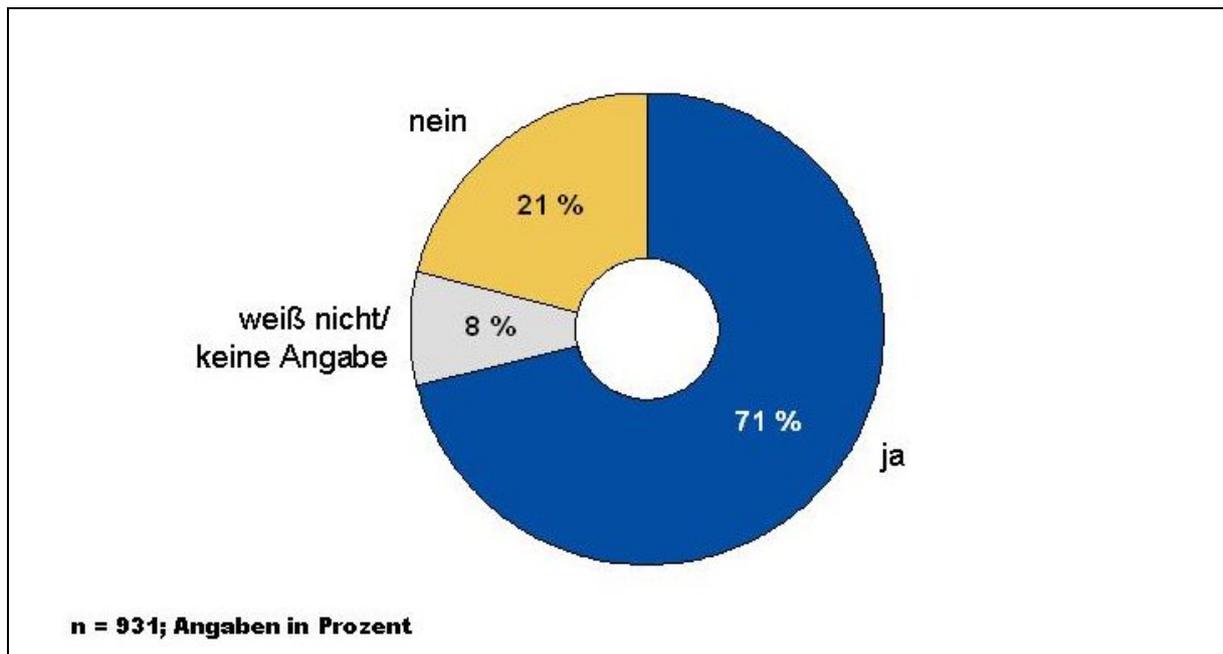


Abb. 32: Haben die zuständigen Stellen in Deutschland aus Ihrer Sicht genügend Anstrengungen unternommen, um die Bevölkerung vor dem EHEC-Erreger zu schützen?

Auf die Frage, ob die zuständigen Stellen in Deutschland genügend Anstrengungen unternommen hätten, um die Bevölkerung vor dem EHEC-Erreger zu schützen, antworteten 71 % der Befragten mit „ja“. Allerdings wurde diese Frage auch von 21 % der Befragten verneint. Weitere 8 % der Befragten machten dazu keine Angabe (siehe Abb. 32). Im Hinblick auf diese Frage gibt es leichte regionale Unterschiede. Besonders kritische Einschätzungen gab es in Berlin und Mecklenburg-Vorpommern. Hier gaben jeweils fast 30 % der Befragten an, dass die zuständigen Stellen aus ihrer Sicht nicht genügend Anstrengungen unternommen haben, um die Bevölkerung vor dem EHEC-Erreger zu schützen.

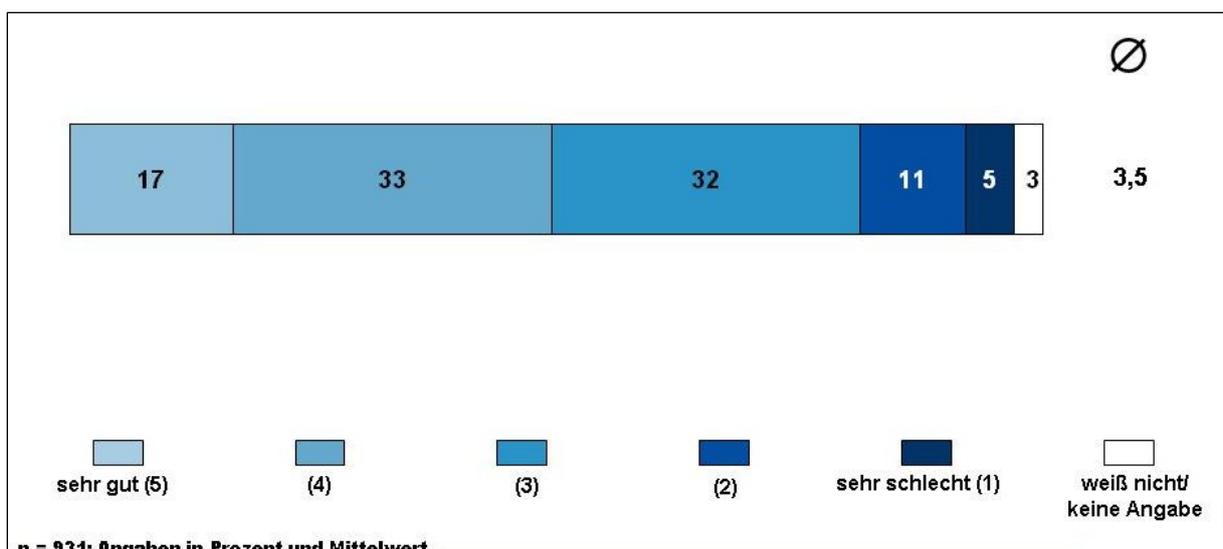
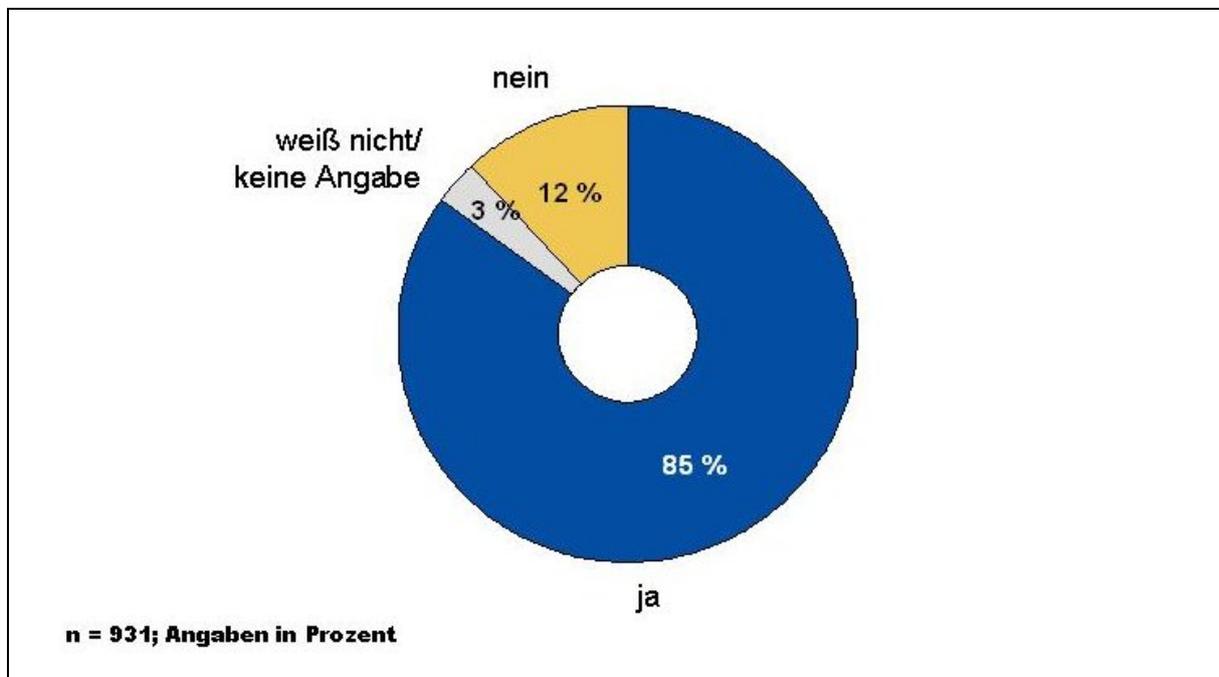


Abb. 33: Fühlten Sie sich bezüglich EHEC von staatlicher Seite ausreichend informiert?

Die Frage, ob man sich bezüglich EHEC von staatlicher Seite ausreichend informiert gefühlt habe, wurde im Mittel als gut bis durchschnittlich eingeschätzt (siehe Abb. 33). Die Hälfte der Befragten fühlte sich (sehr) gut informiert. Fast ein Drittel der Befragten (32 %) beantwortete diese Frage aber mit „teils teils“. Weitere 16 % der Befragten fühlten sich nicht ausreichend informiert (11 % fühlten sich eher schlecht und 5 % der Befragten sehr schlecht informiert).



**Abb. 34: Fanden Sie die Informationen zu EHEC verständlich?**

Die Informationen, die zum Thema EHEC vermittelt wurden, wurde von der überwiegenden Mehrheit (85 %) als verständlich bewertet, 12 % der Befragten schätzten die vermittelten Informationen aber als nicht verständlich ein. 3 % der Befragten machten zu dieser Frage keine Angabe (siehe Abb. 34).



Abb. 35: Welche Informationsquellen haben Sie persönlich genutzt, um sich über EHEC zu informieren?

Die meisten Befragten (85 %) informierten sich im Fernsehen über das Thema EHEC. Weiterhin wurden auch Zeitungen und Zeitschriften (von 69 %), das Radio (von 60 %), das Internet (von 46 %) sowie Freunde und Verwandte (von 30 %) als Informationsquellen genutzt (siehe Abb. 35).

Die verwendeten Informationsquellen wurden überwiegend als vertrauenswürdig beurteilt. Das Fernsehen wurde von 75 % der Personen, die diese Informationsquelle nutzte, als vertrauenswürdig eingeschätzt. Informationen aus Zeitungen und Zeitschriften wurden von 78 % der Nutzer, Informationen aus dem Radio ebenfalls von 78 % der Nutzer, Information aus dem Internet von 80 % der Nutzer sowie Information von Freunden und Verwandten von 69 % der Nutzer als vertrauenswürdig eingeschätzt.

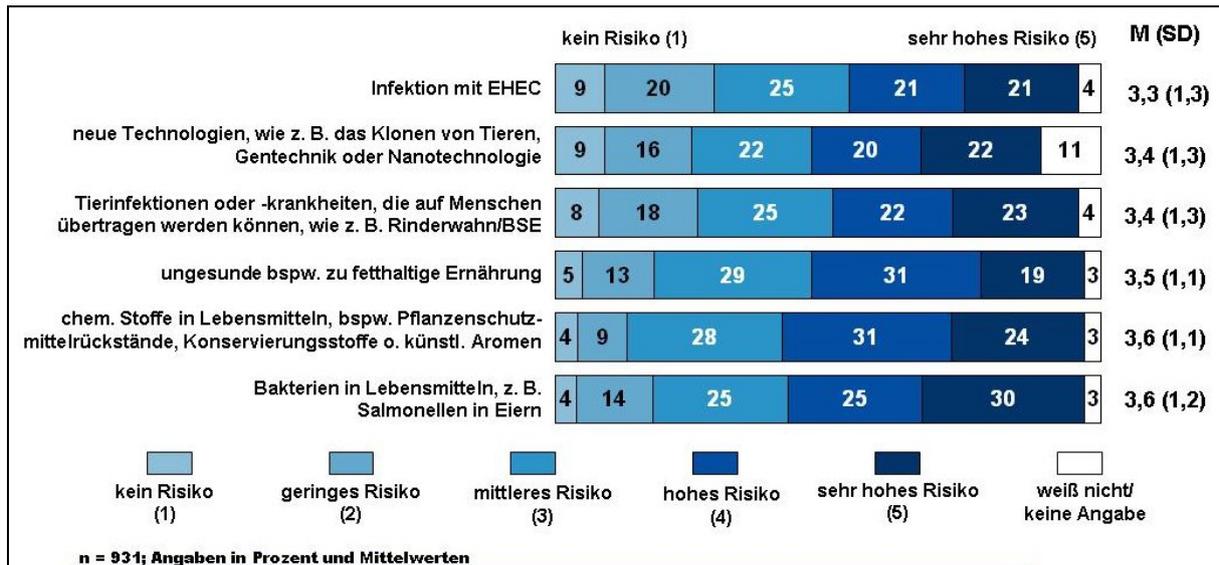
### 8.3.5 Vergleichende Risikoeinschätzung

Abschließend wurden die befragten Personen um vergleichende Einschätzungen im Hinblick auf verschiedene ernährungsbezogene Risiken gebeten. Es wurden sechs ernährungsbezogene Risiken genannt:

1. eine Infektion mit EHEC,
2. neue Technologien, wie z.B. das Klonen von Tieren, Gentechnik oder Nanotechnologie,
3. Tierinfektionen oder –krankheiten, die auf den Menschen übertragen werden können, wie z.B. Rinderwahn/BSE,
4. eine ungesunde bspw. zu fetthaltige Ernährung,
5. chemische Stoffe in Lebensmitteln, bspw. Pflanzenschutzmittelrückstände, Konservierungsstoffe oder künstliche Aromen und
6. Bakterien in Lebensmitteln, z.B. Salmonellen in Eiern<sup>6</sup>.

Für jedes dieser Risiken sollte auf einer 5-stufigen Skala angegeben werden, ob darin kein oder ein sehr hohes Risiko gesehen wird, gesundheitliche Schäden zu erleiden.

<sup>6</sup> Das Risiko einer Infektion mit EHEC gehört eigentlich zu den bakteriellen Risiken. Da es in der Befragung aber schwerpunktmäßig um das Thema EHEC ging, wurde „eine Infektion mit EHEC“ explizit separat aufgeführt. Die ernährungsbezogenen Risiken (2) bis (6) sind angelehnt an den Special Eurobarometer 354 (2010).

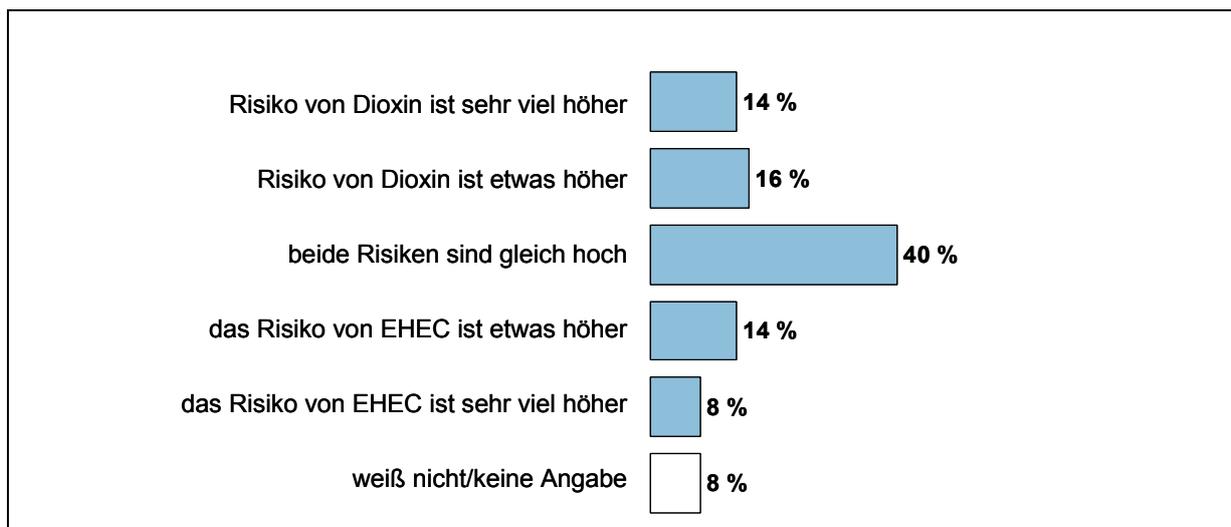


**Abb. 36: Wie hoch schätzen Sie das Risiko ein, durch eines der folgenden ernährungsbezogenen Risiken gesundheitliche Schäden zu erleiden?**

Die mittleren Einschätzungen der befragten Personen zu den vorgegebenen Risiken liegen nah beieinander (siehe Abb. 36). Das Risiko, durch eine Infektion mit EHEC gesundheitliche Schäden zu erleiden, wird im Vergleich am geringsten eingeschätzt ( $M_{(\text{EHEC})} = 3,3$ ). Das Risiko, durch chemische Stoffe in Lebensmitteln (z.B. Pflanzenschutzmittelrückstände, Konservierungsstoffe oder künstliche Aromen) oder durch Bakterien in Lebensmitteln (z.B. durch Salmonellen in Eiern) gesundheitliche Schäden zu erleiden, wird im Vergleich am höchsten eingeschätzt ( $M_{(\text{chem. Stoffe})} = 3,6$ ;  $M_{(\text{Bakterien in LM})} = 3,6$ ). Statistisch sind diese Mittelwertsunterschiede zwar signifikant, praktisch jedoch wenig bedeutsam.<sup>7</sup> Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass es im Mittel kaum Unterschiede in der Einschätzung der Risiken gibt. Im Durchschnitt wird bei den aufgeführten Risiken ein mittleres bis hohes Risiko gesehen, dadurch gesundheitliche Schäden zu erleiden.

Als weiteren Risikovergleich wurde auf das Thema Dioxin in Futter- und Lebensmitteln, das zu Beginn des Jahres 2011 hohe Aktualität hatte, Bezug genommen. Dazu wurden die Personen zunächst gefragt, ob sie davon gehört oder gelesen hatten, dass Anfang dieses Jahres erhöhte Dioxinwerte in Futtermitteln festgestellt wurden, weshalb auch bestimmte Lebensmittel wie Eier und Fleisch erhöhte Dioxinwerte enthielten. Die überwiegende Mehrheit der Befragten (85 %) gab an, davon gehört oder gelesen zu haben. Weitere 14 % der Befragten hatten davon nichts gehört oder gelesen, 1 % der Befragten machte keine Angaben bzw. war sich nicht sicher, davon gehört oder gelesen zu haben. Die Personen, denen das Thema Dioxin bekannt war ( $n = 803$ ), wurden gebeten, die beiden ernährungsbezogenen Risiken Dioxin in Lebensmitteln und eine Infektion mit EHEC zu vergleichen (siehe Abb. 37).

<sup>7</sup> Die Bedeutsamkeit eines Mittelwertsunterschiedes wird durch die Effektstärke ( $d$ ) bestimmt, die den Mittelwertsunterschied in Einheiten der Standardabweichung (SD) angibt (Bortz, 1993). Nach Cohen (1988) können folgende Richtlinien zur Beurteilung von Effektstärken herangezogen werden:  $d \geq .20$  kennzeichnen einen kleinen Effekt,  $d \geq .50$  kennzeichnen einen mittleren Effekt und  $d \geq .80$  kennzeichnen einen großen Effekt. Die Standardabweichungen liegen in der vorliegenden Untersuchung im Bereich von  $SD = 1.1$  (für chemische Stoffe in Lebensmitteln) bis  $SD = 1.3$  (für neue Technologien). Daher ist der größte hier vorliegende Mittelwertsunterschied von  $.3$  relativiert an der Standardabweichung noch so gering, dass man nur von einem kleinen Effekt sprechen kann.



**Abb. 37: Wie würden Sie ihr persönliches Risiko gesundheitliche Schäden zu erleiden, beim Vergleich der beiden Ereignisse – Dioxin in Lebensmitteln und EHEC – einschätzen?**

Zwei Fünftel (40 %) der Befragten gaben an, dass aus ihrer Sicht das Risiko, gesundheitliche Schäden zu erleiden, in beiden Fällen etwa gleich groß ist. Weitere 30 % berichteten, dass ihrer Meinung nach das Risiko, durch Dioxin gesundheitliche Schäden zu erleiden, sehr (14 %) oder etwas höher ist (16 %), als durch EHEC gesundheitliche Schäden zu erleiden. Etwas weniger als ein Viertel der Befragten (22 %) schätzte demgegenüber das Risiko von EHEC im Vergleich zu Dioxin als sehr (8 %) oder etwas höher ein (14 %). Acht Prozent der Befragten machten keine Angaben zu dieser Frage. Insgesamt werden die beiden Ereignisse – Dioxin in Lebensmitteln und EHEC – damit als in etwa gleich bedrohlich eingeschätzt.

### 8.3.6 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung

#### 8.3.6.1 Wissen zu EHEC

Fast alle der befragten Personen (93 %) hatten von dem EHEC-Ausbruchsgeschehen im Mai, Juni und Juli 2011 gehört oder gelesen. Da es sich bei dem EHEC-Ausbruch aber um den größten Krankheitsausbruch durch EHEC-Infektionen in Deutschland mit über 3.800 an HUS oder akuter Gastroenteritis erkrankten Personen und mehr als 50 Toten handelte (RKI, 2011), soll hervorgehoben werden, dass nicht alle Befragten angaben, von dem EHEC-Ausbruchsgeschehen gehört oder gelesen zu haben. Vor dem diesjährigen Ausbruchsgeschehen war das Thema EHEC aber nur wenigen Personen bekannt (15 %).

Weiterhin ist festzuhalten, dass etwa 40 % der befragten Personen nicht wussten, wodurch EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden können. Hauptsächlich hatten die Befragten angegeben, auf bestimmte Lebensmittel verzichtet zu haben. Die Möglichkeit, Lebensmittel für mindestens zwei Minuten bei mindestens 70 °C (im Kern des Lebensmittels) zu erhitzen, war jedoch einem Großteil der Befragten nicht bekannt. Möglicherweise lag dies auch an den Lebensmitteln, die als potenzielle Verursacher des EHEC-Ausbruchsgeschehens angesehen wurden: Salat, Tomaten, Gurken und Sprossen. Diese Lebensmittel werden häufig roh verzehrt. Dies führte ggf. dazu, dass eher gänzlich auf diese Lebensmittel verzichtet wurde. Wären andere Lebensmittel betroffen gewesen, die üblicherweise seltener roh verzehrt werden (z.B. Fleischprodukte), wäre die Möglichkeit, EHEC-Bakterien durch Erhitzungsverfahren abzutöten, möglicherweise stärker wahrgenommen worden. Hinzu kommt, dass ein Teil der Befragten auch falsches Wissen darüber hatte, wie EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden können. So gaben insgesamt 60 Befrag-

te an, dass EHEC-Bakterien in Lebensmitteln durch gründliches Waschen bzw. durch bestimmte Hygienemaßnahmen oder Desinfektion abgetötet werden können. Auch dies unterstreicht, dass die Bevölkerung hier nicht ausreichend oder falsch informiert war.

### 8.3.6.2 Risikowahrnehmung und verändertes Verhalten

Im Mittel war das Bedrohungserleben durch das EHEC-Ausbruchsgeschehen relativ gering. Nur etwa jeder zehnte Befragte fühlte sich bedroht. Insgesamt berichtete etwa die Hälfte der Befragten, ihr Verhalten geändert zu haben. Fast alle der Personen, die sich bedroht gefühlt haben, änderten ihr Verhalten, aber auch etwa die Hälfte der Personen, die kein oder nur ein geringes Bedrohungserleben berichteten, änderten ihr Verhalten.

Gleichzeitig bedeutet das aber auch, dass fast die Hälfte der Befragten ihr Verhalten nicht geändert hat. Dies kann durch deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern erklärt werden. Das EHEC-Ausbruchsgeschehen hatte eine starke regionale Komponente. Insbesondere die fünf nördlichen Bundesländer (Hamburg, Schleswig-Holstein, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen) waren betroffen. Zwischen den einzelnen Bundesländern gab es dementsprechend große Unterschiede, welcher Anteil von Personen Verhaltensänderungen vorgenommen hat. Etwa zwei Drittel der Befragten aus Schleswig-Holstein und Niedersachsen berichteten, ihr Verhalten geändert zu haben. Im Saarland, in Rheinland-Pfalz, in Baden-Württemberg, in Brandenburg und in Bayern war der Anteil der Personen, die ihr Verhalten geändert haben, hingegen relativ gering (zwischen 20 % und 45 %).

### 8.3.6.3 Angemessenheit und Nachvollziehbarkeit der Verzehrsempfehlungen

Etwa die Hälfte der Befragten fand den empfohlenen Verzicht auf Salat, Tomaten und Gurken rückblickend als angemessen, ebenso viele schätzten diese Empfehlung aber als übertrieben ein. Die Empfehlung, auf den Verzehr von Sprossen zu verzichten, wurde von der Mehrheit der Befragten (71 %) als angemessen eingeschätzt. Diese Unterschiede sind möglicherweise mit den Erkenntnissen im Rahmen der Aufklärung des EHEC-Ausbruchsgeschehens erklärbar. Bereits Anfang Juni wurde die Empfehlung, auf Salat, Tomaten und Gurken zu verzichten, aufgehoben, da Ergebnisse aus weiteren epidemiologischen Studien Hinweise darauf gaben, dass der EHEC-Krankheitsausbruch auf den Verzehr von kontaminierten Sprossen zurückzuführen ist. Im Juli 2011 wurde bestätigt, dass mit großer Wahrscheinlichkeit kontaminierte Bockshornkleesamen und daraus gezüchtete Sprossen Ursache des EHEC-Ausbruchsgeschehens waren. Aufgrund dieser Geschehnisse ist denkbar, dass ein Großteil der im August 2011 befragten Personen die Verzehrsempfehlung, auf Salat, Tomaten und Gurken zu verzichten, rückblickend als übertrieben einschätzte.

Dass von Seiten der Behörden die Verzehrsempfehlung geändert wurde (zunächst Verzicht auf Salat, Tomaten, Gurken, dann Verzicht auf Sprossen), wurde allerdings von etwa einem Viertel der befragten Personen als nicht verständlich eingeschätzt. Auch hinsichtlich dieser Frage gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern, wobei insbesondere in Rheinland-Pfalz (39 %) und im Saarland (44 %) relativ viele Personen die Änderung der Verzehrsempfehlung als nicht verständlich einschätzten. In den anderen Bundesländern variierte der Anteil der Befragten, die die Änderung nicht verständlich fanden, zwischen 15 und 27 %.

#### 8.3.6.4 Akteure des Verbraucherschutzes

Nur etwa ein Fünftel der befragten Personen gab an, dass die zuständigen Stellen in Deutschland aus ihrer Perspektive nicht genügend Anstrengungen unternommen haben, um die Bevölkerung vor dem EHEC-Erreger zu schützen. Andererseits fühlte sich die Hälfte der befragten Personen von staatlicher Seite ausreichend informiert.

Der Großteil der Befragten hat sich über die klassischen Medien (TV, Zeitungen/Zeitschriften, Radio) über das Thema EHEC informiert. Die meisten Befragten schätzten die Informationsquellen, die sie nutzten, auch als vertrauenswürdig ein.

#### 8.3.6.5 Vergleichende Risikoeinschätzung

Verschiedene ernährungsbezogene Risiken (Infektion mit EHEC, neue Technologien, Tierinfektionen oder –krankheiten, ungesunde Ernährung, chemische Stoffe in Lebensmitteln, Bakterien in Lebensmitteln) wurden von den Befragten im Hinblick auf die Frage, ob sie glauben, dadurch gesundheitlichen Schäden erleiden zu können, als nahezu gleich problematisch beurteilt. Dies ist ein etwas überraschendes Ergebnis, hätte man doch annehmen können, dass nur so kurze Zeit nach dem EHEC-Ausbruchsgeschehen eine Infektion mit EHEC als deutlich riskanter im Hinblick auf das Erleiden gesundheitlicher Schäden eingeschätzt wird im Vergleich zu Themen bzw. Risiken, die zu diesem Zeitpunkt eine deutlich geringere Aktualität hatten. Darüber hinaus war der EHEC-Krankheitsausbruch auch durch Merkmale gekennzeichnet, die üblicherweise die Risikowahrnehmung erhöhen, bspw. dass es eine Vielzahl von Erkrankungen und auch Todesfällen in sehr kurzer Zeit gab. Dennoch gab es kaum Unterschiede in der Einschätzung der aufgeführten Risiken.

Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass bereits im August 2011 die Risikowahrnehmung bzw. das Bedrohungserleben der befragten Personen in Bezug auf eine EHEC-Infektion auf einem „normalen“ Niveau war. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass bereits Ende Mai 2011 die Zahl der Neuinfektionen zurückging und dass im Juli 2011 von behördlicher Seite bekannt gegeben wurde, dass der EHEC-Krankheitsausbruch mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Verzehr von kontaminierten Sprossen zurückzuführen ist.

### 8.4 Fazit

Die Maßnahmen im Rahmen der Risikokommunikation zum EHEC-Ausbruchsgeschehen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### **Welche Aufgaben wurden im Rahmen der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit dem EHEC-Ausbruchsgeschehen übernommen?**

- Die Kommunikation erfolgte mittels Interviews, wissenschaftlicher Stellungnahmen, Pressemitteilungen und FAQ auf der BfR-Homepage.
- Es fanden gemeinsame Pressekonferenzen von BfR, RKI und BVL statt.
- Es wurden konkrete, verständliche Handlungsanweisungen für die Bevölkerung in Form von Verzehrsempfehlungen aufgrund wissenschaftlicher Daten gegeben.
- Es gelang eine kompetente, zeitnahe Beantwortung von Presse- und Bürgeranfragen zu EHEC, u.a. durch Unterstützung durch die Hotline des BMELV und die Kooperation mit dem aid.

**Welche Maßnahmen der Risikokommunikation fanden auf europäischer Ebene statt?**

- Der EFSA-Focal Point am BfR informierte die EFSA und alle europäischen Mitgliedsstaaten zum Thema EHEC kontinuierlich und aktiv.
- Der EFSA-Focal Point am BfR initiierte eine europaweiten Telefonkonferenz zum Informationsaustausch aller Mitglieder des EFSA-Advisory Forums der europäischen Mitgliedsstaaten.

**Wie bedroht haben sich die Verbraucher durch das EHEC-Ausbruchsgeschehen gefühlt? Haben die Verbraucher ihr Verhalten geändert?**

- Im Mittel war die erlebte Bedrohung in der Bevölkerung durch den EHEC-Ausbruch eher gering.
- Insgesamt hat etwa die Hälfte der Befragten während des Ausbruchsgeschehens ihr Verhalten geändert. Am häufigsten wurde auf bestimmte Lebensmittel verzichtet bzw. auf den rohen Verzehr von bestimmten Lebensmitteln. Unterschiede im Hinblick auf die Änderung des Verhaltens gab es zwischen Personen, die sich bedroht vs. wenig bedroht gefühlt haben. Fast alle der Personen, die sich bedroht gefühlt haben, haben auch Verhaltensänderungen vorgenommen, wohingegen weniger als die Hälfte der Personen, die sich nur wenig bedroht gefühlt haben, ihr Verhalten geändert hat.
- Im Nachgang an das Ausbruchsgeschehen betrachteten die Verbraucher das Risiko einer Infektion mit EHEC im Vergleich zu anderen ernährungsbezogenen Risiken als nahezu gleichermaßen bedrohlich.

**Wie informierte sich der Verbraucher zum EHEC-Ausbruch? Wie informiert war der Verbraucher? Wie bewerteten Verbraucher die behördliche Kommunikation?**

- Die meisten Personen informierten sich zum Thema EHEC über die klassischen Medien (TV, Radio, Zeitungen/Zeitschriften). Diese Informationsquellen wurden von der Mehrheit als vertrauenswürdig eingeschätzt.
- Die Hälfte der Befragten fühlte sich von staatlicher Seite bezüglich EHEC ausreichend informiert.
- 80 % der Befragten gaben an, dass die zuständigen Stellen genügend Anstrengungen unternommen haben, um die Bevölkerung vor dem EHEC-Erreger zu schützen.
- Viele Befragte wussten jedoch nicht bzw. hatten falsches Wissen darüber, wie bzw. wodurch EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden können.
- Außerdem war für circa ein Viertel der Befragten die Änderung der Verzehrsempfehlung nicht verständlich.

**8.5 Referenzen**

- Bortz, J. 1993. Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.). 2007. Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz, 3. vollständig überarbeitete Auflage. Rheinbach: Moser
- Cohen, J. 1988. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, 2. Aufl., Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates
- Günther, L., Ruhrmann, G., Milde, J. 2011. Pandemie: Wahrnehmung der gesundheitlichen Risiken durch die Bevölkerung und Konsequenzen für die Risiko- und Krisenkommunikation. Forschungsforum Öffentliche Sicherheit, Schriftenreihe Sicherheit Nr. 7
- Kurzenhäuser, S., Epp, A. 2009. Wahrnehmung gesundheitlicher Risiken. Bundesgesundheitsblatt, 52, 1141–1146

- Risikokommission. 2003. Ad-hoc-Kommission „Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland“. Abschlussbericht der Risikokommission, S. 20. Verfügbar über: [www.apug.de/archiv/pdf/RK\\_Abschlussbericht.pdf](http://www.apug.de/archiv/pdf/RK_Abschlussbericht.pdf) [15.11.2011]
- Robert Koch-Institut. 2011. Bericht: Abschließende Darstellung und Bewertung der epidemiologischen Erkenntnisse im EHEC O104:H4 Ausbruch, Deutschland 2011. Berlin
- Special Eurobarometer 354. 2010. Food related Risks. Verfügbar über: [www.efsa.europa.eu/en/factsheet/docs/reports.pdf](http://www.efsa.europa.eu/en/factsheet/docs/reports.pdf) [24.10.2011]
- Wiedemann, P., Schütz, H. 2006. Risikokommunikation im Überblick. In: Linneweber, V., Lantermann, E. D. (Hrsg.). Enzyklopädie der Psychologie: Umweltpsychologie. Göttingen: Hogrefe

## 8.6 Anhang

**Tab. 10: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Pressedienste**

Datum	Titel
21.07.2011 23/2011	EHEC: BfR, BVL und RKI konkretisieren Verzehrsempfehlung zu rohen Sprossen und Keimlingen
05.07.2011 21/2011	EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen in Deutschland aufgeklärt: Auslöser waren Sprossen von aus Ägypten importierten Bockshornkleesamen
12.06.2011 018/2011	EHEC-Ausbruch: BfR rät auch vom Verzehr von selbstgezogenen rohen Sprossen und Keimlingen ab
11.06.2011 17/2011	EHEC-Ausbruch: BfR bestätigt Kontamination von Sprossen mit O104:H4
10.06.2011 16/2011	Neue Erkenntnisse zum EHEC-Ausbruch
09.06.2011 15/2011	Verzehrsempfehlungen dienen dem Schutz von Verbrauchern vor EHEC
03.06.2011 14/2011	Neue epidemiologische Daten untermauern bisherige Verzehrsempfehlung des BfR
01.06.2011 13/2011	EHEC-Keime auf spanischen Gurken stimmen nicht mit dem Erreger-Typ der betroffenen Patienten überein
31.05.2011 12/2011	BfR und ANSES entwickeln Test-System zur Identifikation von EHEC-Kontaminationen in Lebensmitteln
14.01.2011 02/2011	EHEC-Infektionen können für Kinder schwerwiegende Folgen haben

**Tab. 11: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Stellungnahmen**

Datum	Titel
23.11.2011 Stellungnahme Nr. 049/2011 des BfR	EHEC-Ausbruch 2011: Aktualisierte Analyse und abgeleitete Handlungsempfehlungen
26.07.2011 Aktualisierte Stellungnahme Nr. 031/2011 des BfR	Bedeutung von EHEC O104:H4 in Bockshornkleesamen, die zu anderen Lebensmitteln als Sprossen und Keimlingen weiterverarbeitet werden
05.07.2011 Stellungnahme Nr. 023/2011 des BfR	Bedeutung von Sprossen und Keimlingen sowie Samen zur Sprossherstellung im EHEC-O104:H4-Ausbruchsgeschehen im Mai und Juni 2011
30.06.2011 Stellungnahme Nr. 022/2011 des BfR	Samen von Bockshornklee mit hoher Wahrscheinlichkeit für EHEC-O104:H4-Ausbruch verantwortlich
18.06.2011 Stellungnahme Nr. 021/2011 des BfR	EHEC: Zum Schutz vor Infektionen ist das Einhalten allgemeiner Hygieneregeln besonders wichtig
07.06.2011 Stellungnahme Nr. 019/2011 des BfR	Enterohämorrhagische <i>E. coli</i> (EHEC) O104:H4: ein erstes bakteriologisches Kurzporträt
06.06.2011 Stellungnahme Nr. 020/2011 des BfR	EHEC: Was macht das BfR im aktuellen EHEC-Ausbruchsgeschehen?
06.06.2011 Stellungnahme Nr. 018/2011 des BfR	Sprossen und Keimlinge als mögliche Ursache der EHEC-Infektionen: BfR unterstützt Niedersachsen bei der Aufklärung
31.05.2011 Stellungnahme Nr. 016/2011 des BfR	EHEC-Erreger noch nicht typisiert: Tomaten, Salatgurken und Blattsalate sollten dennoch weiterhin nicht roh verzehrt werden
26.05.2011 Stellungnahme Nr. 015/2011 des BfR	EHEC: Tomaten, Salatgurken und Blattsalate sollten weiterhin nicht roh verzehrt werden
25.05.2011 Gemeinsame Stellungnahme Nr. 014/2011 des BfR und RKI	Vorläufige Ergebnisse der EHEC/HUS-Studie

**Tab. 12: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Publikationen: Merkblätter für Verbraucher**

Datum	Titel
14.01.2011 Merkblatt für Verbraucher	Verbrauchertipps: Schutz vor Infektionen mit enterohämorrhagischen <i>E. coli</i> (EHEC)

**Tab. 13: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Fragen und Antworten**

Datum	Titel
22.07.2011 Aktualisierte FAQ des BfR	Fragen und Antworten zur Verwendung von Bockshornkleesamen in Lebensmitteln
06.07.2011 Aktualisierte FAQ des BfR	Fragen und Antworten zur Herkunft des Enterohämorrhagischen <i>E. coli</i> O104:H4
15.06.2011 Aktualisierte FAQ des BfR	Fragen und Antworten zu EHEC-Infektionen durch pflanzliche Lebensmittel
31.08.2007 FAQ des BfR	Fragen und Antworten zu EHEC

**Tab. 14: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Sonstige**

Datum	Titel
21.06.2011 Stand	Empfehlung des BfR für die Untersuchung von Samen und die Herstellung von Sprossen
20.06.2011 Stand	Protokoll zur Anreicherung und Isolierung von STEC/EHEC aus pflanzlichen Lebensmitteln

**Tab. 15: Alter der befragten Personen (absolute und relative<sup>8</sup> Zahlen)**

Alter	N	Prozent
14–19 Jahre	70	7 %
20–29 Jahre	136	14 %
30–39 Jahre	137	14 %
40–49 Jahre	191	19 %
50–59 Jahre	158	16 %
60–69 Jahre	126	13 %
70 Jahre und älter	165	16 %
weiß nicht/keine Angabe	19	2 %
Gesamt	1.002	100 %

**Tab. 16: Geschlecht der befragten Personen (absolute und relative Zahlen)**

Geschlecht	N	Prozent
weiblich	515	51 %
männlich	487	49 %
Gesamt	1.002	100 %

<sup>8</sup> Die Prozentangaben wurden gerundet. Die statistische Fehlertoleranz beträgt  $\pm 3$  Prozentpunkte.

**Tab. 17: Höchster Schul- bzw. Hochschulabschluss der befragten Personen (absolute und relative Zahlen)**

Höchster Schul- bzw. Hochschulabschluss	N	Prozent
(ohne) Haupt-/Volksschulabschluss (8. Klasse)/ohne Lehre	38	4 %
(ohne) Haupt-/Volksschulabschluss (8. Klasse)/mit Lehre	163	16 %
mittlerer Bildungsabschluss (Realschulabschluss, Mittlere Reife)	347	35 %
allg. oder fachgebundene Hochschulreife/Abitur, EOS, Fachabitur	227	23 %
abgeschlossenes Fach-/Hochschulstudium (auch Ingenieurschule)	185	18 %
noch keinen Schulabschluss, da noch Schüler	17	2 %
Gesamt	1.002	100 %

**Tab. 18: Befragte Personen pro Bundesland (absolute und relative Zahlen)**

Bundesland	N	Prozent
Baden-Württemberg	121	12 %
Bayern	174	17 %
Berlin	27	3 %
Brandenburg	37	4 %
Bremen	10	1 %
Hamburg	10	1 %
Hessen	76	8 %
Mecklenburg-Vorpommern	20	2 %
Niedersachsen	116	12 %
Nordrhein-Westfalen	189	19 %
Rheinland-Pfalz	63	6 %
Saarland	13	1 %
Sachsen	46	5 %
Sachsen-Anhalt	27	3 %
Schleswig-Holstein	33	3 %
Thüringen	32	3 %
keine Angabe	8	1 %
Gesamt	1.002	100 %



## 9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: BfR-Mitarbeiter beim Auszählen von <i>E. coli</i> -Kolonien auf Nährboden mit Lebensmittelprobe	9
Abb. 2: Oben: BfR-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter bei der Beprobung von Sprossen und Saatgut. Unten links: Probenaufbereitung am NRL <i>E. coli</i> . Unten rechts: Bockshornklee-Saatgut ist Quelle der Krankheitsausbrüche	13
Abb. 3: Schematische Darstellung der Verfolgungsstrategien	18
Abb. 4: Schematische Darstellung der Exceltabelle für die Datenerfassung	20
Abb. 5: Datenbankstruktur: Die Datenbank besteht aus fünf Tabellen, welche relational miteinander verbunden sind.	21
Abb. 6: Kombinierte Netzwerkdarstellung aller relevanten Bockshornkleesamen- und Sprossenlieferungen. Lieferantennetzwerk beim EHEC-O104:H4-Ausbruch 2011, kombinierte Lieferketten-Vorwärts- und Rückwärtsverfolgung: Hier sind alle Betriebe dargestellt, die mit der verdächtigen Charge über Samen oder produzierte Sprossen in Berührung gekommen sind. (erstellt mit dem R-Paket „network“: Butts, 2008, <a href="https://statnet.org">https://statnet.org</a> )	22
Abb. 7: Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Nationalen Referenzlabors für <i>E. coli</i> am BfR	27
Abb. 8: Probeneingangszahlen nach Kalenderwochen (21. Mai bis 24. Juli 2011)	27
Abb. 9: Genotypisierung von O104-Isolaten humanen und nichthumanen Ursprungs mittels XbaI-PFGE	30
Abb. 10: Nachweis des aggregativen EHEC-O104:H4-Stammes auf chromogenen Medien aus einer Sprossenprobe, die aus dem inkriminierten niedersächsischen Gartenbaubetrieb stammt und aus dem Haushalt von EHEC-O104:H4-Erkrankten entnommen wurde	36
Abb. 11: Ergebnisse der Backward-Tracings ausgehend von den fünf Ausbruchsklustern (rot) anhand chargenspezifischer Informationen	50
Abb. 12: Ergebnisse der kombinierten Forward-/Backward-Tracing-Strategie	51
Abb. 13: Basierend auf der Rückverfolgung (kombinierte Forward-/Backward-Tracing-Strategie anhand von chargenspezifischen Informationen) der entsprechenden Samenlieferungen an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb (NI00, großer grüner Punkt) ermitteltes Vertriebsnetz (Pfeilrichtung) an deutsche Sprossenhersteller (rot) kombiniert für die Samenarten Adzuki, Alfalfa, Bockshornklee, Linsen, Radieschen und Rettich	59
Abb. 14: Basierend auf der Rückverfolgung (kombinierte Forward-/Backward-Tracing-Strategie anhand von chargenspezifischen Informationen) der entsprechenden Samenlieferungen an den niedersächsischen Gartenbaubetrieb (NI00, großer grüner Punkt) ermitteltes Vertriebsnetz (Pfeilrichtung) an deutsche Sprossenhersteller (rot), getrennt dargestellt für die Samensorten Adzuki, Alfalfa, Bockshornklee, Linsen, Radieschen und Rettich	61
Abb. 15: Ergebnisse der kombinierten Forward-/Backward-Tracing-Strategie mit Stand vom 04. Juli 2011 der im Jahr 2009 produzierten Charge Bockshornkleesamen (Charge 48088) , die nach Angaben der EFSA aus Ägypten importiert wurde (rot)	62

Abb. 16: Visualisierung der Verbindung zwischen dem deutschen und dem französischen EHEC-Ausbruch mit einer von der EFSA Task Force identifizierten gemeinsamen Quelle (magentafarbenes Dreieck) basierend auf dem technischen Bericht der EFSA vom 05. Juli 2011	63
Abb. 17: Visualisierung der Verbindung zwischen dem EHEC-O104:H4-Ausbruch in Deutschland und Frankreich im Zusammenhang mit dem derzeit bekannten europäischen Vertriebsnetz für eine identifizierte Charge Bockshornkleesamen (Charge 48088)	64
Abb. 18: Prozentuale Verteilung der wahrscheinlichen Verwendungszwecke der Samencharge 48088	107
Abb. 19: Prozentuale Verteilung der wahrscheinlichen Verwendungszwecke der Samencharge 8266	107
Abb. 20: 05. Juli 2011: Pressekonferenz von BfR, BVL und RKI (v.l.n.r.: Prof. R. Burger, Prof. A. Hensel, Dr. H. Tschiersky-Schöneburg)	119
Abb. 21: EHEC in den Medien	121
Abb. 22: Medienpräsenz: Das BfR in Zusammenhang mit EHEC	122
Abb. 23: Waren Sie, ein Mitglied ihrer Familie bzw. ein Mitglied Ihres Freundes- oder Bekanntenkreises an EHEC erkrankt?	124
Abb. 24: Hatten Sie vor dem EHEC-Ausbruch schon einmal von EHEC gehört oder gelesen? In welchem Zusammenhang haben Sie davon gehört?	124
Abb. 25: Hatten Sie vor dem EHEC-Ausbruch schon einmal gehört oder gelesen, dass der Verzehr von rohen Sprossen eine Lebensmittelinfektion auslösen kann? In welchem Zusammenhang haben Sie davon gehört?	125
Abb. 26: In welchen Lebensmitteln können EHEC-Bakterien Ihrer Meinung nach noch vorkommen?	126
Abb. 27: Wissen Sie, wodurch EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden können? Durch welche Maßnahmen können EHEC-Bakterien in Lebensmitteln abgetötet werden?	126
Abb. 28: Haben Sie oder Ihre Familie sich durch EHEC bedroht gefühlt?	127
Abb. 29: Haben Sie Ihr Verhalten während des EHEC-Ausbruchs verändert, um sich vor dem Keim zu schützen? Was haben Sie getan, um sich vor EHEC zu schützen?	127
Abb. 30: Fanden Sie die folgenden Empfehlungen, die von öffentlicher Seite genannt wurden, angemessen?	128
Abb. 31: Fanden Sie es verständlich, dass es zunächst eine Empfehlung gab, auf rohen Salat, Tomaten und Gurken zu verzichten, diese Empfehlung dann aber aufgrund neuer Informationen wieder aufgehoben wurde?	129
Abb. 32: Haben die zuständigen Stellen in Deutschland aus Ihrer Sicht genügend Anstrengungen unternommen, um die Bevölkerung vor dem EHEC-Erreger zu schützen?	130
Abb. 33: Fühlten Sie sich bezüglich EHEC von staatlicher Seite ausreichend informiert?	130
Abb. 34: Fanden Sie die Informationen zu EHEC verständlich?	131
Abb. 35: Welche Informationsquellen haben Sie persönlich genutzt, um sich über EHEC zu informieren?	132

- 
- Abb. 36: Wie hoch schätzen Sie das Risiko ein, durch eines der folgenden ernährungsbezogenen Risiken gesundheitliche Schäden zu erleiden? 133
- Abb. 37: Wie würden Sie ihr persönliches Risiko gesundheitliche Schäden zu erleiden, beim Vergleich der beiden Ereignisse – Dioxin in Lebensmitteln und EHEC – einschätzen? 134



## 10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Chronologie des EHEC-Ausbruchsgeschehens 2011	15
Tab. 2: Lebensmittelliste für die chargenspezifische Rückverfolgung aus den Ausbruchsklustern	24
Tab. 3: Art und Umfang der untersuchten Proben	28
Tab. 4: Nachweis von EHEC O104:H4 aus Lebensmitteln und Umweltproben	29
Tab. 5a: Vergleich von Real-Time-PCR-Detektoren zum Nachweis von EHEC aus Salatproben mit EHEC-O111-Stämmen	34
Tab. 5b: Vergleich von Real-Time-PCR-Detektoren zum Nachweis von EHEC aus Salatproben mit EHEC-O157-Stämmen	34
Tab. 6: Kulturelle Eigenschaften des EHEC-O104:H4-Ausbruchsstammes	35
Tab. 7: Ergebnisse aus dem NRL <i>E.coli</i> (Stand: 27.06.2011)	53
Tab. 8: Produktion und Lieferweg der Bockshornklee-Samencharge 48088	104
Tab. 9: Produktion und Lieferweg der Bockshornklee-Samencharge 8266	105
Tab. 10: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Pressedienste	138
Tab. 11: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Stellungnahmen	139
Tab. 12: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Publikationen: Merkblätter für Verbraucher	139
Tab. 13: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Fragen und Antworten	140
Tab. 14: Veröffentlichte Dokumente zum Thema EHEC – Sonstige	140
Tab. 15: Alter der befragten Personen (absolute und relative Zahlen)	140
Tab. 16: Geschlecht der befragten Personen (absolute und relative Zahlen)	140
Tab. 17: Höchster Schul- bzw. Hochschulabschluss der befragten Personen (absolute und relative Zahlen)	141
Tab. 18: Befragte Personen pro Bundesland (absolute und relative Zahlen)	141



**Bereits erschienene Hefte der Reihe BfR-Wissenschaft**

- 01/2004 Herausgegeben von L. Ellerbroek, H. Wichmann-Schauer, K. N. Mac  
Methoden zur Identifizierung und Isolierung von Enterokokken und deren  
Resistenzbestimmung  
€ 5,-
- 02/2004 Herausgegeben von M. Hartung  
Epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland im Jahr 2002 –  
Übersicht über die Meldungen der Bundesländer  
€ 15,-
- 03/2004 Herausgegeben von A. Domke, R. Großklaus, B. Niemann, H. Przyrembel,  
K. Richter, E. Schmidt, A. Weißenborn, B. Wörner, R. Ziegenhagen  
Verwendung von Vitaminen in Lebensmitteln – Toxikologische und ernäh-  
rungsphysiologische Aspekte  
€ 15,-
- 04/2004 Herausgegeben von A. Domke, R. Großklaus, B. Niemann, H. Przyrembel,  
K. Richter, E. Schmidt, A. Weißenborn, B. Wörner, R. Ziegenhagen  
Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln – Toxikologische und ernäh-  
rungsphysiologische Aspekte  
€ 15,-
- 05/2004 Herausgegeben von M. Hartung  
Epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland im Jahr 2003 –  
Übersicht über die Meldungen der Bundesländer  
€ 15,-
- 01/2005 Herausgegeben von A. Weißenborn, M. Burger, G. B. M. Mensink, C. Klemm,  
W. Sichert-Hellert, M. Kersting, H. Przyrembel  
Folsäureversorgung der deutschen Bevölkerung – Abschlussbericht zum For-  
schungsvorhaben  
€ 10,-
- 02/2005 Herausgegeben von R. F. Hertel, G. Henseler  
ERiK – Entwicklung eines mehrstufigen Verfahrens der Risikokommunikation  
€ 10,-
- 03/2005 Herausgegeben von P. Luber, E. Bartelt  
Campylobacteriose durch Hähnchenfleisch – Eine quantitative  
Risikoabschätzung  
€ 5,-
- 04/2005 Herausgegeben von A. Domke, R. Großklaus, B. Niemann, H. Przyrembel,  
K. Richter, E. Schmidt, A. Weißenborn, B. Wörner, R. Ziegenhagen  
Use of Vitamins in Foods – Toxicological and nutritional-physiological aspects  
€ 15,-
- 01/2006 Herausgegeben von A. Domke, R. Großklaus, B. Niemann, H. Przyrembel,  
K. Richter, E. Schmidt, A. Weißenborn, B. Wörner, R. Ziegenhagen  
Use of Minerals in Foods – Toxicological and nutritional-physiological aspects  
€ 15,-

- 02/2006 Herausgegeben von A. Schulte, U. Bernauer, S. Madle, H. Mielke, U. Herbst, H.-B. Richter-Reichhelm, K.-E. Appel, U. Gundert-Remy  
Assessment of the Carcinogenicity of Formaldehyde – Bericht zur Bewertung der Karzinogenität von Formaldehyd  
€ 10,-
- 03/2006 Herausgegeben von W. Lingk, H. Reifenstein, D. Westphal, E. Plattner  
Humanexposition bei Holzschutzmitteln – Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben  
€ 5,-
- 04/2006 Herausgegeben von M. Hartung  
Epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland im Jahr 2004 – Übersicht über die Meldungen der Bundesländer  
€ 15,-
- 05/2006 Herausgegeben von J. Zagon, G. Crnogorac, L. Kroh, M. Lahrssen-Wiederholt, H. Broll  
Nachweis von gentechnisch veränderten Futtermitteln – Eine Studie zur Anwendbarkeit von Verfahren aus der Lebensmittelanalytik  
€ 10,-
- 06/2006 Herausgegeben von A. Weißenborn, M. Burger, G. B. M. Mensink, C. Klemm, W. Sichert-Hellert, M. Kersting, H. Przyrembel  
Folic acid intake of the German population – Final report on the research project  
€ 10,-
- 01/2007 Herausgegeben von A. Epp, R. Hertel, G.-F. Böhl  
Acrylamid in Lebensmitteln – Ändert Risikokommunikation das Verbraucherverhalten?  
€ 5,-
- 02/2007 Herausgegeben von B. Niemann, C. Sommerfeld, A. Hembeck, C. Bergmann  
Lebensmittel mit Pflanzensterinzusatz in der Wahrnehmung der Verbraucher – Projektbericht über ein Gemeinschaftsprojekt der Verbraucherzentralen und des BfR  
€ 5,-
- 03/2007 Herausgegeben von M. Hartung  
Epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland im Jahr 2005 – Übersicht über die Meldungen der Bundesländer  
€ 15,-
- 04/2007 Herausgegeben von R. F. Hertel, G. Henseler  
ERiK – Development of a multi-stage risk communication process  
€ 10,-
- 05/2007 Herausgegeben von B. Niemann, C. Sommerfeld, A. Hembeck, C. Bergmann  
Plant sterol enriched foods as perceived by consumers – Project report on a joint project of consumer advice centres and BfR  
€ 5,-

- 01/2008 Herausgegeben von A. Epp, R. Hertel, G.-F. Böl  
Formen und Folgen behördlicher Risikokommunikation  
€ 5,-
- 02/2008 Herausgegeben von T. Höfer, U. Gundert-Remy, A. Epp, G.-F. Böl  
REACH: Kommunikation zum gesundheitlichen Verbraucherschutz  
€ 10,-
- 03/2008 Herausgegeben von R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böl  
BfR-Verbraucherkonferenz Nanotechnologie – Modellprojekt zur Erfassung  
der Risikowahrnehmung bei Verbrauchern  
€ 5,-
- 04/2008 Herausgegeben von M. Hartung  
Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2006 – Mitteilungen der Länder  
zu Lebensmitteln, Tieren, Futtermitteln und Umweltproben  
€ 15,-
- 05/2008 Herausgegeben von R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böl  
Wahrnehmung der Nanotechnologie in der Bevölkerung – Repräsentativerhe-  
bung und morphologisch-psychologische Grundlagenstudie  
€ 10,-
- 06/2008 Herausgegeben von T. Höfer, U. Gundert-Remy, A. Epp, G.-F. Böl  
REACH: Communication on Consumer Health Protection  
€ 10,-
- 07/2008 Herausgegeben von R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böl  
Risikowahrnehmung beim Thema Nanotechnologie – Analyse der Medienbe-  
richterstattung  
€ 10,-
- 08/2008 Herausgegeben von H. Mielke, H. Schneider, D. Westphal, S. Uhlig, K. Simon,  
S. Antoni, E. Plattner  
Humanexposition bei Holzschutzmitteln – Neufassung der Gesamtauswertung  
von Haupt- und Ergänzungsstudie in deutscher und englischer Sprache  
€ 10,-
- 01/2009 Herausgegeben von R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böl  
Public Perceptions about Nanotechnology – Representative survey and basic  
morphological-psychological study  
€ 10,-
- 02/2009 Herausgegeben von E. Ulbig, R. F. Hertel, G.-F. Böl  
Evaluierung der Kommunikation über die Unterschiede zwischen „risk“ und  
„hazard“ – Abschlussbericht  
€ 5,-

- 03/2009 Herausgegeben von R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böl  
BfR Consumer Conference Nanotechnology – Pilot project to identify consumer risk perception  
€ 5,-
- 04/2009 Herausgegeben von R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böl  
BfR-Delphi-Studie zur Nanotechnologie – Expertenbefragung zum Einsatz von Nanotechnologie in Lebensmitteln und Verbraucherprodukten  
€ 10,-
- 05/2009 Herausgegeben von M. Hartung  
Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2007 – Mitteilungen der Länder zu Lebensmitteln, Tieren, Futtermitteln und Umweltproben  
€ 15,-
- 01/2010 Herausgegeben von E. Ulbig, R. F. Hertel, G.-F. Böl  
Kommunikation von Risiko und Gefährdungspotenzial aus Sicht verschiedener Stakeholder – Abschlussbericht  
€ 10,-
- 02/2010 Herausgegeben von E. Ulbig, R. F. Hertel, G.-F. Böl  
Evaluation of Communication on the Differences between „Risk“ and „Hazard“  
Final Report  
€ 5,-
- 03/2010 Herausgegeben von A. Epp, R. F. Hertel, G.-F. Böl  
Chemie im Alltag – Eine repräsentative Befragung deutscher Verbraucherinnen und Verbraucher  
€ 10,-
- 04/2010 Herausgegeben von G.-F. Böl, A. Epp, R. F. Hertel  
Wahrnehmung der Nanotechnologie in internetgestützten Diskussionen – Ergebnisse einer Onlinediskursanalyse zu Risiken und Chancen von Nanotechnologie und Nanoprodukten  
€ 10,-
- 05/2010 Herausgegeben von A. Epp, S. Kurzenhäuser, R. Hertel, G.-F. Böl  
Grenzen und Möglichkeiten der Verbraucherinformation durch Produktkennzeichnung  
€ 15,-
- 06/2010 Herausgegeben von M. Hartung  
Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2008 – Mitteilungen der Länder zu Lebensmitteln, Tieren, Futtermitteln und Umweltproben  
€ 15,-
- 07/2010 Herausgegeben von A. Epp, B. Michalski, U. Banasiak, G.-F. Böl  
Pflanzenschutzmittel-Rückstände in Lebensmitteln  
Die Wahrnehmung der deutschen Bevölkerung – Ein Ergebnisbericht  
€ 10,-

- 08/2010 Edited by G.-F. Böhl, A. Epp, R. Hertel  
Perception of Nanotechnology in Internet-based Discussions  
The risks and opportunities of nanotechnology and nanoproducts: results of an online discourse analysis  
€ 10,-
- 09/2010 Edited by R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böhl  
BfR Delphi Study on Nanotechnology – Expert Survey of the Use of Nanomaterials in Food and Consumer Products  
€ 10,-
- 10/2010 Edited by R. Zimmer, R. Hertel, G.-F. Böhl  
Risk Perception of Nanotechnology – Analysis of Media Coverage  
€ 10,-
- 11/2010 Edited by E. Ulbig, R. Hertel, G.-F. Böhl  
Communication of Risk and Hazard from the Angle of Different Stakeholders  
€ 10,-
- 12/2010 Herausgegeben von A. Schroeter und A. Käsbohrer  
Deutsche Antibiotika-Resistenzsituation in der Lebensmittelkette – DARLink *Salmonella* 2000–2008  
€ 20,-
- 13/2010 Herausgegeben von S. Kurzenhäuser, A. Epp, R. Hertel, G.-F. Böhl  
Effekte der Risikokommunikation auf Risikowahrnehmung und Risikoverständnis von Zielgruppen  
Verständlichkeit, Transparenz und Nutzbarkeit von fachlichen Stellungnahmen des Bundesinstituts für Risikobewertung zur Lebensmittelsicherheit  
€ 10,-
- 01/2011 Herausgegeben von M. Hartung, A. Käsbohrer:  
Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2009  
€ 15,-
- 02/2011 Edited by A. Epp, B. Michalski, U. Banasiak, G.-F. Böhl  
Pesticide Residues in Food  
Public Perceptions in Germany – A Summary Report  
€ 10,-
- 03/2011 Edited by A. Schroeter, A. Käsbohrer  
German antimicrobial resistance situation in the food chain – DARLink *Salmonella* 2000–2008  
€ 20,-

Die Hefte der Reihe BfR-Wissenschaft sind erhältlich beim:  
Bundesinstitut für Risikobewertung  
Pressestelle  
Max-Dohrn-Strasse 8–10  
D-10589 Berlin

Fax: +49-(0)30-18412-4970  
E-Mail: publikationen@bfr.bund.de

**Bundesinstitut für Risikobewertung**

Max-Dohrn-Straße 8–10 Tel. -49-(0)30-18412-0

10589 Berlin

Fax -49-(0)30-18412-4741

[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de)

[bfr@bfr.bund.de](mailto:bfr@bfr.bund.de)